



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES

**Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y
Desarrollo de Producto**

**Diseño de Embalaje en Espumas Plásticas
para Transporte y Protección de Botellas**

Autor/a:

Faúndez Barroso, Virginia

Tutor:

Pérez Blanco, Esteban

Departamento:

CMeIM/EGI/ICGF/IM/IPF

Valladolid, Diciembre 2016.

DISEÑO DE EMBALAJE PARA TRANSPORTE Y PROTECCIÓN DE BOTELLAS

VIRGINIA FAÚNDEZ BARROSO



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES



Universidad de Valladolid

RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

RESUMEN

Este trabajo fin de grado se muestra el diseño, desarrollo y dimensionamiento de un embalaje en espuma plástica celular para la protección de botellas durante su transporte.

De este modo el usuario podrá enviar productos, sin preocuparse por los posibles impactos o vibraciones a los que cualquier producto transportado es sometido.

El resultado de este proyecto es un packaging aporta a la fragilidad del producto, la protección necesaria para que este llegue en condiciones óptimas al receptor, además del aislamiento térmico y hermeticidad necesarios para no modificar la composición, sabor o color del artículo contenido. Conjuntamente, el embalaje posee un diseño cuidado, versátil, y con una estética definida y delicada, que acompaña al estilo refinado del producto que protege. Todas estas características son de gran importancia a la hora de crear una buena impresión al receptor del producto.

PALABRAS CLAVE

Embalaje: Caja o envoltura con la que se protege un objeto que va a ser transportado.

Botella de vidrio: Recipiente para líquidos, generalmente cilíndrico, con cuello alto y estrecho.

Transporte: Actividad de desplazar bienes entre dos o más lugares.

EPS (Poliestireno expandido): Plástico celular rígido, derivado del poliestireno y utilizado muy comúnmente en el sector del envase y la construcción.

Capítulo 1. Objetivos y justificación	11
1.1. Introducción	13
1.2. Justificación del proyecto	14
1.3. Objetivos	17
1.4. Presentación del desarrollo a realizar.....	19
Capítulo 2. Bases teóricas de trabajo	21
2.1. Envase y embalaje	23
2.1.1. Introducción	23
2.1.2. Definición	24
2.1.3. Funciones del embalaje	27
2.1.4. Riesgos del embalaje	28
2.1.5. Materiales empleados para embalajes	31
2.1.6. Materiales empleados de protección y amortiguamiento.....	37
2.1.7. Impacto ambiental.....	43
2.2. El EPS como material de envase y embalaje	45
2.2.1. Definición	45
2.2.2. Historia	47
2.2.3. Materia prima	48
2.2.4. Procesos	49
2.2.5. Propiedades	61
2.2.6. Reciclado	75
2.2.7. Vertido	81
2.2.8. Aplicaciones	82
2.2.9. Conclusiones.....	87
Capítulo 3. Aplicación práctica.....	89
3.1. Datos de partida para el proceso	91
3.1.1. Características del producto a diseñar.....	91
3.1.2. Estudio de mercado	95
3.1.3. Exigencias y limitaciones existentes	114
3.1.4. Pliego de condiciones.....	116

3.2. El proceso de diseño	124
3.2.1. Proceso de trabajo. Método de las 5 etapas	124
3.2.2. Evaluación del material	155
3.2.3. Alternativas creadas	169
3.3. Resultados	193
3.3.1. Presentación de alternativas a los clientes.....	193
3.3.2. Análisis de resultados y selección final	193
3.3.3. Desarrollo del diseño. Mejoras aplicadas	203
3.3.4. Estudio de desmoldeo	207
3.3.5. Análisis de elementos finitos	214
3.3.6. Diseño final.....	290
Capítulo 4. Planos.....	297
4.1. Plano de conjunto pieza de capacidad uno	299
4.2. Plano pieza capacidad uno.....	300
4.3. Plano de conjunto pieza de capacidad tres.....	301
4.4. Plano pieza capacidad tres.....	302
4.5. Plano de conjunto pieza de capacidad seis	303
4.6. Plano pieza capacidad seis.....	304
4.7. Plano de conjunto pieza de capacidad doce	305
4.8. Plano pieza capacidad doce	306
Capítulo 5. Coste del embalaje	307
5.1. Costes del personal	309
5.2. Costes del puesto de trabajo	309
5.3. Costes de materia prima	310
5.4. Costes generales.....	311
5.5. Costes totales	311

Capítulo 6. Imagen de marca	313
6.1. Introducción	315
6.2. Marca e isotipo	316
6.3. Colores.....	317
Capítulo 7. Conclusiones y líneas futuras.....	321
7.1. Conclusiones	323
7.2. Líneas futuras	325
Capítulo 8. Estudio económico del proyecto	327
8.1. Análisis temporal	329
8.2. Costes del personal	330
8.3. Costes de material amortizable	331
8.4. Costes de mantenimiento	333
8.5. Costes de material no amortizable	334
8.6. Costes directos totales	334
Capítulo 9. Bibliografía.....	335
9.1. De carácter académico	337
9.2. De carácter normativo	337
9.3. Libros	339
9.4. Guías.....	340
9.5. Páginas web	341
ANEXOS	347
ANEXO I: Ensayo de compresión probetas de EPS	349
ANEXO II: Estudio experimental en embalajes existentes	353
1. Ensayo de caída libre sobre botellero con caja.....	535
2. Ensayo de caída libre sobre botellero de EPS	357
3. Ensayo de compresión sobre caja de pescado.....	360

ANEXO III: Catálogo embalajes 2016.....	361
ANEXO IV. Catálogo presentación de Diamante Packaging	399
ANEXO V: Tablas de datos sobre aislamiento térmico BASF	417
ANEXO VI: Matriz MET	419
ANEXO VI: Diagrama de Gantt.....	421

CAPÍTULO 1

Objetivos y justificación..... 11

- 1.1. Introducción..... 13
- 1.2. Justificación del proyecto..... 14
- 1.3. Objetivos..... 17
- 1.4. Presentación del desarrollo a realizar..... 19



1.1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de este proyecto surge debido a la gran importancia que en los últimos años ha adquirido el envío de muestras de bebidas para darse a conocer en el mercado nacional o internacional. Los productos provenientes del mundo vinícola, poseen envases delicados y frágiles, que limitan en muchos casos la comercialización de los mismos. Además los embalajes existentes destinados a esta acción poseen estéticas descuidadas, que no acompañan al estilo refinado del producto que protegen.

De este modo, se encuentra la necesidad de introducir en el mercado un nuevo embalaje, que contenga las funciones de los ya existentes, pero añadiendo otras, para conseguir crear un producto innovador.

Cuando se envía una muestra de un producto de este tipo, una de las principales intenciones es crear una buena impresión al receptor, por lo que el cuidado de cada detalle es significativo.

Asimismo, no podemos olvidar que nuestro país es un gran precursor de este bien, y en muchos casos, la industria vitivinícola sobrevive gracias a la internacionalización del producto propio.

En este proyecto se muestra la realización de un botellero en poliestireno expandido. El EPS es un polímero de bajo precio, y cuyo uso es cada vez más extendido. Este botellero está enfocado al embalaje en el envío de muestras de botellas de alta calidad por correo. Además de proteger a la botella, debe aislar térmicamente su contenido, gracias a las propiedades del material. También se ha realizado pensando en la exposición y en el transporte de la misma.

En la actualidad ya existen botelleros de EPS en el mercado, pero estos se encuentran enfocados a operaciones más industriales. El transporte de un mayor número de botellas está cubierto: se emplean botelleros con geometría simple, que aisle tanto térmicamente como de la humedad y suciedad, y de un coste muy reducido. Por ello, se ha encontrado una brecha en el mercado enfocado al envío de una pequeña cantidad de botellas a modo de presentación. La importancia del embalaje es alta; es lo que primero llega a los ojos del cliente. En el caso de ser una compañía que comercializa un producto en una botella, al enviar una muestra, lo que se pretende es dar a conocer su producto, por lo que dar una buena impresión de primeras es fundamental. Sin embargo, no nos podemos olvidar que el objetivo fundamental de un embalaje es la protección del producto. El poliestireno expandido es una alternativa a las tradicionales cajas de madera de menor coste, que ofrece mayor protección, de fácil fabricación, reciclable y aislante.

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto aborda el diseño de un botellero enfocado sobre todo a bodegas que quieran mandar muestras de sus productos o usarlo para embalar su producción de botellas selectas. El botellero debe asegurar que el producto llega al receptor en perfectas condiciones, y además, no sufre repentinos cambios de temperatura, evitando que el líquido pueda degradarse.

Desde un primer momento se definen una serie de características para el mismo:

- Protector del producto: el diseño debe sobrepasar una serie de normativas. Debe evitar su rotura en todos los casos posibles, puesto que esto es la principal característica de este embalaje.
- Que aisle térmicamente las botellas. No podemos olvidar que las bebidas son productos de consumo y no deben ser sometidas a altas temperaturas. En este caso, es muy importante que el embalaje ayude a mantener el sabor original del producto.
- Facilidad de transporte. Es importante pensar en la logística del producto diseñado tanto vacío como lleno. Se debe aprovechar al máximo el espacio disponible en el contenedor (semiremolque de un tráiler). Que pueda ser apilable ahorrará espacio en el mismo.
- Reutilizable en el sentido de, tras ser enviado, pueda instalarlo en los hogares o restaurantes, continuando así su ciclo de vida, y que no acabe aquí su uso.
- Reciclable: Que el material pueda ser reutilizado es fundamental para los embalajes actuales.

La principal razón de la realización de este proyecto ha sido la necesidad de dar solución a un problema detectado en el mercado vinícola. Actualmente existen algunos embalajes para este tipo de negocio, pero ninguno incluye como conceptos de diseño la comodidad, reutilización, transporte manual, diseño, reciclaje, etc.

Añadir algún tipo de función nueva a este producto es una característica primordial para el éxito.

Es cierto que no es un problema que afecte a toda la población. Este diseño está indicado para bodegas y personas con gusto personal por este tipo de bebidas.

Es característica fundamental que el producto llegue en un estado óptimo a su destino, sea cual sea su lugar de procedencia. Por este motivo, el embalaje adquiere una vital importancia ya que se encargará de proteger al producto de los siguientes riesgos:

-Riesgos mecánicos de transporte

Durante el proceso de transporte, el producto tiende a sufrir golpes, caídas o vuelcos, los cuales pueden variar la calidad del mismo. Por ello, para un buen diseño se han de tener en cuenta estos riesgos, sea cual sea su origen.

-Riesgos de almacenaje

Aunque el concepto de almacenaje hace referencia a guardar los productos de manera ordenada en un lugar, pueden existir riesgos para el producto incluso en esas circunstancias.

Los productos almacenados suelen apilarse en columnas, por lo que los que se encuentran a niveles inferiores sufren compresiones debido al peso de los de alturas superiores. Además, un apilamiento irregular puede producir deformaciones no deseadas, además de pérdida de estabilidad con la consiguiente caída.

-Riesgos climáticos

Tanto durante el transporte como el almacenaje el producto ha de sufrir cambios de temperatura, humedad, contacto con agua (tanto dulce como salada), etc.

-Riesgos biológicos

Puede existir un riesgo de crecimiento de hongos y moho en torno al producto debido a las condiciones a las que va a estar sometido. Debe soportar a ambientes olorosos procedentes o no del proceso de fabricación, y ataques de pequeños roedores que se pueden encontrar en las zonas de almacenaje.

Nuestra elección de criterios para la realización del embalaje será en función de los siguientes puntos:

-Características del producto

Buscamos un producto novedoso que cumpla con la función principal de un embalaje: proteger el producto sobre todo.

-Normativa y legislación

El producto ha de cumplir todas las Normativas y Leyes vigentes tanto en el país fabricado como en el país exportado.

-Nivel de calidad buscada

Necesitaremos una calidad que asegure la llegada en condiciones idóneas al cliente.

-Necesidades del cliente

El producto se tiene que adecuar a lo demandado por el cliente tanto el costo como en tamaño, capacidad, imagen, etc.

-Aspectos económicos

Debe poseer un costo pagable por los clientes, que haga que merezca la pena su fabricación.

-Manipulación y almacenaje

El objeto resultante obtenido ha de ser cómodo de transportar, evitando espacios muertos a la hora de almacenar.

1.3. OBJETIVOS

El objetivo principal del objeto es el diseño de un botellero en poliestireno expandido para transporte y protección de botellas. El mercado vinícola es complicado; los vendedores apenas se gastan fondos en protección de las botellas, ya que su principal prioridad se centra en la buena calidad de su producto y en darle una imagen atractiva.

Hay que crear un producto de calidad que, aunque sea más costoso debido al embalaje, ofrezca un resultado excelente. Son pequeños detalles, que el cliente sabe apreciar. Producto y embalaje han de ir a la par.

A partir de la información expuesta anteriormente, las características que ha de tener el embalaje son las siguientes

1) Funcional

Debe servir para el transporte de las botellas, de manera que no sufran ningún daño durante su transporte o manipulación.

2) Versátil

El diseño debe de cumplir con varias funciones, no sólo la de transporte. Entre estas encontramos la exposición y almacenaje.

3) Modular

Debe de ser un diseño modular, que se pueda ajustar a las demandas de las empresas. Es decir, el molde para el botellero se debe diseñar pensando en la adición de postizos para poder variar la capacidad de los botelleros: para 1 botella, 2 botellas, 3 botellas, etc.

4) Ergonómico

No es una función principal, pero está claro que si se enfoca al transporte de las botellas cuando se compra en una tienda (como si se tratase de una bolsa o caja de madera) debe de tener una forma que se ajuste del mejor modo a cada persona.

5) Ligero

El EPS es un material extremadamente ligero, y no por eso poco resistente. Está claro que el mayor peso va a provenir de las botellas, por lo que cualquier disminución será correcta para el diseño del mismo

6) Resistente

Como se comentó en el punto anterior, el EPS es un material con una baja densidad, pero con muy buena resistencia a compresión. La

resistencia a flexión es baja, por lo que se debe tener en cuenta que las zonas que estén sometidas a este tipo de esfuerzo deben presentar secciones reforzadas.

7) Aislante

Una característica muy favorecedora en este tipo de productos es la capacidad de aislar térmicamente del EPS. Siempre será mejor que un producto de consumo no esté sometido a altas temperaturas. Incluso, es un punto a favor el que el producto llegue a los hogares a una temperatura correcta para el consumo.

Para cumplir este requisito, el embalaje debe de tener el menor número de aberturas posibles, para evitar la entrada de calor del ambiente.

8) Intuitivo

En la medida de lo posible el diseño ha de ser intuitivo. Al verlo, debe venir a la mente de los usuarios las diferentes formas de emplearlo.

9) Estético

Es una característica principal: “el diseño tiene que entrar por los ojos”. El diseño es lo que te va a diferenciar de los demás productos de este ámbito.

Este producto necesita tener un diseño ajustable en la medida a todos los tipos de empresas: juveniles, conservadoras, etc

Este material permite la adición de pigmentos, pero es un proceso costoso, por lo que habrá que barajar las diferentes posibilidades estéticas que este material presenta.

10) Económico

Según el estudio de mercado, se puede observar que las bodegas no destinan apenas fondos para este tipo de embalaje, por lo que debe de ser lo más barato posible. La materia prima es de bajo coste, pero se ha de tener en cuenta los procesos de inyección, los gastos de gas, agua, luz, personal, etc.

Por ello, el diseño debe de tener poco volumen de material prima. Cuanto más pequeño sea menos va a tardar en ser inyectado, y menor gasto supondrá.

El precio también va a estar relacionado con la densidad e materia prima.

1.4. PRESENTACIÓN DEL DESARROLLO A REALIZAR

El trabajo va a tener la siguiente estructura:

-Capítulo 2: Bases teóricas del trabajo.

En este capítulo encontraremos la teoría necesaria para el desarrollo del posterior diseño de botellero. Dentro del mismo encontraremos por una parte la sección “Envase y embalaje” donde se expondrá qué son, cuál es su función, los materiales más empleados para ello, etc. Por otro lado, se presentará la información necesaria sobre el poliestireno expandido: definición, historia, estructura, procesos de fabricación, propiedades, posibilidades de reciclado, aplicaciones, etc.

-Capítulo 3: Aplicación práctica.

Comenzaremos con un estudio de mercado que nos sitúe en el ambiente en el que se va a encontrar nuestro embalaje. Seguidamente estableceremos los requerimientos necesarios para nuestro producto y el pliego de condiciones de diseño. A continuación se explicará el método de trabajo, desde las alternativas creadas hasta la realización del diseño final.

-Capítulo 4: Planos.

-Capítulo 5: Coste del embalaje.

Es este apartado se realizará una estimación del coste del embalaje final.

-Capítulo 6. Imagen de marca.

En esta sección se propone un diseño de marca para la comercialización del producto final.

-Capítulo 7: Conclusiones y líneas futuras.

En este apartado comentaremos las conclusiones que hemos obtenido tras la realización de este proyecto y las líneas futuras de investigación que pueden realizarse en relación con este proyecto.

-Capítulo 8: Estudio económico.

En este capítulo se realiza el estudio económico del proyecto.

-Capítulo 9: Bibliografía.

En esta sección se establecen las fuentes a partir de las cuales se ha tomado la información para llevar a cabo este proyecto.

-Anexos

CAPÍTULO 2

Bases teóricas del proyecto.....21

2.1. Envase y embalaje.....23

2.1.1. Introducción.....23

2.1.2. Definición.....24

2.1.3. Funciones del embalaje.....27

2.1.4. Riesgos del embalaje.....28

2.1.5. Materiales empleados para embalajes.....31

2.1.6. Materiales empleados de protección y amortiguamiento.....37

2.1.7. Impacto ambiental.....43

2.2. El EPS como material de envase y embalaje.....45

2.2.1. Definición.....45

2.2.2. Historia.....47

2.2.3. Materia prima.....48

2.2.4. Procesos.....49

-Obtención de la materia prima.....49

-Procesos de conformación.....50

-Procesos posteriores.....59

2.2.5. Propiedades.....61

-Densidad aparente.....62

-Propiedades mecánicas.....63

-Propiedades térmicas.....66

-Color.....68

-Absorción de agua y permeabilidad.....69

-Comportamiento eléctrico.....69

-Propiedades químicas.....70

-Comportamiento frente al fuego.....71

-Acción biológica.....71

-Aspectos medioambientales.....73

2.2.6. Reciclado.....75

-Tipo de residuo.....75

-Tipo de reciclado.....76

2.2.7. Vertido.....81

2.2.8. Aplicaciones.....82

2.2.9. Conclusiones.....87



2.1. ENVASE Y EMBALAJE

2.1.1. INTRODUCCIÓN

Con la introducción de nuevos productos en la industria, ha sido necesario el desarrollo de nuevas tecnologías para aplicar al sector del empaque. El embalaje es fundamental en un producto, ya que no sólo lo protege de diferentes acciones, sino que también, en muchos casos, son la “etiqueta de venta”. Es decir, las funciones más importantes relacionadas con el marketing son, por un lado, la información y por otro, la función de venta que hace al producto atractivo para el consumidor y motiva su compra.

El embalaje ha de estar presente durante la manipulación, el transporte y en algunos casos la exposición del producto.

La globalización de los mercados y el aumento de la competitividad aumentan el número de importaciones y exportaciones entre países de dentro y fuera de la Unión Europea. Esta situación obliga a la introducción de mejoras en los sistemas de envases y embalaje empleados para la protección del producto, ya que el embalaje es uno de los productos más importantes que apoya a la empresa para lograr sus objetivos. Un embalaje incorrecto puede ocasionar problemas muy graves para la imagen de una empresa. Por esta razón, es esencial que cada empresa se preocupe de cómo se va a realizar el embalaje de su mercancía.

2.1.2. DEFINICIÓN

El diseño de envases y embalajes tiene como objetivo principal el desarrollo de una protección adecuada para un producto frente a los posibles peligros en el entorno del almacenaje y distribución. Los perjuicios derivados de las principales actividades como almacenamiento, manipulación y transporte, son de gran importancia a la hora de cualificar los riesgos. La elección de los materiales de los envases y embalajes, se sigue realizando en base al costo de los mismos, a pesar de la gran importancia que tienen.

Según la Ley 11/1997 de envases y residuos de envases, un envase es:

“Todo producto fabricado con materiales de cualquier naturaleza y que se utilice para contener, proteger, manipular, distribuir y presentar mercancías, desde materias primas hasta artículos acabados, en cualquier fase de la cadena de fabricación, distribución y consumo. Se considerarán también envases todos los artículos desechables utilizados con este mismo fin.”

Un envase debe contener, proteger, presentar, distribuir, transportar, vender, reutilizar, reciclar, proporcionar hermeticidad, compatibilidad, ergonomía, ser versátil y ser universal.

Es conveniente establecer la diferencia entre envase y embalaje: el envase tiene como objetivo fundamental la venta del producto, mientras que el embalaje protege la mercadería contra los riesgos de transporte.

Podemos clasificar los envases según el grado de proximidad o contacto con el producto que contiene:

- **Primario o de venta:** está en contacto directo con el producto contenido y constituye, en el punto de venta, una unidad de venta inseparable destinada al consumidor o usuario final.
- **Secundario o colectivo:** concebido para contener en el punto de venta una agrupación de unidades de venta que bien se venderán tal cual, como es el caso de las tiendas de mayoristas, o bien serán puramente contenedores de unidades de venta para ser repuestas en los anaqueles y estantes a medida que se vendan. El envase secundario o empaque, es aquel que contiene al primario.
- **Terciario o de transporte:** facilita la manipulación y el transporte de varias unidades de venta o envases colectivos. El envase terciario o embalaje es el que contiene a los dos anteriores.

Por ejemplo, en una crema de rostro, el envase primario es aquel que está en contacto directo con el producto. El envase secundario es aquel que contiene al primero, por ejemplo, una caja de cartón. Finalmente, el terciario es el que contiene a varias cremas, varios envases primarios y varios envases secundarios.

La clasificación de acuerdo con el ciclo de uso:

- **Envases no retornables:** Son aquellos que tiene un ciclo de vida determinado, es decir, tras su uso, son desechados. Este punto contiene en torno al 80% de los envases existentes.
- **Envases retornables:** facilitan la reutilización del envase. En muchos casos, el envase vacío, es canjeable por la compra de algún producto, lo que facilita este proceso. Es lógico que un envase tenga un ciclo de vida determinado, pero sin embargo este va a ser inmensamente mayor que en el caso anterior.

Según su reincorporación a la naturaleza:

- **Envases biodegradables:** Son aquellos que permite su desintegración en tiempos reducidos. Se integran por medios naturales como puede ser el sol, agua o aire. No poseen efectos negativos para el medio ambiente.
- **Envases no degradables:** Son aquellos en los que su desintegración es prolongada; no son integrados en el medio por acciones naturales, por lo que pueden afectar al entorno.

Según su uso posterior:

- **Envases reutilizables:** El consumidor lo conserva para un uso prolongado.
- **Envases reciclables:** Son devueltos a una planta para ser usados como materia prima nuevamente para la fabricación de envases o embalajes iguales.
- **Envases reprocesables:** Pueden ser utilizados como materia prima nuevamente, pero a diferencia de los anteriores, en este caso se emplean para fabricar objetos diferentes al original. Al terminar su vida útil alguna propiedad se modifica, pero pueden volver a aprovecharse algunas de sus propiedades que siguen intactas.

2. BASES TEÓRICAS DEL TRABAJO

Los envases puestos en el mercado se pueden clasificar en dos grupos atendiendo a su destino final:

- **Envases domésticos:** Aquellos que llegan al consumidor final para su uso y consumo ordinario en los domicilios particulares. La Ley 11/97 de envases obliga a los envasadores que pongan en el mercado nacional envases domésticos, que se gestionen mediante un Sistema Integrado de Gestión o bien que establezcan un Sistema de Depósito, Devolución y Retorno.
- **Envases industriales o comerciales:** Aquellos que sean de uso y consumo exclusivo en las industrias, comercios, servicios o explotaciones agrícolas y ganaderas que no son susceptibles de uso y consumo ordinario en los domicilios particulares. No es necesario que se adhieran un sistema de gestión integrado.

2.1.3. FUNCIONES DEL EMBALAJE

Las exigencias que ha de cumplir el embalaje las podemos clasificar en las funciones de protección y las de estimulación de la compra.

Dentro de las funciones de protección, podemos encontrar:

- Proteger el producto, en nuestro caso las botellas, durante el transporte, manejo y exhibición. El embalaje debe hacer llegar el producto al consumidor en condiciones excepcionales
- Preservar y evitar cambios bruscos de temperatura.
- Evitar que la suciedad entre en contacto con el objeto transportado.
- Impedir la entrada de humedad.
- Fácil transporte.
- Fácil fabricación.
- Bajo costo del embalaje, para evitar que el precio del producto que contiene aumente en gran medida.
- Cumplir con la normativa vigente.
- Hacer más eficiente el transporte de mercancías, el almacenamiento, la manipulación y la clasificación.
- Prevenir robo.

En el caso de la función de comunicación, lo que se pretende es:

- Hacer más eficiente la venta.
- Diferenciación.
- Identificación del producto.
- Atracción de compra

2. BASES TEÓRICAS DEL TRABAJO

2.1.4. RIESGOS DEL EMBALAJE

Existe una gran cantidad de peligros a los que el embalaje va a estar sometido. La optimización de los sistemas de envase y embalaje puede conseguirse sólo si se conocen a fondo todos los riesgos a los que va a estar sometido un producto. Una vez estudiados todos estos puntos, es entendible que el embalaje sufra algún tipo de daño. No es posible diseñar un embalaje que permita la protección del producto en cada situación, puesto que supondría un elevado coste, por lo que se debe buscar uno que actúe de manera correcta en todas las situaciones.

Dado que es imprescindible identificar los principales riesgos que va a sufrir el embalaje para su correcta protección, a continuación se presenta una clasificación de los mismos.

RIESGOS MECÁNICOS DE TRANSPORTE

Cada medio de transporte tendrá unos problemas principales, pero los más comunes que nos vamos a encontrar son los golpes y las vibraciones.

- Aceleración y desaceleración durante carga y descarga.
- Vuelcos.
- Caídas, choques y golpes.
- Operarios inexpertos o negligentes.
- Vibraciones
- Rozamientos entre embalajes o medios de transporte.
- Compresión.

RIESGOS CLIMÁTICOS

Los riesgos climáticos generalmente van a afectar al material del que está hecho el producto.

- Temperatura.
- Humedad.
- Agua, salitre, lluvia, inundación.

RIESGOS BIOLÓGICOS

Sobre todo son muy importantes a evitar en los productos alimentarios, ya que su aparición va a originar que el producto se estropee y se produzca una pérdida total de su valor.

- Bacterias, mohos y hongos.
- Roedores.
- Insectos.
- Contaminación por residuos de otros productos.
- Olores y residuos anteriores.
- Comportamiento con carga no compatible.

RIESGOS DE ROBO

- Exposición del producto durante los embargues o traslados.

RIESGOS DE EXPLOSIÓN

- Ignición causada por fricción o rozadura.
- Ignición por combustión espontánea.

Dependiendo de cada tipo de transporte se pueden identificar los siguientes riesgos:

RIESGOS DEL TRANSPORTE POR CARRETERA

- Impacto contra muelles de carga y descarga.
- Impacto durante el almacenaje.
- Impacto durante el frenado ya arranque.
- Ladeos en curvas.
- Vibraciones.
- Aceleraciones y frenadas bruscas que provocan desplazamientos y compresiones en la carga.
- Carga mal asegurada.

RIESGOS DEL TRANSPORTE FERROVIARIO

- Sacudidas al poner el tren en marcha e impactos durante el frenado.
- Impactos durante acoplamiento de vagones y maniobras entre trenes.
- Aceleración y desaceleración.
- Vibraciones.
- Carga mal asegurada.

RIESGOS DEL TRANSPORTE MARÍTIMO

- Oleaje y golpeteos.
- Vibraciones.
- Aplastamiento.

RIESGOS DEL TRANSPORTE AÉREO

- Aceleración y frenado.
- Turbulencias.
- Presión.
- Temperatura.

RIESGO DEL ALMACENAMIENTO

- Apilamiento irregular.
- Caídas.
- Mala colocación.

2. BASES TEÓRICAS DEL TRABAJO

De entre los riesgos anteriores, los más comunes, tratados de manera más específica, son los siguientes:

-Impactos: Es el riesgo principal al que el producto va a estar sometido. Los impactos son provocados generalmente por caídas;

- las caídas suelen ser desde en torno a 1 y 2m.
- los embalajes pequeños caen de cualquier forma, mientras que los de mayor tamaño la mitad de las veces caen sobre su base.

-Compresión: En la etapa de almacenamiento vamos a tener una compresión estática. Durante el transporte la compresión pasará a ser dinámica. La compresión es un aspecto a tener en cuenta en los embalajes porque durante el almacenaje o transporte los embalajes estarán situados unos encima de otros. La compresión ha de estar repartida lo más equitativamente posible.

Por ejemplo, en el almacenaje de cajas, las paredes sufrirán la compresión proveniente del embalaje de encima, siempre que base y parte superior no sobresalgan la una sobre la otra. Además si las cajas despuntan unas sobre otras, se crea el riesgo de desestabilización.

-Vibraciones: Se denomina *vibración* a la propagación de ondas elásticas produciendo deformaciones y tensiones sobre un medio. Todos los medios de transporte producen vibraciones en los productos transportados. Estas vibraciones producirán una fatiga sobre los envases que dependiendo de las condiciones acabará o no en rotura. Debido a esto, el producto puede sufrir roturas o rasguños durante el envío.

Para limitar estos daños, los embalajes son recubiertos con películas plásticas, restringiendo así el movimiento lo máximo posible.

2.1.5. MATERIALES EMPLEADOS PARA ENVASES Y EMBALAJES

Las características que deben poseer los materiales son las siguientes:

- Amortiguar los impactos y vibraciones externas.
- Dispersar las tensiones producidas en el producto.
- Proteger la superficie del producto.
- Evitar el contacto entre los productos.
- Evitar el movimiento de los productos en el interior del embalaje.
- Proteger de humedad y óxido.
- Baja deformación de material.
- Que no absorba agua ni humedad.
- Que no favorezca el crecimiento de hongos.
- Que sea fácilmente trabajable.
- Que sea tratable como residuo de una manera sencilla.
- Compatibilidad con el contenido.

Los principales tipos de materiales empleados en el sector de envases y embalajes son los siguientes:

MATERIALES METÁLICOS

Los materiales más comunes son la hojalata y el aluminio. Poseen una alta resistencia pero tiene riesgo de corrosión. Su coste es más elevado. No producen un amortiguamiento de los impactos, por lo que no se emplean para productos frágiles.

MADERA

No tiene un uso muy generalizado porque, a pesar de ser un material natural, recuperable y reutilizable, se considera una extravagancia el desperdicio y la carga ecológica que genera la tala de árboles. La madera posee propiedades antibacterianas por lo que es muy empleada en el sector del envase de alimentos como frutas.

2. BASES TEÓRICAS DEL TRABAJO

CARTÓN Y PAPEL

Estos materiales de bajo coste y fácil reciclado, permiten fabricar embalajes con una gran variedad de formas. La principal limitación se encuentra en la deficiencia frente a líquidos y aceites. Es muy común el empleo de cartones corrugados, que al tener capas distribuidas en diferentes direcciones, aportan mayor resistencia.



Img. 1: Cartón corrugado de pared sencilla

VIDRIO

Se emplea generalmente para contener productos líquidos en su interior; al no reaccionar químicamente con los productos que contiene, es apto para una gran cantidad de usos. Su gran fragilidad es la mayor limitación a la hora de emplear este tipo de envases.

PLÁSTICOS

Estos materiales ofrecen gran versatilidad debido al gran número que existe. Los podemos clasificar en 3 tipos:

- Termoplásticos: Una vez sólidos, si se le aplica calor y se produce la fusión, pueden volver a ser utilizados. Se ha de tener en cuenta de que este proceso no es infinito, ya que durante el proceso, el material sufre degradaciones.
- Termoelásticos: Durante el proceso de moldeo se produce una polimerización, lo que impide que puedan volver a utilizarse.
- Elastómeros: Son aquellos materiales plásticos que pueden ser sometidos a una deformación, de manera que posteriormente recuperen su forma inicial.

Los plásticos más empleados para embalajes son los siguientes:

-Poliéster de tereftalato (PET): El PET es un plástico técnico de gran calidad para numerosas aplicaciones, como por ejemplo fabricación de bebidas.



Img. 2: Envases en PET



Img. 3: Icono reciclaje PET

-Policloruro de vinilo (PVC): Es un material altamente empleado debido a su gran transparencia y su esterilizabilidad. Se emplea para la fabricación de envases rígidos para aceite o agua, bandejas, etc.



Img. 4: Envases de PVC



Img. 5: Icono reciclaje PVC

2. BASES TEÓRICAS DEL TRABAJO

-Polietileno (PE): Es el mayor plástico comercializado. Es barato y posee buena tenacidad. Se emplea en films, envases obtenidos por soplado, depósitos de combustible y productos extruidos.



Img. 6 y 7: Productos realizados en PE

Podemos clasificarlo en dos tipos:

-Polietileno de alta densidad o HDPE: Se emplea en productos de gran resistencia y no atacables por los agentes químicos.

-Polietileno de baja densidad o LDPE: Es más económico y el más empleado en el mercado. Usados para aplicaciones que no requieren alta resistencia.



Img. 8: Bolsas realizadas en LDPE



Img. 9: Icono reciclaje LDPE

-Polipropileno (PP): Es un plástico muy versátil, lo que hace que sus aplicaciones sean numerosas y muy variadas en muchos campos de la industria, comercio y otros sectores. En la industria alimenticia se usa para elaborar envases compatibles con el microondas.



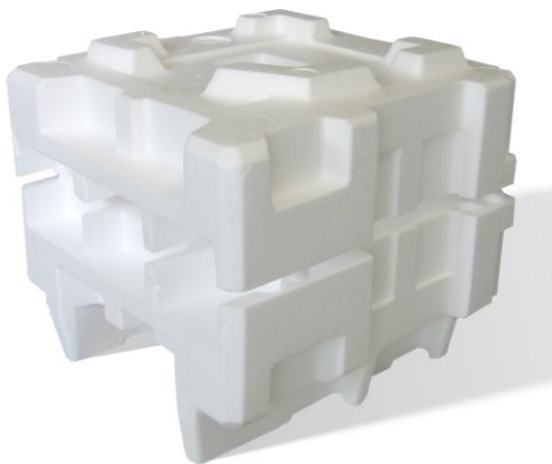
Img. 10: Bandejas de PP



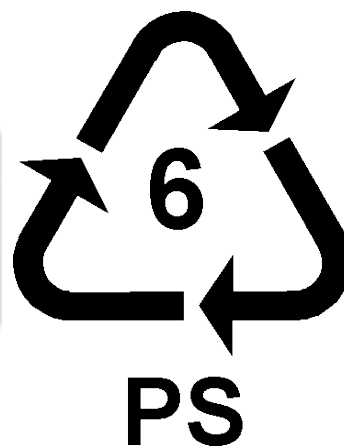
Img. 11: Icono reciclaje PP

-Policarbonato (PC): También es esterilizable y con gran transparencia. Posee una gran estabilidad lo que permite ser reutilizable. Generalmente se emplea en envases médicos.

-Poliestireno (PS): Es un buen amortiguador y barrera térmica. La forma celular se denomina poliestireno expandido (EPS) (comúnmente denominado "corcho blanco"); se utiliza para fabricar embalajes y envases de protección, aislamientos térmicos y acústicos en construcción. En el próximo capítulo se hablará de este material de forma más extendida.



Img. 12: Embalaje en EPS

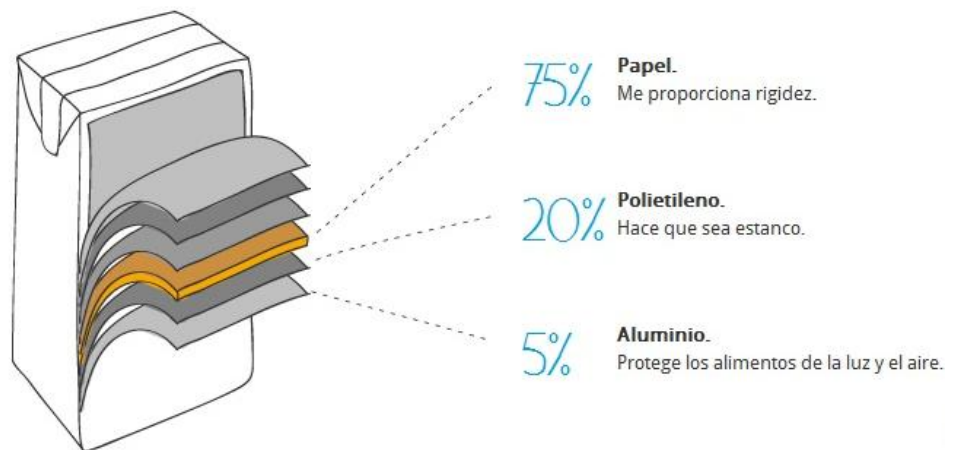


Img. 13: Icono reciclaje PS

2. BASES TEÓRICAS DEL TRABAJO

-Envases compuestos o multicapa: Son aquellos que resultan de la unión de dos o más soportes con características propias, que se complementan entre sí, dando como resultado un nuevo material. Son muy empleados para productos líquidos, desechando así el uso de vidrio, material limitante en el sector del envase por su gran fragilidad.

En esta categoría, encontramos el brik, material laminado que posee capas de papel, polietileno y aluminio.



Img. 14: Composición del brik

2.1.6. MATERIALES EMPLEADOS DE PROTECCIÓN Y AMORTIGUAMIENTO

Cuando los productos necesitan protección frente a golpes y vibraciones, se emplean una serie de materiales que se encargan de disipar la energía proveniente de golpes y vibraciones. De este modo, el producto llegará al cliente en óptimas condiciones, función principal del embalaje.

Las funciones que tienen estos materiales son:

- Disipar la energía proveniente de golpes y vibraciones.
- Asegurar la llegada del producto en buenas condiciones.
- Proteger la superficie del producto.
- Evitar el movimiento dentro del embalaje.
- Proteger contra humedad y óxido.
- Evitar el contacto entre diferentes productos.

Para estas funciones, el material de amortiguación requiere las siguientes características:

- Gran capacidad de disipar energía.
- Que no varíen su forma plásticamente al estar sometidos a constantes cargas.
- Que no absorban agua, humedad ni polvo.
- Que sean inertes biológicamente.
- Que sean materiales con bajo costo.
- Que sean materiales fácilmente trabajables.
- Que sea reciclables.

2. BASES TEÓRICAS DEL TRABAJO

Los materiales más empleados para amortiguar son los siguientes:

POLIESTIRENO EXPANDIDO

El EPS es un plástico espumado liviano y con buena capacidad de carga. Absorbe poca humedad pero no es estable a disolventes. A pesar de ser un material frágil, si el diseño del embalaje es correcto, se evitará que el producto sufra daños. También se puede emplear como material de relleno.



Img. 15: Lavadora con embalaje de EPS

POLIPROPILENO MOLDEADO

Al ser inodoro y no tóxico, químicamente inerte y esterilizable, se emplea generalmente en la industria alimenticia. Es resistente a la fatiga y a la flexión. Se suele emplear en forma de separadores interiores.



Img. 16: Bandeja para fruta de PP moldeado

ESPUMA DE POLIPROPILENO

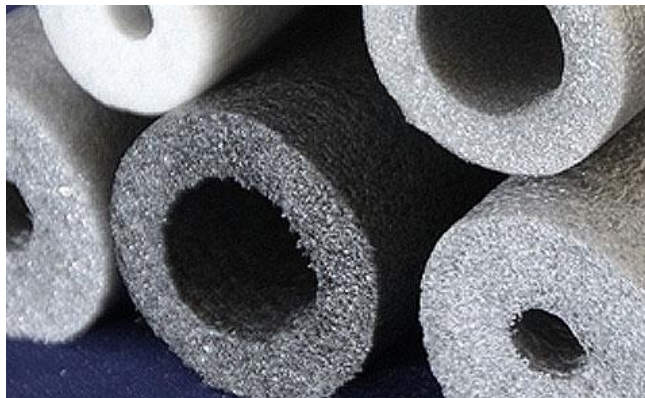
Su capacidad como aislante térmico, su gran poder de absorción de impactos, su liviandad y su alta resistencia a la compresión, los agentes químicos y las temperaturas, lo han constituido en el material por excelencia para embalajes retornables de la industria y en la fabricación de autopartes para la industria automotriz. Es un material atóxico e inerte.



Img. 17 y 18: Embalajes en espuma de propileno

ESPUMA DE POLIETILENO EXPANDIDO

Es un plástico con una estructura celular cerrada. Presenta una excelente capacidad amortiguadora y una buena capacidad de recuperación tras el impacto. Es un material inerte que evita el polvo y su estructura hace que sea impermeable e inmune al moho. Debido a su elevado coste, se emplea para productos de alto valor.

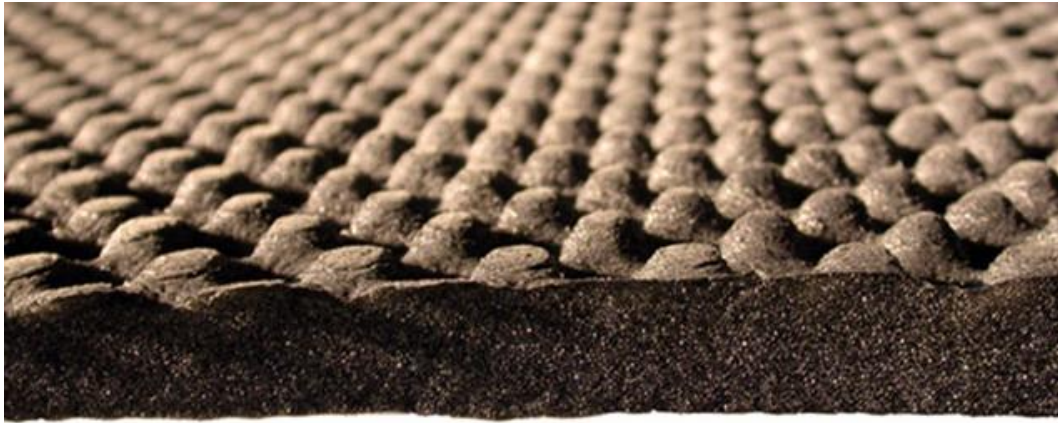


Img. 19: Embalajes en espuma de polietileno expandido

ESPUMA DE POLIURETANO EXPANDIDO

Es un material de poro abierto, fácilmente mecanizable. Es más barato que el anterior, aunque ofrece menos calidad. Es hidrófuga e ignífuga; por ello se emplea en muchos casos en la construcción.

2. BASES TEÓRICAS DEL TRABAJO



Img. 20: Espuma de poliuretano expandido

Cuando se emplea en el interior de paredes, la espuma de poliuretano se utiliza para incrementar la fuerza y resistencia de marcos de madera. También es muy útil para evitar que los techos de construcción comercial se levanten. Cuando se aplica la espuma sobre techos, se busca también aumentar la resistencia a la abrasión y es muy útil cuando se requiere construir un drenaje. También es utilizado en el hogar para reparar irregularidades en la superficies de paredes y para aislar y reparar tuberías de PVC.

La aplicación de este producto ha crecido sustancialmente en los últimos años debido a sus excelentes propiedades aislantes y de gran adherencia. Está especialmente formulada para realizar trabajos de relleno, insonorización y sellado. Es muy común rellenar de espuma de poliuretano el objeto a proteger, previamente recubierto de polietileno.

BURBUJA DE POLIETILENO

Se obtiene a partir de una lámina de película termoconformada con las burbujas prefiguradas a la cual se le aplica calor y se une con otra. Al estar inflada con aire, protege al producto de los golpes y vibraciones.



Img. 20: Burbuja de polietileno

BOLSAS INFLABLES

Son fundas de diferentes materiales plásticos llenas de aire, colocadas entre los espacios vacíos de la carga para actuar como amortiguadores.

Si el aire se escapa, no protegerá al objeto empaquetado, por lo que hay que tener especial cuidado al embalar productos con esquinas vivas, que puedan romper la bolsa.



Img. 21: Bolsas inflables

CARTÓN CORRUGADO

Es el material más usado en los productos electrodomésticos de mediano a liviano peso, debido a la facilidad de maniobrar debido a su liviandad, de elaborar y de tratar como residuo o de reciclar. No se emplea productos con geometrías complejas, puesto que hay que armarlo. La caída origina deformaciones permanentes; no soporta caídas repetidas. En función de la cantidad de capas que tiene, existen diferentes tipos. El cartón corrugado multicapa se emplea en aquellos casos en los que el cartón corrugado simple no soporta el peso. Se emplea para la mercadería de formato sencillo, debido a la dificultad para el montaje, por lo que su uso es limitado.

PULPA MOLDEADA

Es un material ligero y no elástico que puede ser moldeado en formas complejas. Tiene poca capacidad de absorción de impactos y es muy sensible a la humedad. Es fácilmente reciclable. A estar moldeado en forma de lámina, no soporta grandes pesos, limitándose su uso para productos livianos.



Img. 22: Embalaje en pulpa moldeada

2. BASES TEÓRICAS DEL TRABAJO

VIRUTA, PAJA Y PAPEL

Es económica pero higroscópica, y por tanto pierde sus propiedades fácilmente con la humedad.



Img. 23: Viruta de papel



Img. 24: Viruta de madera

2.1.7. IMPACTO AMBIENTAL

Los residuos de envases presentan un volumen considerable de la totalidad de los residuos generados, por lo que es necesario que exista una legislación que los controle.

Para estimar los impactos ambientales provenientes de todas las etapas del ciclo de vida de los productos, se emplea la metodología del ciclo de vida (ACV). Es importante tener en cuenta que la relación entre envase y el medio ambiente no se limita únicamente al momento en el que es producido, utilizado o cuando se ha convertido en un residuo, sino que abarca todo su ciclo de vida. Desde el momento en que son extraídas las materias primas con las que el producto será fabricado hasta que su residuo es gestionado, el envase pasa por diferentes etapas durante las cuales se produce un consumo de recursos y una producción de residuos y emisiones al medio. Todo esto genera impactos ambientales que han de ser analizados considerando todo el ciclo de vida del producto.

Varios estudios realizados, como el formalizado por el Instituto Fraunhofer y la Universidad de Stuttgart, sobre los métodos de envase y embalaje en la Unión Europea, han confirmado que el uso de empaques de plástico reutilizables para la industria alimentaria es el más sostenible.

La normativa vigente que regula a nivel estatal la gestión de los envases y residuos de envases es:

- Ley 11/97 de Envases y Residuos de Envases, que previene y reduce el impacto sobre el medio ambiente de los envases y la gestión de los residuos de envase a lo largo de su ciclo de vida. Se establecen medidas para prevenir la producción de residuos innecesarios, y para la implicación de la sociedad en la reutilización de los envases.
- REAL DECRETO 782/1998, de 30 de abril por el que se aprueba el Reglamento para el desarrollo y ejecución de la Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases.
- Real Decreto 252/2006, de 3 de marzo, por el que se revisan los objetivos de reciclado y valorización establecidos en la Ley 11/1997, de 24 de abril, de Envases y Residuos de Envases, y por el que se modifica el Reglamento para su ejecución, aprobado por el Real Decreto 782/1998, de 30 de abril.

En el caso de un embalaje de uso doméstico, el que debe asumir la responsabilidad de la gestión correcta de los residuos que se generan es el envasador. La gestión puede llevarse a cabo por los dos sistemas previstos por la Ley 11/97.

2. BASES TEÓRICAS DEL TRABAJO

- Sistemas integrados de gestión (SIG): El envasador paga por la cantidad en peso de los envases puestos en el mercado nacional a la gestora de este Sistema Integrado de Gestión. El dinero es empleado para la recogida selectiva, el transporte y la selección de los diferentes materiales. Es la alternativa más utilizada por parte de los envasadores de productos destinados al consumo doméstico.
- Sistema de depósito, devolución y retorno (SDDR): En este caso, el envasador establece un sistema para recuperar físicamente sus envases. Para garantizar este retorno, el envasador cobra un importe en concepto de depósito al cliente, que es devuelta cuando este entrega el embalaje.

2.2. EL EPS COMO MATERIAL DE ENVASE Y EMBALAJE

2.2.1. DEFINICIÓN

El poliestireno expandido o EPS es un material plástico espumado utilizado en el sector de la construcción, principalmente como aislamiento térmico y acústico, en el campo del envase y embalaje para diferentes sectores de la actividad y en una serie de aplicaciones diversas.

A lo largo del tiempo, las marcas líderes han confiado en el embalaje de EPS de sus productos para su transporte. Esto se debe a las propiedades excepcionales del material como envase/embalaje y a su sostenibilidad durante todo el ciclo de vida. Un análisis del ciclo de vida es una herramienta de diseño muestra los impactos ambientales de un producto o servicio durante su existencia: desde que se produce la materia prima, hasta que se convierte en un residuo. Esta metodología aplicada al EPS, muestra que la mayoría de la energía consumida se realiza durante la fase de producción de la materia prima y el proceso de fabricación del embalaje. No obstante, el proceso de fabricación del EPS muestra valores de consumo energético mucho menores que otros materiales alternativos para el envasado de artículos o aplicaciones de construcción.

El poliestireno expandido se define técnicamente como: “Material plástico celular y rígido fabricado a partir del moldeo de perlas preexpandidas de poliestireno expandible o uno de sus copolímeros, que presenta una estructura celular cerrada y rellena de aire”. Aproximadamente un 98% del volumen del material es aire y únicamente el 2% es poliestireno. La principal ventaja de este material es la alta concentración de aire, que hace disminuir los costes del material y su peso y le aporta un alto carácter amortiguador y de aislamiento térmico. De este modo cumple todos los requisitos para ser el envase más eficaz de productos delicados o frágiles.

Su uso descendió a finales de los años 90 por no cumplir las normativas medioambientales, ya que durante su proceso de producción se emitía CFC (gases clorofluorocarbonados) a la atmósfera. A pesar de ello, los estudios realizados durante los últimos años han hecho que su uso vuelva a estar en auge. Esta gran utilización se produce por la cantidad de usos que ofrece en el campo de embalaje debido a sus óptimas propiedades y el bajo coste de fabricación y moldeo.

El EPS se caracteriza por tener una alta resistencia a los impactos, excelente capacidad de amortiguamiento, buena durabilidad, capacidad de aislamiento térmico, bajo peso e insensibilidad a la humedad. Se puede reciclar de forma convencional y además posee un carácter inerte por lo que se puede emplear

2. BASES TEÓRICAS DEL TRABAJO

en la industria alimenticia. Debido a su bajo coste, es un material óptimo para la industrial del empaque.

Img. 25: Planchas de EPS



Las perlas, que son los elementos más pequeños que conforman los productos, contienen un agente expansor denominado pentano. Cuando estas perlas son sometidas a alta temperatura mediante vapor de agua en una cámara, el pentano se

evapora expandiendo las perlas. Tras un almacenaje en un silo de las perlas, estas son enviadas a los sistemas de inyección, mediante tuberías con movimiento neumático. En estas unidades, son sometidas a inyección en los diferentes moldes; se le aplica vapor de agua para que las perlas ocupen todas las zonas del molde, además de para ayudar al desmoldeo. Los bastones de inyección provocarán el desmoldeo de las piezas, cayendo éstas sobre unas plataformas para ser empaquetadas.

Este material se emplea generalmente en aplicaciones de construcción gracias a su aislamiento térmico y acústico, embalajes de productos y envases alimenticios.



Img. 26: Cajas de EPS

2.2.2. HISTORIA

El poliestireno fue sintetizado por primera vez a nivel industrial en el año 1929. La forma actual de perlas no es desarrollada hasta fines de la década del 50, donde la firma BASF (Alemania) desarrolla la producción de un nuevo producto: poliestireno expandible, bajo la marca Styropor. Ese mismo año fue utilizado como aislante en una construcción dentro de la misma planta de BASF donde se realizó el descubrimiento. 45 años después se realizaron una serie de estudios de ese mismo panel aislante y se descubrió que el material mantenía cada una de sus propiedades intactas.

Finalmente, su última gran modificación fue en torno a los años 90; se consiguió evitar la emisión de CFC a la atmósfera, pero manteniendo intactas las propiedades del material.

2. BASES TEÓRICAS DEL TRABAJO

2.2.3. LA MATERIA PRIMA

El poliestireno es el cuarto termoplástico de mayor tonelaje. El homopolímero de poliestireno es un material plástico incoloro, inodoro e insípido que es relativamente frágil, a menos que sea modificado. Además del poliestireno tipo cristalino, otros tipos importantes del producto son los poliestirenos modificados con caucho, los resistentes al impacto y los expandibles. El estireno se usa también para producir un gran número de copolímeros importantes.

ESTRUCTURA

La presencia del anillo fenileno en uno de cada dos átomos de carbono de la cadena principal del poliestireno produce una configuración voluminosa rígida con suficiente impedimento esférico para hacer que el polímero sea inflexible a temperatura ambiente. Se caracteriza por su rigidez, su claridad y su facilidad para ser procesado, aunque tiende a ser frágil.

Sus características frente al impacto pueden mejorar con la adición de polibutadieno.

Este material tiene buena estabilidad dimensional, por lo que la variación de la forma tras ser moldeado no difiere en gran medida de las dimensiones tras secarse toda la humedad.

Poseen poca resistencia a la intemperie y son fácilmente atacados químicamente por disolventes y aceites. Este material sobresale por el buen aislamiento eléctrico, térmico y sus buenas propiedades mecánicas.

El pentano, el agente expansor empleado en el EPS, es un miembro del grupo de los hidrocarburos alcanos. Está presente en el petróleo y se produce continuamente en la naturaleza. Los alcanos no se consideran contaminantes, porque se encuentran en descomposición en la naturaleza consecutivamente. En la atmósfera, el pentano es degradado en una reacción fotoquímica. El tiempo que tarda en disminuir la concentración de este agente hasta la mitad, ronda entre 10 y 15 horas. Esto dependerá de varios factores, como puede ser la intensidad de radiación solar. Como consecuencia, el pentano se descompone más rápidamente en el verano que en el invierno y más velozmente durante el día que la noche.

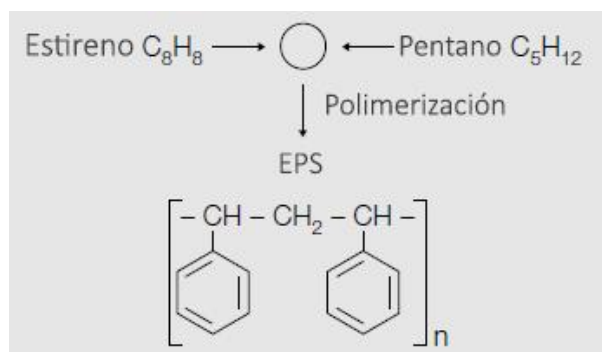


Fig. 1: Estructura del EPS

2.2.4. PROCESOS

A) Obtención de la materia prima

El poliestireno (PS) es un polímero termoplástico que se obtiene de la polimerización del estireno monómero y que proviene del procesado del petróleo, como el resto de polímeros.

En una primera instancia, el estireno es dispersado en forma de pequeñas gotas. El tipo de polimerización utilizado es el de suspensión y se lleva a cabo en reactores vidriados o de acero inoxidable. Cuando las concentraciones del polímero se encuentran entre el 30% y el 70% se produce una aglomeración prematura de porciones del polímero semi-sólido, denso y pegajoso; es aquí cuando se produce la polimerización del mismo.

Así obtenemos unas perlitas blancas rígidas de tamaño reducido, que será nuestra materia prima. Cabe destacar, que en función de la aplicación que se vaya a realizar, podemos elegir diferentes tamaños de estas perlas. Las perlas más pequeñas son empleadas para piezas que poseen grandes detalles, mientras que las grandes, que son más asequibles, se emplean para aplicaciones en las que no existe tanto nivel de detalle. Esta materia es la que será expandida para obtener el poliestireno expandido.



Img. 27: Materia prima: perlas de poliestireno sin expandir

2. BASES TEÓRICAS DEL TRABAJO

B) Procesos de conformación

Como cualquier material, el poliestireno es sometido a diferentes procesos de fabricación como pueden ser: moldeo por inyección o moldeo por extrusión, soplado, termoconformado, etc. Nuestro interés principal se encuentra en el poliestireno expandido, que tiene unos procesos de fabricación más restringidos, como pueden ser la inyección y la extrusión.

Es posible que se pueda producir una confusión entre el poliestireno extruido (XPS) y poliestireno expandido (EPS): el poliestireno extruido posee una superficie más lisa, tiene mayor resistencia a compresión debido a su mayor compactación y una coloración más fácil; además presenta una mayor permeabilidad. Ambos son empleados para construcción y envase y embalaje. El XPS se consigue fundiendo poliestireno e inyectándole un gas, y posteriormente, se procede a la extrusión; a diferencia del proceso del EPS, en el que no se produce la fusión de la materia prima. Las espumas XPS presentan mayor grado de aislamiento, aunque tiene menor resistencia a la temperatura y menor capacidad de amortiguamiento.



Img. 28: Envase de poliestireno extruido

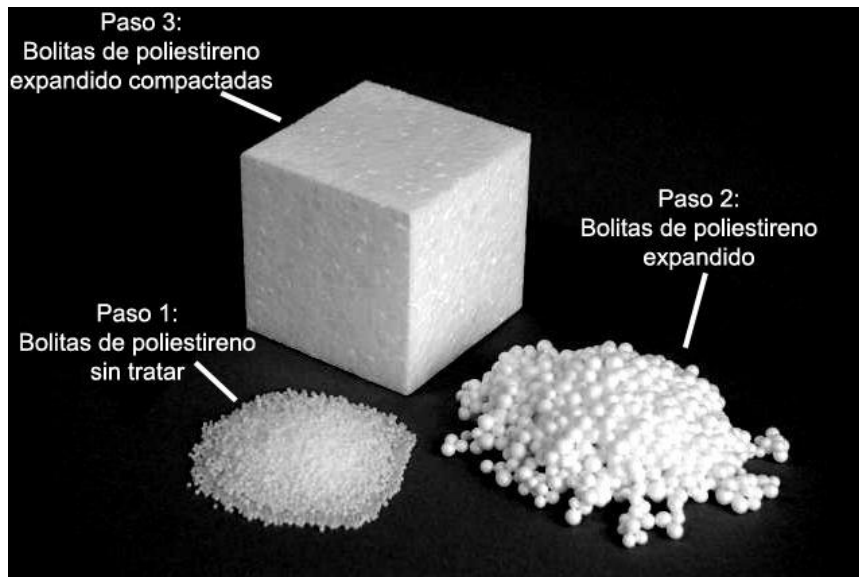
MOLDEO POR INYECCIÓN

El moldeo por inyección es el método más empleado en la conformación de plásticos, debido a la posibilidad de realizar piezas de geometría compleja y diversos tamaños. Además se puede aplicar tanto a termoplásticos, como a termoestables y elastómeros.

Para este proceso se empleará una inyectora, formado por varias unidades: la de moldeo o sujeción y la unidad de inyección. La unidad inyectora se encargará de suministrar al molde el material.

Al principio del proceso, en la tolva, se colocará la granza del material, que llegará por movimiento neumático hasta la unidad de inyección. La inyección se produce por una presión ejercida por vapor de agua, no por la presión ejercida por un eje como ocurre en la inyección convencional.

La materia prima (bolas de poliestireno sin expandir) es la que llega a la fábrica en la que se va a producir las piezas inyectadas. Esta se transforma a lo largo de 4 etapas: preexpansión, reposo, expansión y de nuevo reposo.



Img. 29: Fases de la materia prima

2. BASES TEÓRICAS DEL TRABAJO

PREEXPANSIÓN

Las perlas van a ser sometidas en una cámara (preexpansor) con vapor de agua a altas temperaturas (entre 80 °C y 110 °C), de manera que el agente introducido en la etapa anterior va a evaporarse y va a conseguir que aumenten el tamaño de las perlas, obteniendo ahora un volumen de hasta 40 veces mayor. Este proceso dependerá de la temperatura y del tiempo de exposición. La densidad disminuirá de unos 630kg/m³ a densidades oscilantes entre 10 y 30kg/m³.



Img. 30: Preexpansor

Físicamente las perlas van a pasar de compactas a perlas cerradas que contienen aire en su interior.

REPOSO Y ESTABILIZACIÓN

Estas perlas van a ser conducidas hasta un silo, donde se van a dejar reposar unas 24 horas para conseguir unas propiedades homogéneas. Al enfriarse las partículas recién expandidas se condensa el agente de expansión y el vapor de agua en las celdillas, generando un vacío que es preciso compensar con la penetración de aire por difusión. De este modo las perlas alcanzan una mayor estabilidad mecánica y mejoran su capacidad de expansión, lo que resulta ventajoso para la siguiente etapa de transformación. Este proceso se desarrolla durante el reposo intermedio del material preexpandido en silos ventilados. Al mismo tiempo se secan las perlas.



Img. 31: Silos de reposo

EXPANSIÓN FINAL

Tras el reposo, estas perlas van a ser guiadas por movimiento neumático a través de las tuberías del sistema. Al llegar a las unidades de inyección, van a ser introducidas junto con vapor de agua. El vapor de agua penetrará a través de las denominadas toberas. De este modo las perlas sueldan entre sí y se ajustan a toda la cavidad del molde. En este momento se introduce agua fría al molde, que al igual que el vapor de agua, que va a sufrir un rápido enfriamiento al contacto con el molde, va a ayudar a desmoldear las piezas. Además una unidad de desinyección las empujará mediante unos pistones. Estas caerán sobre una plataforma, de donde serán recogidas hasta la siguiente fase.



Img. 32: Máquinas inyectoras

2. BASES TEÓRICAS DEL TRABAJO

En esta fase los productos que necesiten ser embalados por normativa, como los productos destinados a la industria alimentaria.

Durante el proceso de inyección surge la limitación de la dimensión máxima de las piezas en la dirección de desmoldeo. Esto vendrá dado por el tamaño de la inyectora.

Durante esta fase es primordial el uso de moldes. Los moldes son las unidades en las que se va a inyectar el polímero. No es directamente un elemento de la máquina de inyección, ya que debe construirse especialmente para cada pieza. Consta, como mínimo de dos mitades, que se fijan a las placas de sujeción de la unidad de cierre (una en el lado de cierre y la otra en el lado de inyección). El tamaño máximo del molde viene determinado por el tamaño de las placas de sujeción, así como por la distancia entre guías de la propia máquina. La cavidad existente entre ambos va a dar forma a la pieza inyectada. El macho es la parte móvil que se mueve longitudinalmente, y cuyo movimiento sirve para poder desmoldear las piezas.



Img. 33: Conjunto de 3 moldes que podemos encontrar en la fábrica

Tras el proceso de llenado y solidificación, el molde se abre por el plano de partición, quedando la pieza adherida a la mitad del lado extractor.

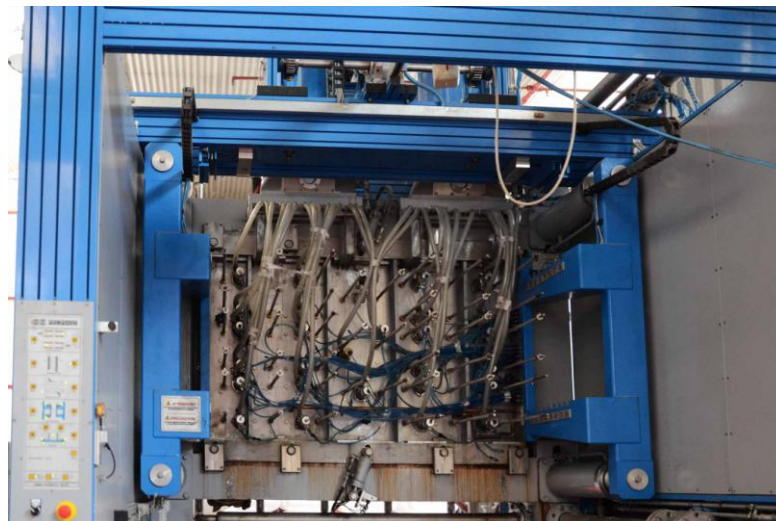
Estos moldes están formados por unas placas que presentan unas dimensiones aproximadas de 170 cm de ancho, 100 cm de alto. En estas placas van a ir ensambladas las cavidades que darán forma a la mencionada pieza. Estas cavidades van a tener unas pequeñas filtraciones por donde va al introducirse el vapor de agua, denominadas toberas.



Img. 34: Moldes de inyección

Están realizados en aluminio, y el precio al que ascienden ronda los 30.000€, que dependerá del tamaño y del número de las cavidades. Los moldes pueden superar la vida de 20 años de uso, dependiendo de diferentes factores, como la lubricación. Desafortunadamente, los detalles se irán suavizando, debido a las temperaturas a las que son sometidos durante la inyección, por lo que en algunos casos será necesario refabricar las cavidades. Su peso se aproxima a los 400 kg, por lo que su manipulación se debe llevar a cabo con extremado cuidado mediante unidades de carga como carretillas.

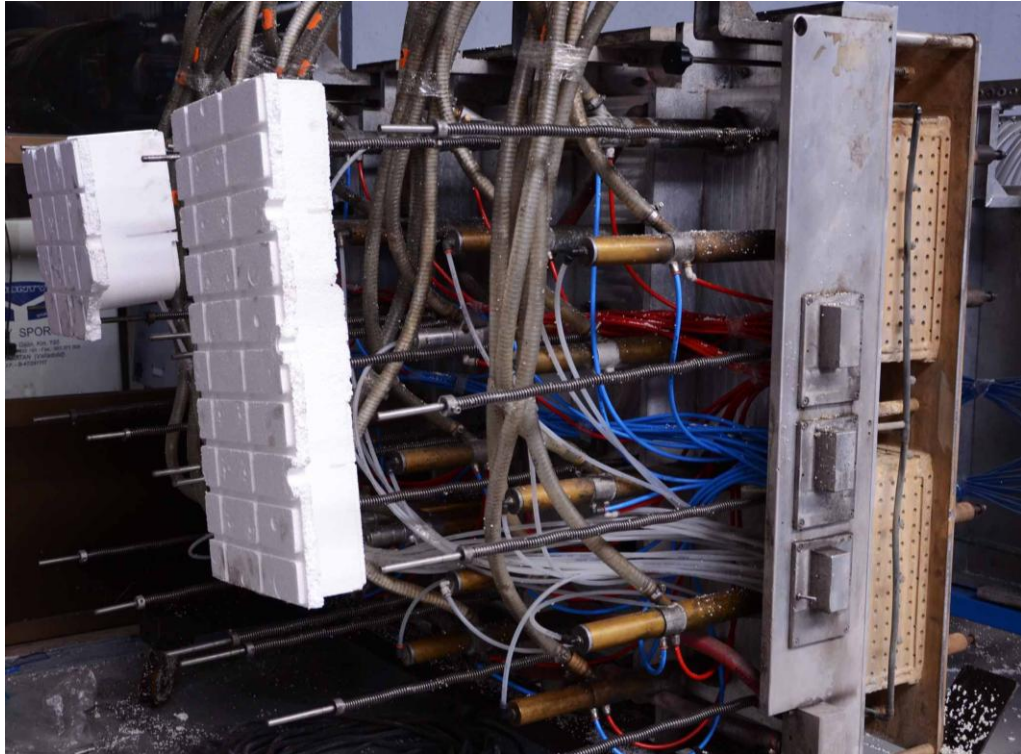
Los moldes se pueden intercambiar en las diferentes unidades de inyección, para poder fabricar las diferentes piezas necesarias. Es una tarea complicada, y que, a pesar de que en muchos casos está automatizada, debido a los riesgos y problemas que surgen, el cambio se realiza lentamente y con varios operarios de por medio.



Img. 35: Parte trasera de las inyectoras. Se puede observar el molde ensamblado.

2. BASES TEÓRICAS DEL TRABAJO

La parte que va conectada a la inyectora posee una serie de tuberías por las que irán las perlas, el agua caliente, y el agua fría. También encontramos unos pernos que sirven para la sujeción del molde en la máquina.



Img. 36: Trasera de molde. Como podemos observar en la imagen, encontramos cables de agua fría (azul), agua caliente (rojo), inyección de perlas (tubos de mayor sección) y de aire (transparentes de pequeña sección).

Así, pues, el molde de inyección cumple, fundamentalmente, las siguientes funciones:

- Permitir la entrada y distribución de la masa fundida.
- Moldear la masa fundida hasta darle la forma deseada.
- Facilitar el enfriamiento de la masa fundida si se trata de termoplásticos, o bien aportar la energía de activación necesaria en el caso de termoestables o elastómeros.
- Desmoldear la pieza.

Para realizar todas estas funciones el molde de inyección se compone, en esencia, de los siguientes elementos:

- Cavidad o cavidades. Son las zonas en las que se inyecta el material.
- Sistema de alimentación. Conductos por los que el material es guiado hasta la cavidad.

-Sistema de extracción de aire. Se realiza para un secado más rápido de la pieza.

-Sistema de refrigeración: El principio básico del moldeo por inyección es que el material entre caliente en el molde y debe enfriarse rápidamente hasta que solidifique. De este modo la pieza queda adherida a la cavidad. La pieza sólo puede ser desmoldeada cuando ha adquirido suficiente rigidez. Cuanto menos se tarde en este proceso más rentable será la fabricación. Es necesario un equilibrio justo entre ambos extremos para obtener el ciclo óptimo de inyección, que es el que produciría las piezas con las exigencias de calidad dadas en el menor tiempo posible.

-Sistema de expulsión o desmoldeo de la pieza: Consiste en barras expulsoras (pernos de expulsión) asociadas al plato móvil de la unidad de cierre. La necesidad de un sistema de desmoldeo se debe a que el material polimérico fundido que ha llenado completamente la cavidad del molde, al enfriarse sufre una contracción por lo que tiende a quedarse adherido al molde.

-Sistema de alineación y centrado: Los moldes necesitan de unos pernos que los guíen en su movimiento, para evitar un deterioro del molde.

REPOSO

Teniendo en cuenta que las piezas han sido inyectadas mediante vapor de agua, estas van a absorber parte del agua. Por lo tanto, deberán reposar en torno a 24 horas en un almacén para que pierdan toda el agua y se contraigan hasta la forma final.

El acabado superficial de la pieza final dependerá del tamaño de las perlas que conforman la materia prima. Para una aplicación de embalaje es indiferente el conseguir o no una baja rugosidad, aunque siempre será gratificante una textura agradecida al tacto; gracias al proceso de fabricación de inyección, siempre se consigue una buena textura.

2. BASES TEÓRICAS DEL TRABAJO

La liviandad del producto y su gran resistencia a la compresión, permite crear grandes torres con productos apilados. No existen riesgos graves en caso de que se produzca algún derribo.

En este punto, los productos ya están listos para ser montados en camiones y enviados para su distribución y venta.



Img. 37: Almacén

C) Procesos posteriores

En muchos casos, tras los procesos descritos anteriormente, se realizan una serie de tratamientos posteriores que varían tanto su forma como sus características técnicas. Dependiendo de la aplicación para la que va a ser destinada el producto, tendrá algunas carencias que podrán ser cubiertas mediante estos procesos.

MECANIZADO

El mecanizado es un proceso de fabricación que comprende el conjunto de operaciones de conformación de piezas mediante la eliminación de material. La fácil mecanización del EPS permite realizar piezas con gran rapidez y bajo coste.

Los materiales de EPS se mecanizan con herramientas que suelen utilizarse también en carpintería, como por ejemplo sierras, fresas y cuchillas. Además pueden utilizarse alambres calentados y/u oscilantes para cortar planchas y piezas sencillas que constituye una forma especialmente racional del obtener el producto final.

Con este procedimiento se fabrican planchas aislantes y embalajes en pequeñas series. También se preparan modelos para las más diversas aplicaciones como embalajes de pruebas, modelos de demostración y didácticos, objetos de arte, materiales decorativos, etc.



Img. 38: Plancha de EPS mecanizada

ELASTIFICADO

Se puede incrementar la elasticidad de los plásticos celulares comprimiéndolos en el molde o incrementando su volumen durante la expansión final o durante el reposo.

2. BASES TEÓRICAS DEL TRABAJO

IMPRESIÓN

Se pueden realizar impresiones sobre el EPS siempre que la composición de la tinta no posea disolventes. Las piezas modeladas con relieve se pueden colorar fácilmente con rodillos entintados.

PINTURA

La pintura puede incrementar la resistencia mecánica, la resistencia a la intemperie y a la difusión del vapor de agua, y a la dureza superficial del embalaje. Así podemos obtener unas decoraciones y efectos de brillo y color especiales.

Como en los anteriores casos, es preciso emplear pinturas que no contengan disolventes, sea cual sea el proceso de aplicación, evitando así el ataque al material.

PEGADO

Las piezas de EPS pueden ser unidas mediante sustancias siempre que no posean disolventes.

RECUBRIMIENTO

El poliuretano es empleado para crear unos recubrimientos blandos o duros (en función de la composición de la mezcla). Las resinas libres de disolventes se pueden aplicar directamente, mientras que si se aplican resinas de poliéster es necesario intercalar con una capa protectora impermeable.

Recubriendo con fibra de vidrio se obtiene un recubrimiento a prueba de golpes.

El EPS admite calcomanías, aplicadas tanto en frío como en caliente. La capa adhesiva ha de ser compatible con las propiedades del plástico.

También existe la posibilidad de un recubrimiento creado por la combinación con film de plástico, planchas o piezas moldeadas de plástico.

2.2.5. PROPIEDADES

Para utilizar de forma óptima la espuma rígida de poliestireno es preciso conocer exactamente sus propiedades. Mientras que en general se conocen bien las características de los materiales convencionales, (madera, vidrio, metal o cartón) como materiales de embalaje, a menudo no se está bien informado sobre las numerosas propiedades positivas del poliestireno expandido.

El EPS es un plástico alveolar de células cerradas y soldadas entre sí. Se fabrica a partir de un granulado de poliestireno expandido, de acuerdo con la norma DIN 7726 y pertenece al grupo de los plásticos rígidos.

Debido al aire ocluido en las celdillas, unido a su económica fabricación y al método racional de obtención de piezas moldeadas este material es muy adecuado para proteger objetos delicados de forma segura y duradera desde el fabricante hasta el consumidor.

Entre las características más importantes de este material encontramos:

- Aislamiento térmico
- Amortiguación de impactos
- Ligereza
- Resistencia mecánica
- Resistencia a la humedad
- Facilidad de manipulación
- Versatilidad
- Facilidad de conformado
- Higiénico
- Total reciclabilidad

En esta información técnica se describen las múltiples propiedades que son de importancia para la utilización de poliestireno expandido desarrollado por compañía BASF.

2. BASES TEÓRICAS DEL TRABAJO

Propiedades ¹⁾	Ensayo según	Unidad	Resultado del ensayo		
Densidad aparente	DIN 53 420	kg/m ³	20	25	30
Conductividad térmica Valor de medida a +10 °C	DIN 52 612	mW/(m · K)	33–35	32–34	31–34
Tensión de compresión a 10% de recalado	EN 826	kPa	110–140	150–200	200–250
Tensión de compresión admisible para cálculos de embalajes	DIN 55471, Parte 2 ²⁾	kPa	39	55	71
Resistencia a la flexión (con piel de espuma)	EN 12 089	kPa	260–360	360–460	460–560
Resistencia a la flexión (sin piel de espuma)	EN 12 089	kPa	250–310	340–400	430–490
Resistencia a la tracción	EN 826	kPa	230–330	300–400	380–480
Resistencia a la cizalladura	DIN 53 427	kPa	120–180	160–200	210–260
Módulo E (ensayo de compresión)	EN 826	MPa	3,5–4,5	5,0–8,5	7,5–11,0
Estabilidad dimensional bajo calor a corto plazo	DIN 53424	°C	100	100	100
a largo plazo a 20 kPa	DIN 18164	°C	75	80	80
Factor específico de acolchado C*	DIN 55 471, parte 2 ²⁾	1	2,5	2,5	2,5
Energía específica/Capacidad de absorción de energía de choque e*	DIN 55471, parte 2 ²⁾	kJ/m ³	150	200	250
Coefficiente de variación térmica longitudinal		1/k	5–7 · 10 ⁻⁵	5–7 · 10 ⁻⁵	5–7 · 10 ⁻⁵
Capacidad calorífica específica	DIN 53 765	J/(kg · K)	1210	1210	1210
Absorción de agua por inmersión durante 7 días	DIN 53 434	% Vol.	0,5–1,5	0,5–1,5	0,5–1,5
Absorción de agua por inmersión durante 28 días	DIN 53 434	% Vol.	1,0–3,0	1,0–3,0	1,0–3,0
Factor de resistencia a la difusión de vapor de agua *	DIN 52 615	1	55	75	85

¹⁾ Valores se refieren a condiciones normales

²⁾ Valores están definidos en DIN 55471, parte 2

Fig. 2: Tabla de propiedades

Densidad aparente

La densidad aparente y la naturaleza del proceso de transformación influyen en las propiedades físicas del material.

Los productos de EPS poseen buena resistencia y un peso ligero. Las densidades varían dependiendo de la aplicación: de 10 kg/m³ hasta 50 kg/m³. En embalaje la más común es la de 20 kg/m³.

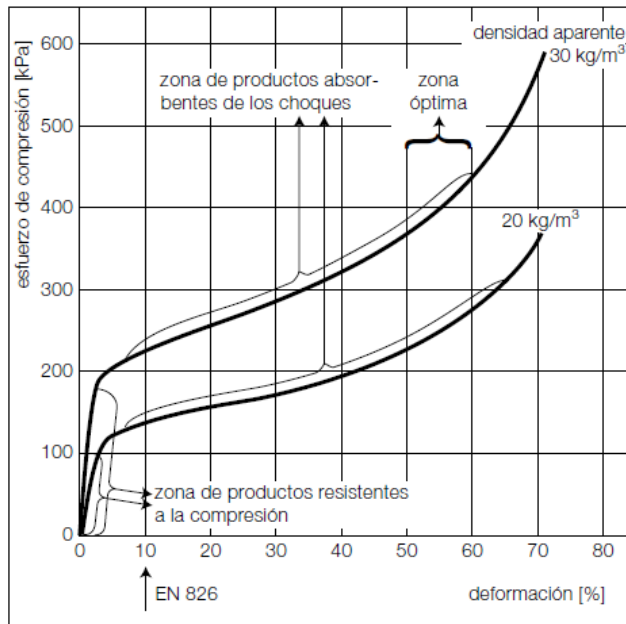
Propiedades mecánicas

La resistencia a los esfuerzos mecánicos está íntimamente relacionada con la densidad del material. Además esta se evalúa generalmente por las propiedades siguientes.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SEGÚN NORMA EN 826

En el caso de plásticos celulares se estudia el esfuerzo de compresión para un 10% de deformación. El esfuerzo de compresión de plásticos rígidos celulares aumenta al crecer la densidad aparente.

Cuando las probetas de ensayo tienen una “piel de espuma” (es decir, los cantos han sido moldeados, por lo que las perlas se han deformado hacia la forma del molde) los valores de esfuerzo de compresión son algo menores



que los de probetas con cantos cortados de la misma densidad. Esto se explica por la variación de la densidad aparente dentro de una misma pieza. En la periferia la densidad aparente es mayor que en el centro de la muestra. Al tener mayor densidad en la periferia obtendremos mayor resistencia, y mejor acabado superficial ya que las perlas estarán más compactadas.

Fig. 3: Comportamiento de los plásticos celulares de Styropor ante el esfuerzo de compresión y deformación



Img. 39: Diferencia no piel de espuma (mecanizado)/ piel de espuma (inyectado)

2. BASES TEÓRICAS DEL TRABAJO

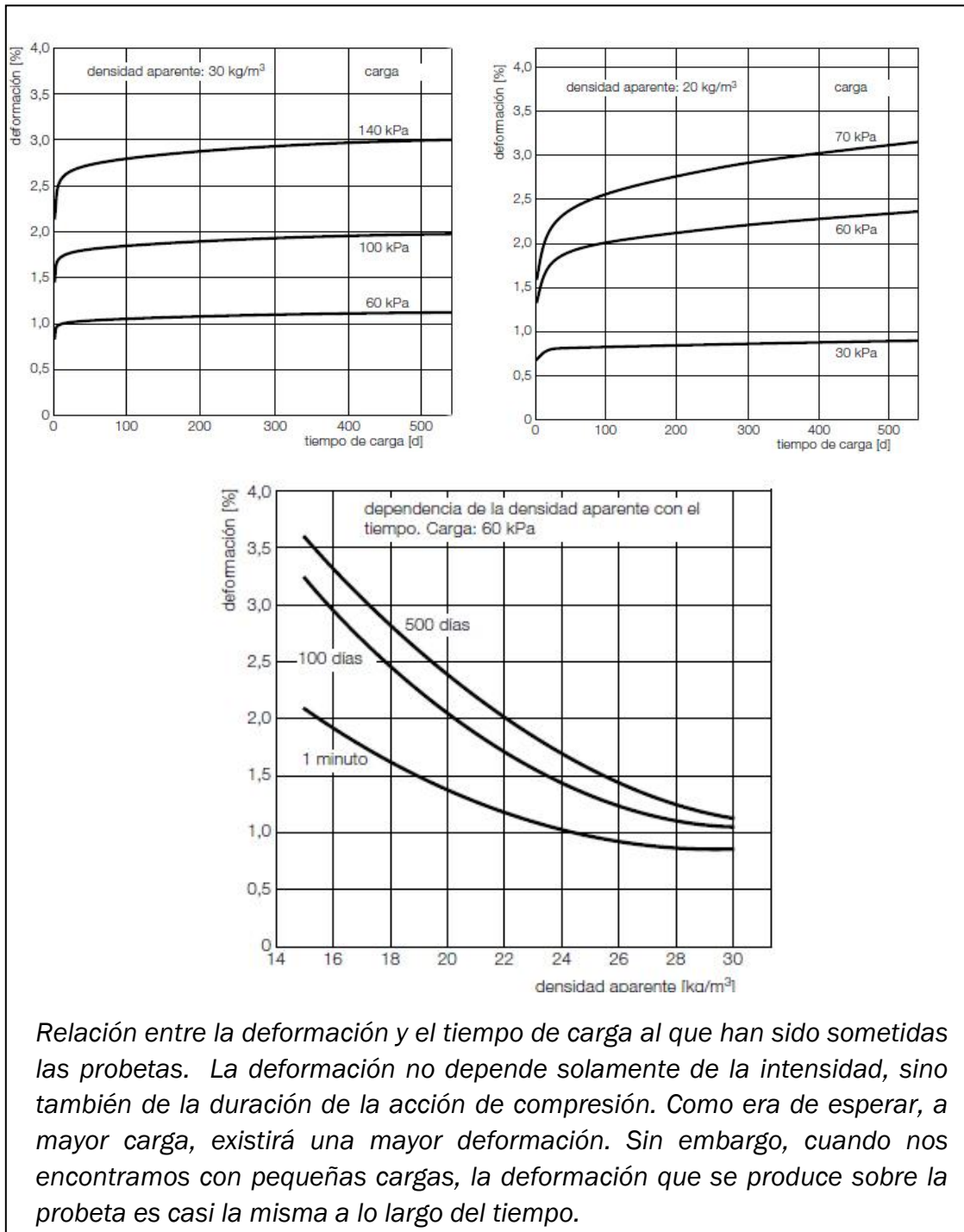


Fig. 4. Comportamiento de plásticos celulares de Styropor sometidos a pruebas de carga de larga duración en dependencia de la densidad aparente y el tiempo.

La edad de la muestra también influye en los valores del esfuerzo de compresión. Las espumas celulares fabricadas recientemente solo poseen un 70% de la resistencia y al cabo de 24 horas, un 90% del valor final que se obtiene a las 4 semanas aproximadamente. El aumento de las 24 primeras horas depende del equilibrado con la presión atmosférica de las celdillas, mientras que el posterior se debe a la lenta expulsión del agente expansor.

Por lo tanto, se puede decir que este material posee muy buena resistencia a la compresión.

RESISTENCIA A LA FLEXIÓN SEGÚN NORMA EN 12089

La resistencia a la flexión crece así mismo con el aumento de la densidad aparente. El ángulo de rotura al doblar disminuye con el aumento de la densidad aparente y con un mejor grado de soldadura.

Hay que puntualizar, que al tratarse de un material celular, la resistencia a flexión no aporta valores muy altos.

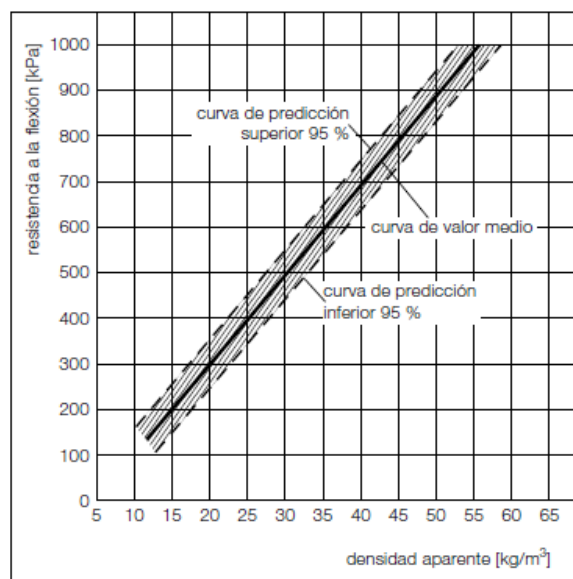


Fig. 5 Influencia de la densidad aparente sobre la resistencia a la flexión

RESISTENCIA A LA TRACCIÓN SEGÚN NORMA EN 12089

Al aumentar la densidad aparente crece así mismo la resistencia a la tracción, como se puede observar en la gráfica inferior. Las líneas de trazos caracterizan un grado de previsibilidad del 95%. Su amplitud depende del material prima y de los parámetros de transformación. Cuanto más uniformes

2. BASES TEÓRICAS DEL TRABAJO

sean las condiciones límites más estrecha será la banda. La línea continua representa el valor medio

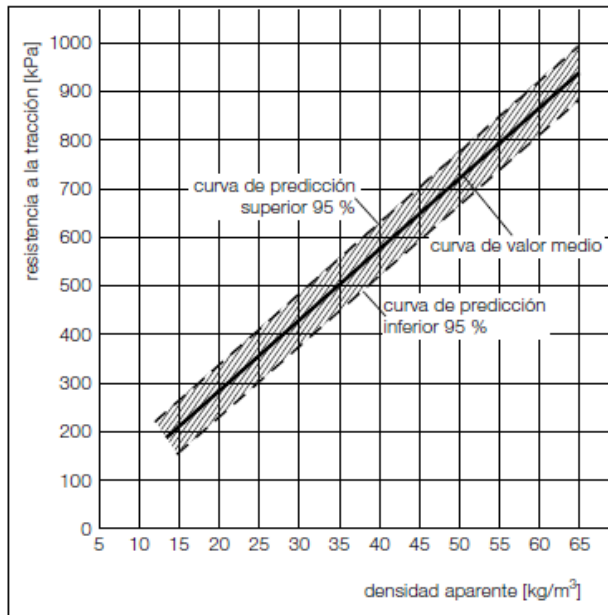


Fig. 6 Influencia de la resistencia a la tracción

El alargamiento de rotura en una prueba depende de la calidad de la probeta, por ejemplo de la soldadura entre las perlas. A más calidad de la soldadura entre las perlas, la resistencia a tracción será mayor, ya que existirá mayor área oponiéndose al esfuerzo. En general, se puede decir que el EPS no posee buena resistencia a la tracción.

Propiedades térmicas

Los productos de EPS presentan una excelente capacidad para aislar térmicamente, por ello se emplea en edificios y envases. Esta buena capacidad se debe a la propia estructura del material, que está compuesta en gran parte por aire ocluido.

Propiedades ¹⁾	Ensayo según	Unidad	Resultado del ensayo		
Densidad aparente	DIN 53420	kg/m ³	20	25	30
Estabilidad dimensional bajo calor					
a corto plazo	DIN 53424	°C	100	100	100
a largo plazo a 20 kPa	DIN 18164	°C	75	80	80
Factor específico de acolchado C*	DIN 55471, parte 2 ²⁾	1	2,5	2,5	2,5
Energía específica/Capacidad de absorción de energía de choque e*	DIN 55471, parte 2 ²⁾	kJ/m ³	150	200	250
Coefficiente de variación térmica longitudinal		1/k	5-7 · 10 ⁻⁵	5-7 · 10 ⁻⁵	5-7 · 10 ⁻⁵
Capacidad calorífica específica	DIN 53765	J/(kg · K)	1210	1210	1210

Fig. 7 Tabla de comportamiento térmico

Las propiedades mecánicas del material dependen de la temperatura. El EPS se caracteriza por una conductividad térmica especialmente baja. La conductividad térmica dependerá de la densidad aparente y de la temperatura de la espuma así como del contenido de la humedad.

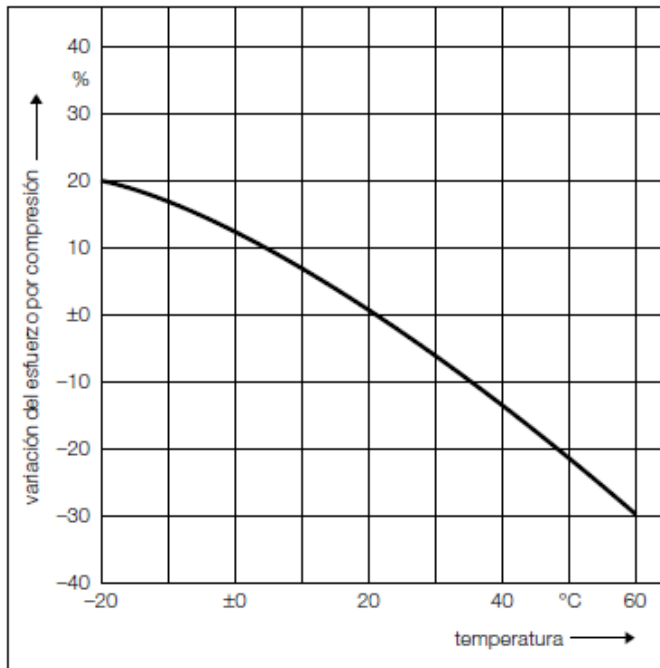


Fig. 8 Influencia de la temperatura sobre el esfuerzo por compresión. En esta gráfica se muestra la variación relativa del esfuerzo de compresión para un recalcado del 10% en la zona de temperatura comprendida entre -20 °C y +60 °C.

El calor específico (cantidad de calor que puede absorber una sustancia) no dependerá de la densidad aparente.

Propiedades ¹⁾	Ensayo según	Unidad	Resultado del ensayo		
Capacidad calorífica específica	DIN 53 765	J/(kg · K)	1210	1210	1210

Fig. 8 Tabla de comportamiento térmico

La resistencia a la deformación térmica (Norma DIN 18164 o bien DIN 53424) es casi independiente de la densidad aparente en la zona de 20 a 30 kg/m³. Tras el periodo de estabilización del material por el almacenamiento del mismo, el EPS alcanza su resistencia final a la deformación térmica.

ESTABILIDAD DIMENSIONAL

Los productos de EPS están sometidos a variaciones dimensionales debidas a los cambios de temperatura.

Propiedades ¹⁾	Ensayo según	Unidad	Resultado del ensayo		
Coefficiente de variación térmica longitudinal		1/k	5 - 7 · 10 ⁻⁵	5 - 7 · 10 ⁻⁵	5 - 7 · 10 ⁻⁵

Fig. 9 Tabla de variación térmica

2. BASES TEÓRICAS DEL TRABAJO

Estas variaciones son evaluadas por el coeficiente de dilatación térmica, que se sitúa entre 5×10^{-5} y 7×10^{-5} . Esto equivale a 0,05 o 0,07mm de variación por metro de longitud y grado Kelvin.

Por este motivo, los productos de EPS deben ser sometidos a un tiempo de curado tras su fabricación, en el que se contraerán hasta obtener la dimensión final.

Color

El color del poliestireno expandido es blanco. Se puede variar el color del material inicial mediante la adición de aditivos antes de la inyección. También se puede aplicar pintura, que además puede incrementar la resistencia mecánica, la resistencia a la intemperie y a la difusión del vapor de agua, y la dureza superficial.

Hay que asegurarse que este tipo de pinturas no posean disolventes orgánicos, ya que atacarían al material.



Img. 40. Color blanco de las perlas preexpandidas

Absorción del agua y permeabilidad del vapor de agua

Las espumas EPS no son higroscópicas, pero sí absorben agua cuando están en contacto con ésta, aunque esta absorción no va a afectar a las propiedades mecánicas del producto. Incluso sumergiendo el material completamente en agua los niveles de absorción son mínimos con valores oscilando entre el 1% y el 3% en volumen (ensayo por inmersión después de 28 días). Nuevos desarrollos en las materias primas resultan en productos con niveles de absorción de agua aún más bajos.

Si existen diferentes concentraciones de vapor de agua en las diferentes caras de un producto, el vapor de agua se difunde. Cuando existe un gradiente de temperatura, la difusión es más acusada.

Para caracterizar la resistencia a la difusión del vapor de agua se emplea el coeficiente μ . Este factor indica cuántas veces es mayor la resistencia de un material a la difusión comparado con una capa de aire de igual espesor y en reposo y a igual temperatura ($\mu=1$). Este factor depende de la densidad aparente.

Propiedades ¹⁾	Ensayo según	Unidad	Resultado del ensayo		
Absorción de agua por inmersión durante 7 días	DIN 53 434	% Vol.	0,5–1,5	0,5–1,5	0,5–1,5
Absorción de agua por inmersión durante 28 días	DIN 53 434	% Vol.	1,0–3,0	1,0–3,0	1,0–3,0
Factor de resistencia a la difusión de vapor de agua *	DIN 52 615	1	55	75	85

Fig. 10 Tabla de absorción de agua

Comportamiento eléctrico

El poliestireno expandido es un material no conductor eléctricamente. La constante dieléctrica, medida en una zona de frecuencias comprendida entre los 100Hz y 400MHz y para una densidad aparente entre 20 y 40kg/m³ se encuentra entre 1,02 y 1,04, es decir, casi tan baja como la del aire (1,00), por lo que no se produce una conducción eléctrica.

Debido a la gran resistencia superficial se pueden cargar electrostáticamente algunas superficies de las piezas, especialmente si es baja la humedad relativa. Mediante la adición de antiestáticos en el proceso de fabricación se puede reducir la resistencia superficial de las piezas moldeadas.

2. BASES TEÓRICAS DEL TRABAJO

Propiedades químicas

Si este material es atacado mediante sustancias químicas, va a actuar igual que el poliestireno, sufriendo un ataque, aunque la espuma celular va a sufrir una destrucción más rápida debido a su alto contenido en aire. Esta destrucción dependerá de la densidad aparente del producto: las espumas celulares con una densidad aparente baja son atacadas más intensamente.

El EPS es insensible frente al agua, las bases y la mayoría de los ácidos. Los aceites de las cortezas de los cítricos y los zumos van a producir un ataque. Las espumas serán resistentes a las grasas animales y vegetales, y a los productos anticorrosivos que contienen parafina, siempre y cuando no lleven un disolvente agresivo para los plásticos celulares.

Hay que tener especial cuidado con algunos disolventes orgánicos, presentes en los adhesivos o lacas.

Existen espumas de poliestireno que van a tener una mayor resistencia frente a los hidrocarburos exentos de aromáticos.

Antes de poner en contacto el EPS con sustancias de composición desconocida, se debe examinar la reacción del material, almacenándolo con el agente considerado. Si se aumenta la temperatura de almacenamiento se puede reducir el tiempo de ensayo.

SUSTANCIA ACTIVA	ESTABILIDAD
Solución salina (agua de mar)	Estable
Jabones y soluciones de tensioactivos	Estable
Lejías	Estable
Ácidos diluidos	Estable
Ácido clorhídrico (35%)	Estable
Ácido nítrico (50%)	Estable
Ácidos concentrados (sin agua) al 100%	No estable
Soluciones alcalina	Estable
Disolventes orgánicos (acetona...)	No estable
Hidrocarburos alifáticos saturados	No estable
Aceites parafina, vaselina	Relativamente estable
Aceite de diesel	No estable
Carburantes	No estable
Alcoholes (metanol, etanol)	Estable
Aceites de silicona	Relativamente estable

Fig. 11. Tabla resumen de propiedades químicas del EP. Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada. No estable: El EPS se contrae o se disuelve. Relativamente estable: en una acción prolongada, el EPS puede contraerse o ser atacada su superficie.

ACCIÓN DE LA RADIACIÓN UV

Como otros plásticos, estas espumas reaccionan frente a la radiación UV, dependientemente del tiempo de exposición. Bajo la acción de la luz UV, la superficie del EPS amarillea y se fragiliza. Estos efectos solo se muestran tras la exposición prolongada, por lo que en el caso de envase y embalaje no es objeto de consideración.

Comportamiento frente al fuego

Existen espumas EPS con acabado ignífugo y otras sin él. Dependiendo de la finalidad del producto se producirá una adicción de agentes que varíen la resistencia al fuego. En el caso de aplicaciones de construcción, es necesario que sea ignífugo por normativa, para que, en caso de incendio, se limite la propagación de las llamas.

Si este material es expuesto a temperaturas que superen los 100 °C, va a comenzar a reblandecerse lentamente y contraerse, y si aumenta va a producirse la fusión. Si esta exposición es prolongada, el material fundido emitirá productos de descomposición gaseosos inflamables.

En ausencia de fuego los productos de descomposición térmica no se inflaman hasta alcanzar temperaturas del orden de los 400 - 500 °C. El desarrollo y la amplitud del incendio depende, además de la intensidad y duración del mismo, de las propiedades específicas de las materias primas utilizadas en la fabricación del poliestireno expandido: estándar (M4) o autoextingible (M1).

En caso de incendio, los gases emitidos por la combustión del EPS no difieren mucho de los humos que desprenden materiales orgánicos; la mayor parte son dióxido de carbono y agua. Dependiendo de las condiciones en las que se produce el incendio, también podremos encontrar monóxido de carbono, hollín y trazas de bromuro de hidrógeno.

Acción biológica

Durante el almacenamiento de los productos del EPS se desprende pentano. Se debe de tener especial precaución cuando se corta con alambres calientes, ya que hay que aspirar los gases. Por ello es recomendado realizar estas operaciones en grandes naves y con sistemas de ventilación y protección adecuados.

2. BASES TEÓRICAS DEL TRABAJO

Adicionalmente, el envasado con EPS garantiza la mejor conservación posible de la temperatura durante el transporte de alimentos frescos, manteniéndose así las valiosas propiedades del producto al mismo tiempo. Estudios han demostrado que durante el almacenamiento de frutas y vegetales frescos en envases de EPS, se mantenía el contenido de vitamina C en mayor cantidad.

Este material es higiénico y absolutamente inocuo: no genera ningún tipo de microorganismos que puedan afectar al producto envasado. No absorbe agua ni humedad, manteniendo así inalterables todas las cualidades de sabor, color y textura de los alimentos. El EPS no produce riesgos para la salud humana, siempre que no sea ingerido.

Es un material inerte que no genera mohos ni bacterias de putrefacción y proporciona al alimento envasado una protección absoluta en todos los sentidos.

Los productos realizados con EPS cumplen los requerimientos sanitarios y de seguridad e higiene establecidos. El EPS no tiene influencias perjudiciales para el medioambiente; no es peligroso para las aguas. Se puede depositar conjuntamente con los residuos domésticos.

Los productos van a mantener las dimensiones estables hasta los 85°C; además no se va a producir descomposición ni formación de gases nocivos.

HIGIENE INDUSTRIAL

Los productos de EPS han sido procesados por décadas. En este tiempo, no ha habido reportes de algún efecto perjudicial para la salud que pudiera tener alguna relación con este producto.

Se han de tener en cuenta los valores MAK (criterio de valoración de Higiene Industrial); se define como la concentración máxima admisible en el puesto de trabajo de, en este caso, estireno y pentano. Estos valores han de ser comprobados anualmente.

CONTACTO CON ALIMENTOS

El EPS se emplea en la producción de envases en contacto directo con alimentos. Esta es la industria que más delimita las características del EPS, debido a los riesgos que podría tener en caso de producto defectuoso.

En este caso se ha de seguir la normativa pertinente de manera concienzuda; por ejemplo, en este caso no se permite el empleo de materiales reciclados para realizar nuevos envases de EPS para alimentos.

Aspectos medioambientales

Un estudio realizado por BASF sobre un tablero aislante instalado en una habitación ha demostrado que la emisión del estireno a la atmósfera no existe después de un periodo prolongado de tiempo. Del mismo modo, la emisión de los agentes expansivos residuales en los productos cesa tras este periodo.

Si se produce un incendio, no existe riesgo para el medio ambiente por gases tóxicos ni peligro de contaminación de agua.

RADIOACTIVIDAD

Los estudios realizados sobre este material o han detectado ningún tipo de radiación alpha, beta o gamma.

DECÁLOGO MEDIOAMBIENTAL EPS

A continuación se presenta el conocido “Decálogo Medioambiental del EPS”, redactado por ANAPE (Asociación Nacional de Poliestireno Expandido), que muestra las características medioambientales del material:

- La fabricación y utilización del EPS no supone ningún riesgo para la salud de las personas ni para el medio ambiente.
- El EPS no daña la capa de ozono al no utilizar, ni haber utilizado nunca, en sus procesos de fabricación gases de la familia de los CFCs, HCFCs, ni ningún otro compuesto organoclorado.
- El proceso de transformación consume poca energía y no genera residuos
- La utilización del EPS como aislamiento térmico en la construcción supone un ahorro importantísimo de energía en la climatización de edificios y una drástica disminución de emisiones contaminantes, contribuyendo de esta forma a paliar el “Efecto Invernadero” y la “Lluvia Ácida”.

2. BASES TEÓRICAS DEL TRABAJO

-Los envases de EPS, dadas sus prestaciones, además de proporcionar una protección integral a los productos envasados ahorran combustible en el transporte porque es un material muy ligero.

- Los envases de EPS pueden estar en contacto directo con los alimentos puesto que cumplen todas las normativas sanitarias vigentes a nivel nacional e internacional. Además, el EPS no actúa como soporte de cultivos de hongos y bacterias.

-El EPS representa una parte muy pequeña (0,1%) de los Residuos Sólidos Urbanos que se producen en España. La incidencia del EPS en el conjunto de los residuos que genera nuestra sociedad es mínima.

-Los productos de EPS encierran un alto potencial calorífico (1 kg de EPS equivale a 1,3 litros de combustible líquido), lo que le convierte en un material idóneo para la recuperación energética.

- Por ser insoluble en agua, el EPS no emite sustancias hidrosolubles que pueda contaminar las aguas subterráneas.

-El EPS es 100% reciclable y existen numerosas aplicaciones para los materiales recuperados.

2.2.6. RECICLADO

Los envases y embalajes de EPS son ideales para reciclarse. En el 2009, 200.000 toneladas de EPS fueron recogidas y recicladas en Europa. Desde que en muchos países europeos se prohibieron los vertederos, el EPS de envase/embalaje se reutiliza con otras alternativas como aislamiento en viviendas. De este modo se consigue un ahorro en calefacción, disminuyendo así las emisiones a la atmósfera.

El EPS presenta unas propiedades excelentes, un balance energético positivo durante su ciclo de vida completo y una alta reciclabilidad. Los fabricantes de marcas líderes del mercado han confiado y comprobado durante décadas la seguridad y sostenibilidad del EPS.

Tipos de residuos

Podemos establecer 3 tipos de residuos provenientes de este material:

RESIDUOS INDUSTRIALES

Este tipo de residuos aparece tras la utilización de embalajes de EPS de transporte de componentes para ensamblajes. La función principal es evitar golpes violentos sobre la pieza que provoquen algún tipo de deformación.

RESIDUOS DEL COMERCIO Y LA DISTRIBUCIÓN

Son los residuos provenientes de la distribución a los comercios de los diferentes productos.

En este grupo podemos encontrar los envases destinados para cajas de pescado y otros productos alimentarios; estos sobrantes se producen en los mercados y supermercados. También los generados por la distribución de pequeños y grandes electrodomésticos.

RESIDUOS DOMÉSTICOS

Se generan en los domicilios provenientes de envases y embalajes para artículos muy diversos (juguetes, electrodomésticos, electrónica, etc.).

Estos residuos han de ser transportados al contenedor amarillo o a puntos especiales de tratamiento de residuos, como el caso de Puntos Limpios o Ecoparques.

2. BASES TEÓRICAS DEL TRABAJO

Tipos de reciclado

Tras establecer el tipo de residuos se han de exponer las posibilidades de reciclado que posee el material de poliestireno expandido. El poliestireno es uno de los materiales de mayor uso en el mundo. Por ello posee el código de autenticación con el número 6.



Img. 41. Icono reciclaje PS

RECICLADO MECÁNICO

A) Fabricación de nuevas piezas de EPS

Los envases y embalajes que ya han sufrido un consumo y han sido reciclados, o aquellos provenientes de piezas defectuosas pueden volver a ser triturados para la reintroducción en el proceso de fabricación de piezas. Hay limitaciones ya que el reciclado de la materia sólo se puede emplear para piezas destinadas a la construcción, y no para aquellas dedicadas a envase y embalaje de productos alimenticios. De este modo se elimina uno de los pasos donde se consume más energía, durante la fabricación de material prima.

B) Incorporación a otros materiales de construcción

Tras el molido de los residuos pueden ser mezclados con otros materiales de construcción para fabricar ladrillos ligeros y hormigones livianos.

C) Producción de granza de poliestireno

Los productos son sometidos a una serie de operaciones como sinterizado o fusión, para obtener el material de partida: poliestireno compacto. Para ello se utilizan convenientemente extrusoras calentadas de tornillo sin fin. La granza así obtenida puede utilizarse para fabricar piezas sencillas mediante moldeo por inyección, como perchas, bolígrafos, carcasas, material de oficina, o por extrusión, como la fabricación de un sustituto de la madera para bancos, postes, etc.

D) Material de relleno

Los productos de EPS ya usados pueden ser transformados fácilmente en un material de relleno empleado en embalajes o en rellenos de cojines o peluches.

La maquinaria empleada en este tipo de reciclado es:

- Molino triturador: Se emplea para las piezas de poliestireno rechazadas o usadas.
- Separador de polvo: Sistema que extrae el polvo de poliestireno del material molido. Se emplea para evitar posibles obstrucciones en las tuberías de transporte y asegurar mayor durabilidad de la instalación. El polvo de PS es conducido a las sacas y el material granulado a los silos de almacenaje.
- Mezcladores: El material que ya sido ya triturado y separado, se mezcla con materia prima, comenzando de nuevo el proceso de inyección.

E) Mejora de suelos

El EPS es inodoro, químicamente inerte y compatible con las plantas. Los residuos de EPS una vez triturados y molidos se emplean para ser mezclados con la tierra y mejorar su drenaje. También pueden ser empleados para la aireación de residuos orgánicos, ayudando a la formación del compost.

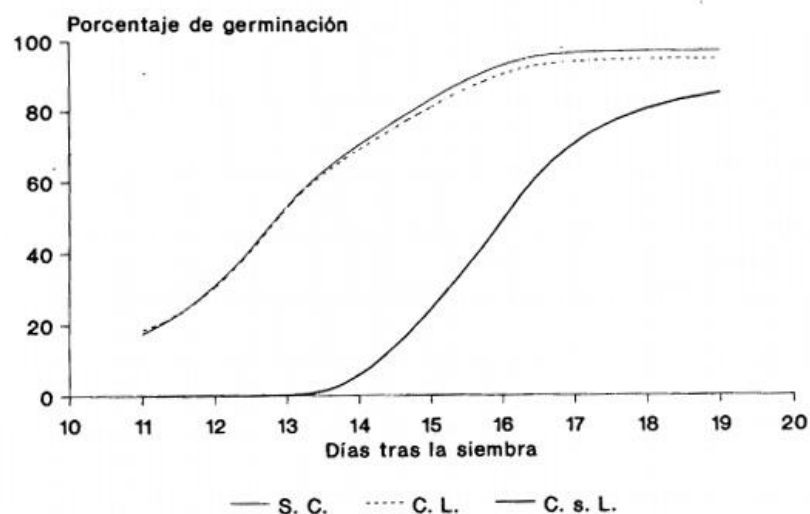


Fig. 12. Evolución de la germinación de las semillas de tomate en semilleros con diferentes sustratos. S.C.: sustrato comercial "Humín", C.L.: Corcho lavado con agua caliente, C.s.L.: Corcho sin lavar. (ORDOVAS et al., 1992. Utilización de los subproductos de la industria del corcho como sustrato hortícola en semilleros de sandía. Actas de las III Jornadas Nacionales y I Iberoamericanas de Cultivos Protegidos. Almería.)

2. BASES TEÓRICAS DEL TRABAJO

Las aplicaciones hortícolas y agrícolas del EPS molido son:

- Para producción de tierra y aditivos para suelos.
- Para mezclas de sustratos de plantas y vegetales en viveros y jardines.
- Para el cultivo en situaciones difíciles, como por ejemplo en jardines en azoteas o la siembra de árboles en grandes ciudades.
- Para favorecer la producción de compost a partir de desechos domésticos y desechos biodegradables.
- Para mejorar el suelo en huertos, viñedos, en jardines y campos deportivos, así como en los campos hípicas.
- Como material filtrante en tuberías de drenaje.
- Como relleno en sistemas de drenaje.



Img. 42. Mezcla de EPS con tierra para mejorar la aireación

2. BASES TEÓRICAS DEL TRABAJO

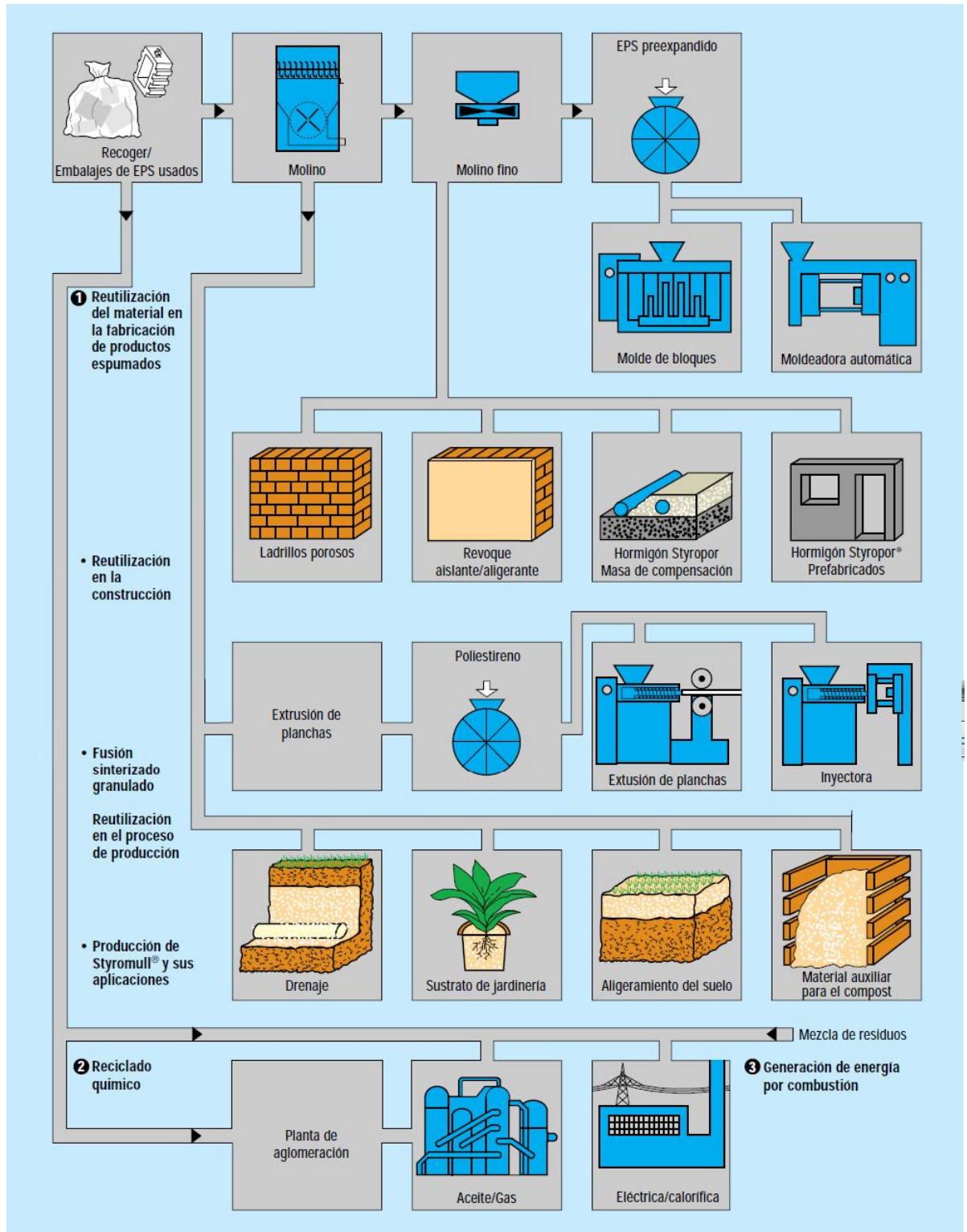


Fig. 13: Métodos de reciclado de EPS (Catálogo BASF)

2. BASES TEÓRICAS DEL TRABAJO

RECUPERACIÓN ENERGÉTICA

La recuperación energética consiste en la obtención de energía, generalmente en forma de calor, gracias a la combustión de los residuos. Se emplea para los residuos que no pueden ser reciclados fácilmente por diversos motivos. 1 kg de EPS es equivalente a 1,4 L de combustible, suponiendo así un nuevo ahorro de recursos.

El EPS puede ser quemado sin problema en las incineradoras de basuras municipales, a las temperaturas usuales (aproximadamente 1000 °C) sin producir otros residuos que dióxido de carbono y agua; no produce gases dañinos ya que las emisiones se controlan y filtran cuidadosamente.

Para los residuos "sucios" como las cajas de pescado o los semilleros, la recuperación energética es una opción de gestión de residuos segura y adecuada.

En las modernas plantas de combustión el EPS libera la mayor parte de su contenido energético en forma de calor ayudando a la combustión de otros residuos y emitiendo únicamente dióxido de carbono, vapor de agua y trazas de cenizas no tóxicas.

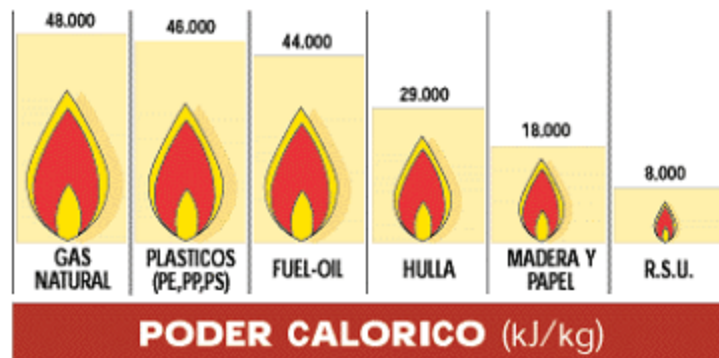


Fig. 14 : Poder calórico del EPS

2.2.7. EL VERTIDO

El vertido de los residuos de embalajes de EPS es la forma menos adecuada de gestión de residuos porque implica perder el material sin obtener la mínima ganancia. Pero cuando no haya otro método de recuperación alternativo y viable, los residuos de EPS pueden destinarse al vertido con total seguridad ya que el material es biológicamente inerte, no tóxico y estable. Para ahorrar espacio, evitar la formación de bolsas de aire y facilitar la compactación, conviene triturar los restos. Así se produce una mayor ventilación y una más rápida descomposición del vertido. El EPS no contribuye a la formación de gas metano (con su correspondiente potencial de efecto invernadero), ni tampoco supone ningún riesgo, por su carácter inerte y estable, para las aguas subterráneas.

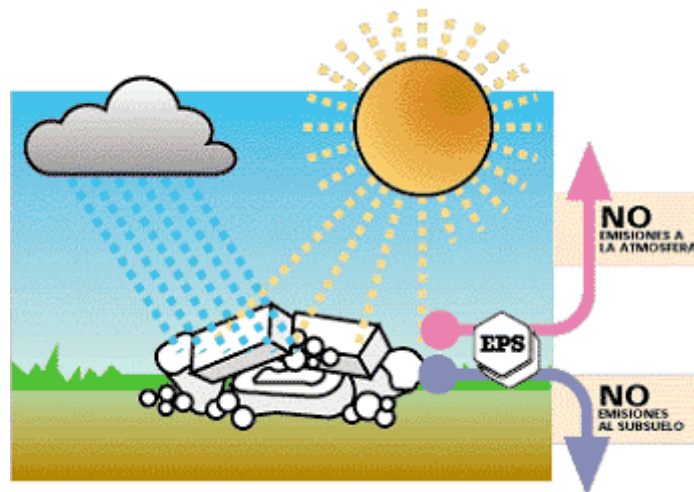


Fig. 15. Vertido de EPS

2. BASES TEÓRICAS DEL TRABAJO

2.2.8. APLICACIONES DEL EPS

Las características del poliestireno expandido hacen que este material pueda ser empleado para una infinidad de aplicaciones, muy diferentes entre ellas. Entre las más comunes encontramos las relacionadas con el aislamiento térmico y resistencia mecánica, enfocadas al sector de la construcción.

Construcción

Las características del poliestireno expandido, lo convierten en material con amplias posibilidades de aplicación dentro del terreno de la construcción. Se emplea tanto en cubiertas planas como inclinadas, paredes y suelos.

Los productos de EPS destinados a construcción están relacionados con características de aislamiento térmico y acústico. Permite un ahorro de energía, peso y coste.

Algunas de estas soluciones, como la cubierta invertida, se deben al desarrollo de materias primas específicas que permiten obtener productos de poliestireno expandido-EPS con baja absorción de agua (denominado como poliestireno expandido hidrófobo o EPSH). La aplicación se viene empleando en todo Europa y en algunos países ya han aparecido normativas específicas o documentación técnica para su estandarización.



Img. 43. Operario colocando piezas de EPS para forjado

Otra aplicación muy común es para el hormigón alivianado. Este consiste en la adición de EPS molido a un mortero común, para aumentar su volumen. La principal ventaja de este hormigón es su reducido peso, que lo hace ideal para rellenos, rampas, contrapisos livianos, como base a tejas, etc. Además posee mayor capacidad de aislamiento térmico, gracias a la adición del EPS en la mezcla. Este hormigón va a tener una resistencia menor, por lo que no se emplea como hormigón estructural, aunque sí puede soportar grandes cargas.



Img. 44: Hormigón liviano

Envase y embalaje

Este material es uno de los más empleados en el envasado de todo tipo de productos. Generalmente se emplea en el campo de la alimentación. Las máximas garantías de higiene y el mantenimiento de los niveles óptimos de protección térmica son, junto con la posibilidad de apilamiento sin riesgos para la mercancía, las mayores ventajas que los envases y embalajes de EPS ofrecen a los pescados y mariscos.



Img. 45. Caja de pescado de EPS

La versatilidad en el diseño del EPS permite desarrollar envases y embalajes adecuados para pequeñas y grandes porciones de productos cárnicos elaborados o frescos manteniendo las condiciones de higiene. Las frutas y

2. BASES TEÓRICAS DEL TRABAJO

verduras viajan en las mejores condiciones de higiene gracias a los envases de EPS, prolongándose su estado de conservación gracias a la protección térmica y mecánica de los mismos.



Img. 46. Cajas para diferentes productos

El EPS también es empleado en el campo de los electrodomésticos y la informática. Destacan la alta adaptabilidad del material además del excelente comportamiento a la amortiguación de impactos. Por ello un televisor, un ordenador, una lavadora, un frigorífico va a poseer un embalaje de EPS que evite el dañado de los mismos durante el transporte.

A parte de estos elementos, el EPS es empleado en otros productos como componentes de automoción, fotografía, muebles, maquinaria, cosméticos, jardinería, azulejería etc.

En conclusión, el EPS es un material empleado cuando se necesita un aislamiento térmico o cuando se necesita un material que absorba los diferentes esfuerzos mecánicos. Por lo tanto, debido a todas estas características, es un material óptimo para llevar a cabo nuestro embalaje.



Img. 47. Aplicaciones del EPS en el transporte de mercancías frágiles

2. BASES TEÓRICAS DEL TRABAJO

PRODUCTOS	VENTAJAS	PROPIEDADES
Cajas apilables de alimentos. Embalaje de mercadería pesada	Embalajes resistentes a la presión con buena rigidez al doblado y estabilidad de apilado	Resistencia a la presión
Embalajes de mercadería frágil	Acción de amortiguación calculable y por lo tanto, segura	Alta capacidad de amortiguación de golpes
Envases y embalajes para transporte aéreo	Tara baja, invariable y en muchos casos no es necesario tomarla en cuenta	Bajo peso
Cajas para productos congelados	Alta capacidad de aislamiento térmico. No se vuelve frágil a bajas temperaturas	Reducida conductividad térmica e inalterabilidad al frío
Envases de contacto directo con productos alimenticios	No posee ningún elemento contaminante que afecte al contenido	No permite la proliferación de hongos y bacterias
Embalajes para objetos complicados de superficies no planas	Material versátil, altamente adaptable a las formas más complejas	Libertad de diseño en piezas moldeadas
Vasos térmicos	Mantiene la temperatura y la efervescencia de los líquidos que contiene	Elevado poder aislante y de conservación del gas en las bebidas carbonatadas.

Fig. 16. Tabla con diversas aplicaciones en envase y embalaje

2.2.9. CONCLUSIONES

En la actualidad, se envían más productos a todo el mundo, lo que aumenta las exigencias de los embalajes de transporte. Los plásticos en la industria del empaque poseen una infinidad de posibilidades. El EPS se adapta a las exigencias de transporte tanto por aire, por tierra y por mar. Como se explicó anteriormente, el poliestireno expandido posee grandes características como la durabilidad, resistencia a los impactos, capacidad de aislamiento y ligereza; esto asegura una llegada del producto a su destino de forma segura, y sin realizar una gran inversión económica. Además, debido a la ligereza de las piezas conformadas, se consigue una reducción de costes de transporte. Esto, sumado al proceso de inyección del material, que hace que se puedan obtener empaques con mayor resistencia, permite conseguir embalajes óptimos para diferentes tipos de artículos a un precio reducido.

Una de las principales funciones de un embalaje radica en evitar que se produzcan daños en el artículo embalado en caso de sacudidas y caídas. Concerniente a esto, el plástico celular se deforma y amortigua de este modo las fuerzas, gracias a su alto contenido de aire.

De este modo, cumple así todos los requisitos para el empaque de productos frágiles, como el caso de circuitos electrónicos y botellas de vidrio.

CAPÍTULO 3

Aplicación práctica.....89

3.1. Datos de partida para el proceso.....91

3.1.1. Características del producto a diseñar.....91

3.1.2. Estudio de mercado.....95

-Estudio de botelleros.....95

-Estudio de botellas.....110

3.1.3. Exigencias y limitaciones existentes.114

3.1.4. Pliego de condiciones.....116

3.2. El proceso de diseño.....124

3.2.1. Proceso de trabajo. Método de las 5 etapas.....124

A) Definición del entorno.....124

B) Definición de la fragilidad del producto.....129

C) Elección del material de amortiguamiento.....137

D) Diseño de embalaje. Etapas.....148

F) Ensayos con el embalaje.....152

3.2.2. Evaluación del material.....155

A) Amortiguación de impactos.....155

B) Compresión.....159

C) Vibración.....159

D) Desplazamiento.....160

E) Aislamiento térmico.....161

3.2.3. Alternativas creadas.....169

3.3. Resultados.....193

3.3.1. Presentación de alternativas a los clientes.....193

3.3.2. Análisis de resultados y selección final.....193

3.3.3. Desarrollo del diseño. Mejoras aplicadas.....203

3.3.4. Ensayo de desmoldeo.....207

3.3.5. Análisis de elementos finitos.....214

-Por pieza.....219

-Aplicación de carga en superficie superior

-Aplicación de carga en superficie media

-Aplicación de carga en arista

-Aplicación de carga sobre la base del embalaje





-Por elemento.....	234
-Ensayo de deformación lateral de pestañas	
-Ensayo de compresión de pestañas	
-Por conjunto.....	242
-Embalaje capacidad 1.....	242
-Ensayo de apilamiento	
-Ensayo de carga lateral	
-Embalaje capacidad 3.....	253
-Ensayo de apilamiento	
-Ensayo de levantamiento	
-Embalaje capacidad 6.....	267
-Ensayo de apilamiento	
-Ensayo de levantamiento	
-Embalaje capacidad 12.....	279
-Ensayo de apilamiento	
-Ensayo de levantamiento	
3.3.6. Diseño final.....	290

3.1. DATOS DE PARTIDA PARA EL PROCESO

3.1.1. CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO A DISEÑAR

En este punto del proyecto tenemos que el producto a diseñar, es decir, el botellero para transporte, va a estar realizado mediante la inyección de poliestireno expandido o EPS. Ahora bien, se han de puntualizar las características del producto a esbozar.

APLICACIONES

Los envíos industriales de botellas necesitan de empaques de gran resistencia. En este caso no importará el diseño del embalaje, sino que siempre se buscará el que aporte mayor resistencia al menor precio; en este mercado no podemos competir porque está cubierto. El enfoque que se le debe dar al empaque que vamos a diseñar es diferente; debe centrarse en el envío de artículos para dar a conocerlos. Cuando una empresa envía una muestra, quiere crear la mejor impresión posible al receptor, por ello, se preocupa por cuidar cualquier detalle. Si el cliente recibe el producto con un embalaje que cuide el diseño, y por supuesto, el producto interior, le va a causar mejor una impresión.

DISEÑO INNOVADOR

La introducción de nuevos productos constituye hoy en día uno de los planes de acción fundamentales para alcanzar la ventaja competitiva. El escenario en que las empresas se mueven actualmente sugiere que las dificultades e incertidumbres asociadas al desarrollo de nuevos y mejores productos están creciendo, lo mismo que la presión para una mayor rapidez en su desarrollo. Es un punto fundamental que el diseño del botellero sea diferente a lo que ya existe: se busca un botellero que sobresalga del resto. Necesitamos un diseño que se ajuste en la medida de lo posible a todos los clientes: jóvenes y más conservadores.

PROTECCIÓN

La principal función del botellero es que ofrezca la protección adecuada a las botellas, de manera que se garantice la llegada en perfecto estado de la mercancía al receptor.

CONSERVACIÓN DEL PRODUCTO

El producto transportado es un bien de consumo. El empaque ha de asegurar que mantiene al artículo en buen estado de conservación.

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

SEPARACIÓN ENTRE ELEMENTOS

El botellero no debe proteger únicamente a las botellas de la acción exterior, ya sea polvo, impactos, etc, sino que también hay que asegurar que no exista contacto entre los productos interiores, para evitar posibles roturas o ralladuras.

PRECIO ECONÓMICO

La mayoría de los compradores de nuestro botellero no están dispuestos a pagar gran cantidad por el empaque. Como ya hay productos existentes similares, el precio debe de estar regulado por el mercado. Por ello, hay que minimizar los costes, usando la materia prima mínima posible que realice la función de protección. Además, en muchos casos, emplear más materia prima de la necesaria, hace que las capacidades de protección disminuyan.

MODULARIDAD

El diseño modular permite crear variedad sin incurrir en los costes de la producción a medida. Mediante esta técnica se crean módulos que permiten obtener diferentes combinaciones.

Al estar realizado mediante el proceso de moldeo por inyección, va a existir la necesidad de fabricar un molde. Estos moldes alcanzan elevados precios, por lo que se buscan formas de aprovecharlos al máximo. Generalmente las matrices son fabricadas para las mayores capacidades posibles de botellas; en el caso de que se quiera una menor capacidad, se ensamblan unos postizos que eviten llenar todas las cavidades del molde.

ESTANDARIZACIÓN

Durante la etapa de diseño, el equipo responsable debe definir aspectos tales como: variaciones posibles en la fórmula o composición del producto, forma del producto, envase y diseño del producto. La inclusión de versiones distintas puede contribuir a reforzar la demanda, pero ello será a cambio de costes de producción y distribución adicionales. En algunos casos, la variación es inevitable.

La existencia de diferentes tamaños o formas hace que el distribuidor o el fabricante tengan que mantener inventario suficiente de cada uno de ellos, con lo cual, la suma de los diferentes stocks suele arrojar una cifra muy superior a la que se mantendría normalmente si sólo se trabajara con una versión básica.

No obstante, la estandarización conlleva algunas desventajas. Así, las piezas y componentes estandarizados pueden ser de inferior calidad o inferior rendimiento que las que no lo son.

La estandarización tiene algunas importantes ventajas en costes, tales como:

- Minimización del número de piezas diferentes en almacén.
- Minimización del número de cambios necesarios en los equipos de producción.
- Simplificación de los procedimientos operativos y de control.
- Permitir la realización de compras de volumen superior y obtener descuentos por cantidad.
- Minimización de los problemas de servicio y reparación.
- Facilidad en la fabricación de largas series de producción y la automatización del proceso.
- Justificación de un mayor gasto en el perfeccionamiento del diseño y en la mejora de los procedimientos de control de calidad.

GEOMETRÍA SIMPLE

Productos con formas simples disminuyen el tiempo de fabricación: cuanto menos se tarde en inyectar un producto, su costo disminuirá. Además, si posee una geometría compleja habrá mayor dificultad de desmoldear, lo que puede originar roturas en el producto o desgaste del molde.

APILABILIDAD

Tanto para facilitar el transporte como el almacenaje, como para ahorrar espacio, es importante que el botellero pueda apilarse. Esto ahorrará costes no solo en el transporte, sino también en el almacenamiento, ya que las unidades ocuparán un menor espacio: se podrán transportar más unidades y se necesitará menos espacio de almacenaje. Que el producto sea apilable no es una condición fundamental. De hecho, los botelleros actuales son apilables en el modo de poder colocar uno encima de otro, pero no permiten introducir unos dentro de otros para ahorrar espacio durante transporte o almacenamiento del embalaje vacío. Si se consigue esto, será un punto a destacar respecto del resto de embalajes, pero no es esencial.

FACILIDAD DE TRANSPORTE

La forma del botellero es importante, ya que dependiendo de esta se aprovechará más o menos el espacio en el transporte. Todo esto se traduce en ahorro de costes. Además, es importante que posea una geometría que no entorpezca el transporte manual realizado por una persona.

AISLANTE

En muchos casos el producto estará sometido a largos viajes; evitar que el producto cambie bruscamente de temperatura asegurará un mejor mantenimiento del mismo. Además, si llega a una temperatura adecuada,

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

será un punto a favor que los clientes sabrán considerar. Por otra parte, el producto debe estar aislado de la suciedad. Esto evitará que el cliente vea el producto en malas condiciones. Es muy importante que el comprador vea el artículo que ha adquirido limpio. Por último, la humedad puede producir despegues de etiquetas o mala calidad en el producto, por lo que es importante un aislamiento frente a este fenómeno. El EPS es óptimo ya que es hidrófugo, es decir, actúa como una barrera frente a la humedad.

DESMOLDEABLE

Al realizar la fabricación mediante un moldeo, es fundamental que el producto pueda ser expulsado del molde en perfectas condiciones. Para conseguir esto, en el diseño se ha de tener en cuenta un pequeño ángulo de desmoldeo (en torno a 3°) en las caras del botellero. La facilidad de desmoldeo contribuirá a un menor desgaste del molde, y aumentará su vida de uso.

RESISTENTE

El material elegido para la realización de este botellero tiene muy buenas características para proteger al producto, pero no deja de ser un material frágil. Por lo tanto, hay que evitar salientes porque es posible que se produzca una rotura.

IMAGEN DE MARCA

El producto ha de permitir la introducción de etiquetas adhesivas u otro tipo de materiales que permitan la colocación de la marca de la empresa que envía el empaque. Esto no sólo servirá para hacer publicidad, sino que también dará una imagen de máximo cuidado a la hora de la entrega del empaque.

FIABILIDAD

La fiabilidad de un producto o servicio se suele definir como la probabilidad de que éste funcione adecuadamente, esto es, de acuerdo con sus especificaciones, durante un cierto período de tiempo y bajo unas condiciones operativas específicas.

SEGURO

Este último aspecto tiene que ver con la seguridad que ofrece el producto. La mayor parte de las normas relativas a seguridad, son normas legales, y son vitales para la supervivencia comercial del producto.

3.1.2. ESTUDIO DE MERCADO

Un estudio de mercado es una metodología empleada para obtener información sobre los productos existentes, las soluciones que da cada empresa al problema planteado. Así vamos a obtener las herramientas necesarias para el producto que se va a diseñar, enfocado al mayor éxito posible.

En este caso, es necesario realizar un estudio por una parte sobre los botelleros, y por otro sobre los diferentes tipos de botellas existentes en el mercado.

ESTUDIO DE BOTELLEROS

Se ha de tener en cuenta que las botellas deben guardarse acostadas, en posición horizontal, de esta forma el vino siempre estará en contacto con el corcho y el tapón no se secará. Otra forma de colocarlas es ligeramente inclinadas hacia arriba, para que el sedimento del vino se acumule en el fondo de la botella, pero se corre el riesgo de que el corcho no se mantenga húmedo y se filtre el aire. También se pueden colocar inclinadas hacia abajo para que el corcho se mantenga húmedo, pero el sedimento se almacenará cerca del corcho y estropeará el vino. Por lo que si se decide colocar las botellas inclinadas hacia arriba o hacia abajo habrá que moverlas. Si el tapón del vino es de silicona o de plástico se pueden conservar las botellas en posición vertical. Igualmente, para los vinos blancos y el champagne hay una tendencia actual que indica que estarán mejor de pie.

A la hora del transporte no afectaría que no existiera contacto entre el corcho y el tapón, ya que la mayor parte del tiempo de su existencia, el producto se encontrará colocado para la exposición o almacenaje; aquí sí importaría la posición.

En este estudio se van a abarcar diferentes tipos de elementos como:

- Botelleros EPS
- Botelleros de madera
- Botelleros de tela
- Botelleros de cartón y papel
- Botelleros de otros materiales

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

A) Botelleros EPS

Este tipo de productos es un mercado no muy conocido: debe de quedar claro que al estar dirigido principalmente a bodegas, el mercado se minimiza. Los diseños que podemos encontrar en EPS podrían mejorarse, al igual que la funcionalidad.

BOTELLERO CYPsa

Está compuesto de dos piezas iguales que permiten el ensamblaje mediante un sistema de pestañas. La forma es prismática. La botella se apoya sobre unas secciones que contiene en su interior, tanto para el cuello como para la base. Posee un diseño sobrio y que no diferencia del resto. Existen para diferentes capacidades.



Está más enfocado hacia empresas dispuestas a pagar poco dinero por el envase, y que sólo emplean el producto para el transporte de muestras. Este botellero no hace sobresalir a la botella por otro motivo que no sea la calidad del producto enviado.



Img. 48, 49 y 50: Botellero Cypsa

Hay variantes que poseen un diseño de un racimo de uvas en relieve que se acerca a las empresas más clásicas; las empresas más juveniles no elegirían este tipo de envase.

-Ventajas:

- Protección perfecta de la botella
- Al ser prismático, permite aprovechar el máximo espacio posible a la hora de almacenarlo.
- Diferentes capacidades
- Permite añadir partes entre ambas tapas para aumentar la capacidad.

-Desventajas:

- Es apilable en forma de caja, pero no a la hora de almacenar únicamente el embalaje
- Diseño obsoleto
- No está pensado para poder transportarlo del comercio al hogar, es un embalaje más bien de distribución industrial.

BOTELLERO GRUPO SANTA MARÍA

Por otra parte encontramos el diseño de Grupo Santamaría. También lo podemos encontrar para diferentes capacidades. En este modelo es necesaria la utilización de una caja de cartón para que se produzca una protección óptima del contenido, ya que el diseño del ensamblaje en este caso no lo busca. Es un producto funcional, pero tampoco posee un diseño peculiar que le haga sobresalir del resto.



Img. 50: Botellero Grupo Santa María

-Ventajas:

- Protección perfecta de la botella

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

- Al ser prismático, permite aprovechar el máximo espacio posible a la hora de almacenarlo.
- Diferentes capacidades

-Desventajas:

- Es apilable en forma de caja, pero no a la hora de almacenar únicamente el embalaje
- Diseño obsoleto
- No está pensado para poder transportarlo del comercio al hogar, es un embalaje más bien de distribución industrial.
- Necesita a mayores una caja de cartón

BOTELLERO TURQUEPLAST

Es un botellero que tampoco destaca en el diseño, pero su utilidad la realiza correctamente. Por ello, a la hora de la realización, como este proyecto se está realizando en conjunto con esta empresa, podemos tomar apuntes sobre sus principales características para aplicar al nuevo botellero a diseñar.

Este botellero se compone de dos partes, una base y una tapa. La base posee mayor dimensión ya que alberga la mayor parte de la botella.



Img. 51: Botellero Turqueplast EPS

-Ventajas:

- Protección perfecta de la botella
- Permite aprovechar el máximo espacio posible a la hora de almacenarlo.
- Diferentes capacidades

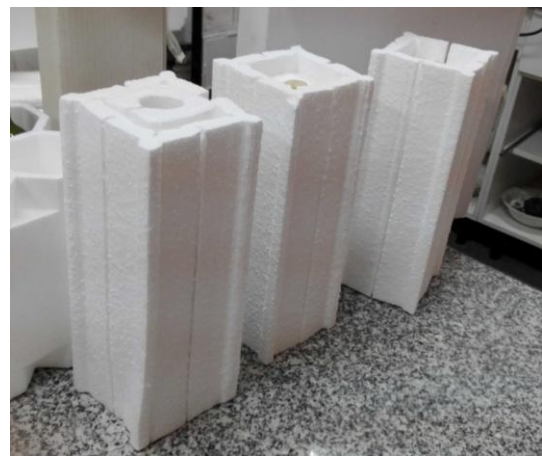
-Desventajas:

- Es apilable en forma de caja, pero no a la hora de almacenar únicamente el embalaje
- Diseño obsoleto

- No está pensado para poder transportarlo del comercio al hogar, es un embalaje más bien de distribución industrial.

BOTELLERO TURQUEPLAST CON CAJA DE CARTÓN

Está compuesto por una caja de cartón dentro de la cuál encontramos una base y una tapa de poliestireno expandido, así como el cuerpo que rodea a la botella. El cuello de la botella también está recubierto por un cuerpo prismático del mismo material. El cuerpo está realizado mediante un mecanizado, y contiene una abertura vertical que permite abarcar la forma de una gran variedad de botellas. Así mismo contiene una serie de hendiduras, que lo hacen mucho más flexible. Las capacidades disponibles son 1 y 3 botellas.



Img. 52 y 53: Botellero TURQUEPLAST con caja de cartón

Aporta una protección óptima con elementos muy simples. No se fija en un diseño especial, pero sí en uno técnico, que busca versatilidad para cada uno de sus componentes.

-Ventajas:

- Forma prismática que facilita el almacenaje y transporte.
- Diferentes capacidades.
- Al ser realizado mediante un mecanizado, no es necesario emplear un molde.
- Protección óptima.

-Desventajas:

- Uso de diferentes tipos de materiales.
- Uso de un gran número de piezas para proteger cada botella.
- Diseño anticuado

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

OTROS BOTELLEROS

Podemos encontrar un gran número de productos semejantes al botellero de TURQUEPLAST, cuyo diseño tampoco hace sobresalir al producto. Emplean perfiles rectos o curvos, y esta es la mayor innovación que aportan. La mayoría pueden emplearse tanto en vertical como en horizontal.



Img. 54 - 57: Diferentes diseños de botelleros de EPS

Los más simples se realizan mediante un mecanizado de bloques del EPS. Los acabados son mucho más bastos que los realizados mediante inyección, ya que en este último caso, las perlas se ajustan al molde mediante vapor de agua.

Estos botelleros poseen diámetros invariables, es decir, tienden a abarcar los diámetros de las botellas más anchas, por lo que el resto tendrá un juego.

La conclusión que podemos obtener de este estudio es que, el EPS es un material excepcional para esta aplicación, ya que disipa las tensiones provenientes de golpes o vibraciones. Por otra parte, como la mayoría de los botelleros están realizados por inyección, se pueden añadir al molde piezas postizas que modifiquen la capacidad del producto. No podemos dejar de lado el que el EPS es un material muy económico.

Sin embargo, el diseño de la mayoría de los botelleros es antiguo y recio. Estos botelleros tampoco piensan en la posterior exposición de los mismos con las botellas.

C) Botelleros de MADERA

La madera aporta un carácter tradicional y cálido. Generalmente son los que podemos encontrar en bodegas y en viviendas. Es un material que guarda mucha relación con el mundo vinícola. Existen muchos diseños, y a diferencia que los de EPS, la madera presenta mayor coste y mayor dificultad de tratar; la madera también posee más resistencia, por lo que se podrán hacer diseños imposibles para el material de EPS.

Este material no amortigua los golpes, por lo que para el transporte industrial no es el adecuado, debido a que si sufre algún tipo de golpe, lo más posible es que la botella rompa. Por ello este tipo de productos está únicamente destinado para transporte del punto de venta al hogar.

Los podemos encontrar tanto de pared, como apoyados sobre el suelo incluso para transportar.

BOTELLEROS DE PARED

No piensan en el transporte, solo en la exposición. Los costes son elevados debido a los diferentes diseños, materiales, dificultad de realización, etc.

Este tipo de botelleros no es de los principales del que tomemos ideas, puesto que únicamente está pensado para la exposición del producto y decoración.



Img. 58. Botellero Adlite Creations. Otro botellero artesanal que incorpora algunas piezas esquineras en metal para pulir el diseño. Es un diseño basto que recuerda a los vinos más tradicionales.

La forma de colocar las botellas es curiosa, permite colocar diferentes tipos de botellas. No puede existir demasiado juego ya que las botellas podrían caerse. Incluso más que para almacenar, se podría emplear para decorar una pared.

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

BOTELLEROS CON ASA

Estos botelleros se enfocan más al transporte (del comercio al hogar) y/o exposición. Son packagings sostenibles, realizados con materiales tradicionales. Estos envases no solo promueven el ecodiseño, sino también el almacenamiento de vino. Este tipo de embalajes no se podría emplear para transportar en grandes cantidades, ya que existiría un alto riesgo de rotura.



Img. 59. Botellero Athanasios Babalis

El tener diseños tan pulidos y excepcionales, da un punto a favor para que el cliente se decante por un vino u otro. Debido a sus elevados precios, estos están más pensados para vinos de alta gama.



Img. 60 y 61. Botellero Athanasios Babalis

Este diseño de *Athanasios Babalis* para *Domaine Gerovasilliou* lo podemos encontrar para capacidades de 1, 2 o 3 botellas. La caja posee un asa que está integrada en el diseño totalmente, por lo que no es necesario otro tipo de packaging para su transporte. Está realizado en madera curvada de roble, haciendo una referencia así a los barriles de robles empleados para el vino que contiene. El logo de la empresa está grabado y podemos encontrar una etiqueta colgada del asa explicando el concepto del diseño y los múltiples usos que se le pueden dar. Los botelleros pueden ser apilados.

Por último se presentan los botelleros caja, que añaden un asa de cuerda para facilitar el transporte.



Img. 62: Cajas tradicionales de madera

Estos botelleros poseen diseños muy diferentes y vistosos, pero el principal inconveniente se encuentra en el material, ya que no protege convenientemente al producto. Además, al estar realizados en madera, el coste aumenta.

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

BOTELLEROS TRADICIONALES

Está claro que este material presenta una infinidad de posibilidades y formas, que van a recordar que el vino es un producto natural y de la tierra.



Img. 63: Botellero Hutten de IKEA. Por un reducido precio de 9,99€, podemos hacernos con un botellero de madera con una capacidad de 9 botellas. Está realizado en madera maciza y permite en apilamiento de hasta 3 unidades.

Se puede decir que ninguno de ellos no piensa ni en el transporte ni en la protección de la botella; únicamente se emplean para la exposición de botellas tanto en un ámbito más casero, como uno más comercial.



Img. 64. Botellero tradicional



Img. 65. Botellero Otto

Por último, podemos encontrar botelleros con diseños originales. En la imagen superior encontramos al botellero Otto, diseño de Ramírez i Carrillo, producido por Delica. Este botellero hace ver al vino de la manera más tradicional. Las formas orgánicas y no perfectas recuerdan a la forma de a la forma de la vid. Nos transporta a la naturaleza con un simple vistazo.

Todos estos productos realizan a la perfección el hecho de almacenar las botellas, pero bien es cierto que no adquieren alguna función más, cómo de transporte.

D) Botelleros de CARTÓN

Como se explicó en otros capítulos, el cartón es uno de los materiales más empleados para embalaje. Sus características permiten usarlo en una infinidad de aplicaciones. Su principal desventaja es que no soporta aceites ni agua.



Img. 66. Superstudio para Crusoe Treasure. Está realizado en un panel de cartón de corrugado de varias capas. Añade unas cintas alrededor para mayor sujeción de la botella. Posee un diseño impecable, y por un precio muy asequible, ya que los materiales empleados son de bajo coste. Además, al poseer tantas capas de cartón corrugado, amortigua los golpes.

Otras propuestas realizadas con esta misma técnica son las de CartónCartón, ecodiseño en estado puro. Está formado por un perfil mecanizado de cartón corrugado de varias capas, al igual que el diseño anterior. En este caso, la capacidad es mayor.



Img. 67. Botellero CartónCartón

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

Con este material podemos encontrar embalajes pensados para el transporte de la botella. Incorporara asas, a diferencia del resto. La idea se asemeja a la tradicional caja de madera con asa, pero en estos casos los diseños son más pulidos, más fáciles de fabricar, de personalizar, de reciclar y de coste mucho más reducido.



Img. 68-70. Varios embalajes para botellas

Bien es cierto que el cartón empleado para el botellero es reciclado y reciclable; emplea colas para el pegado de las capas. Con materiales tan básicos crean un embalaje que da a la botella un plus. Es un material con posibilidades. Si posee varias capas sí que protegerá a las botellas de golpes, pero, si es de bajo grosor, hay riesgo de rotura. Hay cierta limitación al crear formas complejas mediante doblado.

E) Botelleros de TELA

Estos botelleros se emplean para el transporte de botellas. Son reutilizables pero la tela puede ensuciarse. El material no protege de grandes golpes. Funciona bien para pequeñas unidades, pero cuando nos vamos a cantidades industriales, no tiene la funcionalidad buscada.



Img. 71. Botellero ROADBAG

Img. 72. Botellero MULTICARGO

La tela un material que no amortigua golpes, por lo que existe un alto riesgo de rotura si no se manobra con precaución. La tela es un material resistente por lo que no habrá peligro por rasgado del material.

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

F) Botelleros de otros materiales



El botellero de la izquierda está formado por módulos que se van apilando, formando así las cavidades para las botellas.

Está realizado en plástico macizo, y los hay de diferentes colores.

Img. 73: Botellero plástico macizo

En este caso, encontramos un botellero en espuma de poliuretano, perfecto para proteger a las botellas; tiene una base en aluminio. Se fabrica en 5 colores.

Además, el diseño que posee, hace que pueda ajustarse casi al diámetro y forma de cualquier forma de botella. Pese a su bajo coste, este es un ejemplo curioso de diseño, ya que añade características innovadoras.



Img. 74. Botellero espuma plástica

Los nuevos materiales se están adentrando en el mundo vinícola. Es cierto que con estos diseños se respiran aires modernos, por lo que las empresas más tradicionales podrían ser reacias a incluir algún producto de este tipo.

En el segundo caso, los diferentes módulos realizados con inyección encajan a la perfección para evitar caídas. Además, si se unen varios lateralmente, estos espacios laterales que vemos se convierten en nuevas cavidades.

CONCLUSIONES ESTUDIO DE MERCADO BOTELLEROS

Existen una gran cantidad de materiales empleados para crear los diferentes botelleros: madera, tela, cartón, EPS, otros materiales plásticos, pero todos ellos presentan características que los diferencian del resto.

En nuestro caso, necesitamos un producto que amortigüe los golpes y vibraciones; así deseamos la tela y el cartón de capas finas. En la madera, para amortiguar podríamos tomar virutas de este mismo material, pero el coste aumentaría, por lo que este material tampoco será una buena opción.

El principal inconveniente del cartón es que no soporta líquidos, y en un caso de rotura, el producto se derramaría. Hay en algunas compañías de transporte, que exigen un alto nivel de empaque a la hora de transportar botellas, ya que una rotura de las mismas podría arruinar el resto de la mercancía. Esto es una clara limitación de que el cartón de varias capas tampoco es un material idóneo para el transporte de botellas.

Por último tendríamos el EPS y otros materiales plásticos. Durante el transporte, es muy importante que el material presente amortiguación, por lo que en el caso de plásticos rígidos no es posible a no ser que se introduzca algún tipo de viruta (aumentaría coste y dificultad). La espuma de poliuretano es un material amortiguante, de precio asequible y con posibilidad de fácil conformación. Es un material hidrófugo dependiendo de su densidad, lo que significa que si posee densidades altas tendrá más probabilidad de que el agua no penetre. A mayor densidad, mayor cantidad de materia prima, lo que hará que se eleven los costes.

Finalmente, por descarte obtenemos el EPS, que será un material eficiente para el transporte ya que disipa la energía proveniente de los golpes y vibraciones, posee alta resistencia a la compresión, es hidrófugo, aislante térmico, reciclable, inerte, de bajo coste, fácilmente moldeable y liviano.

ESTUDIO DE BOTELLAS

Existe gran tipo de botellas para consumo, con diferentes bebidas. Es necesario hacer una búsqueda de las diferentes formas y tamaños, para obtener unas dimensiones aproximadas de las cavidades de nuestro botellero. Nos centraremos en las botellas de vidrio, ya que son las que se envían a modo de muestra y pueden sufrir roturas.

A) Tipos de botellas

-Botella bordelesa: Es la más común de todas, tiene forma cilíndrica, con hombros elevados y cuello alargado para que se apoyen en ellos los posos de vino y así no caigan a la copa. Está realizada en vidrio de color verde y permite almacenar los vinos en posición horizontal.

-Botella borgoña: Es el formato más antiguo que existen y son típicas de la zona francesa. Es ancha en la base y se va estrechando hacia el cuello, de manera que tiene menos hombros y en pendiente, lo que le aporta un formato más estilizado. Se emplea tradicionalmente en color verde para los vinos tintos de crianza.

-Botella renana o alsaciana: es originaria del río Rin (Alemania). Es el formato más empleado para vinos blancos jóvenes en color verde y transparente para los vinos rosados, aunque se comercializa en otros colores. Su forma es esbelta gracias a su altura y prácticamente no tiene hombros.

-Botella de cava o champán: Muy similar a la borgoña, está fabricada en vidrio verde y diseñada para vinos espumosos. Tiene hombros bajos y las paredes más gruesas para poder soportar las elevadas presiones de los vinos carbónicos.

-Botella Jerezana: Tiene un formato similar a la bordelesa pero más estrecha de base, sin embargo es una botella típicamente española, totalmente opaca, y fabricada con vidrio de color negro. Presenta un abombamiento en el cuello y un gollete en dos fases. Se emplea en los vinos finos y de Jerez y en las manzanillas.

-Otras botellas: Existen marcas que han decidido diseñar su propia botella para comercializar sus productos. Nos debemos fijar sobre todo en aquellas cuyas dimensiones superen a los tipos anteriores.



Img. 74. Diferentes tipos de botellas de vidrio

No se ha estudiado botellas en vidrio de otras sustancias debido a que todas rondan los tamaños de las mostradas anteriormente.

B) Capacidad

- Benjamín: 18 cl.
- Tres octavos: 37 cl.
- Tres cuartos: 75 cl. (la más común)
- Magnum: 1,5 litros.
- Jeroboam: 3 litros.
- Imperial: 4 litros.
- Rehoboam: 4,8 litros.
- Mathusalem: 6,4 litros.
- Salmanasar: 9,6 litros.
- Baltasar: 12,8 litros.
- Nabucodonosor: 16 litros.
- Salomón: 18 litros.

La que más se comercializa es la botellas tres cuartos, para una capacidad de 75 cl. Es la más empleada en la venta y en el envío de muestras.

C) Dimensiones

A continuación se ha hecho un estudio de dimensiones de las botellas principalmente comercializadas. Es muy difícil obtener dimensiones de todas las botellas que existen en el mercado, pero por suerte, la mayoría posee dimensiones semejantes. *Fig. 17. Tabla de dimensiones de diferentes botellas:*

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

Tipo	Nombre	Capacidad (L)	Altura (cm)	Diámetro máximo (cm)	Peso (kg)
Bordalesa	Urbe Augusta Cavagri	0,75	31,4	7,2	1,2
Bordalesa	Viña Marian Rueda	0,75	31	7,4	1,2
Bordalesa	Freixas Rias Baixas	0,75	29,7	7,4	1,1
Bordalesa	Puerta de Alcalá Jeromín	0,75	29,4	7,6	1,3
Bordalesa	Palacio de León Armunia	0,75	29,5	7,4	1,1
Bordalesa	Vilosell Tomás Cusiné	0,75	31,4	7,4	1,2
Bordalesa	Hachón Ribera de Duero	0,75	30	7,5	1,2
Bordalesa	Cermeño Covituro	0,75	30	7,5	1,2
Bordalesa	Herederos del Marqués de Riscal Victoria	0,75	29,5	7,6	1,2
Cava	Grand Cremant Castellblanc	0,75	31,7	8,7	1,6
Cava	Cabré & Sabaté	0,75	31,7	8,8	1,5
Cava	Canals & Nubiola Sant Sarduní d'Anoia	0,75	31,4	8,8	1,5
Cava	Sidra La Asturiana	0,7	31	7,9	1,4
Renana	Torre de Menagem Quintas de Melgaço	0,75	34,4	7,5	1,2
Otra	Vermouth Pratti	1	31,5	8,1	1,3
Otra	Vermouth Yzaguirre	1	32,6	8,4	1,4
Jerezana	Tutherford's Madeira	0,75	28,3	8	1,2
Jerezana	Sidra Crespo	0,7	28,2	8	1,2

Las botellas más altas son las renanas. Las botellas bordalesas tienen una altura que no llega a 32 cm. Los diámetros también son semejantes y rondan los 7-8cm.

Las botellas de cava tienen alturas semejantes a las bordalesas, pero en ellas observamos los diámetros más altos (8-9cm).

Las jerezanas son más bajas que las bordalesas y un poco más anchas. Finalmente, el resto de las botellas tienen alturas semejantes a las bordalesas y diámetros que no alcanzan a las de cava.

Por lo tanto, deberemos tener especial cuidado en las alturas de las botellas renanas, y los diámetros de las botellas de cava, puesto que ofrecen los valores mayores.

CONCLUSIONES ESTUDIO DE MERCADO BOTELLAS

Según las muestras tomadas, la botella que más diámetro máximo posee es una botella de cava (8,8 cm), y la que más altura es una renana (34,4 cm). La altura de las botellas generalmente se sitúa entre 28 y 31 cm; que en el embalaje se produzca un aumento de altura para permitir el transporte de botellas más altas, pone el peligro la amortiguación del resto, además de aumentar la cantidad de materia prima inyectada. La botella de 34,4 cm es un caso extraño, ya que apenas se comercializan de tanta altura. No podemos sacrificar la seguridad de las botellas de dimensiones más comerciales por aquellas que apenas se encuentran en el mercado. Como consiguiente, la altura interna del empaque será de 32,7 cm. Es más usual encontrar botellas más anchas que altas en el mercado; por lo tanto, el diámetro interior del botellero será de 9 cm. Supondremos estos valores como teóricos para las dimensiones internas de nuestro diseño, teniendo en cuenta además las tolerancias que pueden darse durante el proceso de fabricación.

Respecto al peso, depende principalmente del grosor de la botella, la forma y de la densidad empleada: podemos observar que botellas con la misma capacidad van desde 1,1 kg de peso hasta 1,6 kg. El peso influirá en la superficie necesaria del material amortiguador. El área que dará para este peso es más que conseguible para nuestro empaque, por lo tanto, el valor que se tomará como referencia será de 1,6 kg.

3.1.3. EXIGENCIAS Y LIMITACIONES EXISTENTES

Los requerimientos necesarios para que el botellero tenga éxito son muy importantes a la hora de realizar su diseño y desarrollo. Se deben tener en cuenta desde el principio de la etapa de diseño. En muchos casos si un diseño no cumple las exigencias establecidas deberá ser desechado.

Es imprescindible que el embalaje final presente un diseño que se aleje de los convencionales. El diseño va a ser la condición que diferencie a nuestro botellero a primera vista. El abarcar un gran conjunto de estilos y pensamientos es importante. Es decir, este botellero busca adecuarse tanto a empresas pequeñas, como grandes empresas, como a juveniles y más conservadoras. Un empaque con un diseño cuidado y acertado, aporta la diferenciación que buscan las empresas para que su producto cree una buena sensación al ser entregado.

Por otro lado, las botellas deben estar situadas en una cavidad del material del empaque para garantizar que no puedan recibir golpes entre ellas. La protección ha de ser óptima, es la principal función de un embalaje. Como en el mercado existe una gran cantidad de tipos de botellas, de diferentes tamaños y formas, el botellero buscará ajustarse a una de un diámetro mayor, lo que garantice una gran versatilidad para las empresas a la hora de encargar este producto. Sin embargo, siempre va a ser una buena opción el que exista una distancia entre la superficie de la botella y el embalaje, lo que ayudará a que se produzca un mejor amortiguamiento.

Además, que entre los artículos no exista contacto directo es un requerimiento considerable. El que se produzca un impacto y el consiguiente choque entre botellas, aumentará el riesgo de rotura notablemente. El situar las botellas sin protección entre ellas es algo que va augurar una fractura muy posible. Por ello, cada botella deberá ir situada en una celda diferente.

Un precio asequible es una condición primordial. Los posibles futuros compradores buscan productos baratos en el mercado del embalaje. Por muy buen diseño que posea un embalaje, si el precio es muy superior a los existentes en el mercado, los clientes no lo comprarán. El precio está directamente relacionado con el volumen de material prima empleada y con su densidad. El sobredimensionamiento no crea mejores resultados durante los impactos. No necesariamente la densidad mayor va aportar una mejor protección; únicamente influirá en el tamaño de la superficie de amortiguamiento. Una mayor densidad aumenta el costo del botellero, por lo que se buscará la densidad mínima que preste la superficie necesaria.

Que el empaque no signifique la necesidad de uso a mayores de algún otro tipo de elemento para la completa protección, y que el embalaje pueda hacer toda la función producirá un ahorro de costos.

Otro requerimiento que se ha de cumplir, en este caso técnico, es que el producto sea desmoldeable, es decir, que pueda ser desalojado de la cavidad del molde mediante la unidad de expulsión de las máquinas inyectoras. Para que esto se produzca fácilmente, y con el mínimo desgaste del molde, se deben establecer unos ángulos de desmoldeo en la dirección de apertura del sistema.

El producto ha de mantenerse a una temperatura normal, en torno a los 15 °C. Es una temperatura aproximada, ya que, dependiendo del tipo de líquido, se aconseja ser servido a unas temperaturas u otras. Los viajes y condiciones a los que serán sometidas las botellas dependerán del destino. A su vez, el tiempo de transporte dependerá del rumbo. Además no va a ser posible la adicción de elementos como el hielo para conservar la temperatura. Que el embalaje mantenga una temperatura aproximada unas 24 horas es requisito más que suficiente aplicable al embalaje.

Es importante que el objeto permita variaciones de módulos y que presente un esquema estándar que pueda ajustarse al mayor rango de artículos posibles. Esto conllevará a un ahorro de costes, ya que no es necesario crear un molde para cada elemento.

Por otro lado, que el artículo llegue en condiciones higiénicas al cliente es una necesidad, y más si se entrega en forma de promoción para dar a conocer el producto. Con que el material del botellero hermetice la cavidad en la que se encuentra la botella es más que suficiente para conseguir que el producto llegue limpio al receptor.

Por otra parte, la humedad puede variar la calidad del producto, además de producir desperfectos en la superficie de la botella. El producto no puede estar sometido directamente a humedad. Por consiguiente, el material debe aislar de la humedad y no permitir el paso de agua al interior de la cavidad, para así asegurar la calidad óptima del producto. En consecuencia, buscamos un material hidrófugo, aquel que evita las filtraciones de humedad.

Además es necesario que tras recibir un impacto, el material recupere en gran medida sus dimensiones, y que no pierda su capacidad amortiguadora. Esto se traduce en una alta resiliencia del material y en una gran capacidad amortiguadora. Los materiales celulares, compuestos principalmente por aire, son muy empleados para embalajes ya que poseen una gran amortiguación y posterior recuperación de la forma inicial.

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

3.1.4. PLIEGO DE CONDICIONES DE DISEÑO

El pliego de condiciones debe recoger y resumir los parámetros del diseño fijados para el producto. El diseño responde a un plan previo de una serie de etapas que definen a donde queremos llegar y que componen la información contenida en el pliego de diseño.

Partiendo de unas características que buscamos obtener, observamos las limitaciones que genera el material y el proceso de fabricación. Las pruebas establecidas para verificar el diseño se deben recoger en este documento, cuya finalidad es regular y garantizar los requisitos establecidos anteriormente en este proyecto.

Tiene un papel muy importante dentro del proyecto. Mediante los cálculos realizados que garantizan que el producto final tenga un fundamento físico y estructura, el dimensionado del producto por medio de los planos, la explicación de decisiones que se han llevado al resultado final, incluyendo lo referente a materiales, se compone la información del pliego.

MATERIAL

A la hora de realizar nuestro diseño vamos a tener varios materiales que nos van a dar la protección que necesitan los artículos transportados. Los más empleados son los que se han nombrado en el apartado anterior, pero sin embargo, las características de cada uno de ellos son totalmente diferentes. El cuadro siguiente compara las propiedades de los diferentes materiales plásticos espumados (*Fig. 18. Tabla comparativa de plásticos espumados, Informe sobre Materiales Amortiguantes, INTI*).

	EPS	EPE	PS/PE	EPP
Densidad	0.20-0.012	0.06-0.03	0.03-0.025	0.06-0.02
Estructura espuma	Independiente	Independiente	Independiente	Independiente
Características Generales	Resistencia compresión	⊙	△	○
	Fragilidad	✘	⊙	△
	Estabilidad elástica	△	⊙	△
	Inflamabilidad	△	⊙	△
	Traccionabilidad	△	○	○
	Resistencia química	△	⊙	○
	Resistencia temperatura	△	△	△
	Precisión de medidas	⊙	△	△
Impacto Dinámico	Primera caída	⊙	○	○
	Caidas repetidas	✘	⊙	△

⊙ Muy bueno ○ Bueno △ Regular ✘ Malo

Aunque vemos que el resto de materiales da una mejor protección a que la que puede dar el EPS, el uso de éste es el habitual debido al coste elevado que tienen los otros materiales, usando estos últimos para transportes de carga de alto valor o situaciones especiales.

Antaño, el principal problema del uso del poliestireno era su reciclaje. Gracias a la investigación en el reciclado y la gestión de residuos y al bajo coste en relación con otros productos, el EPS sigue siendo el material más utilizado en el sector de la protección de artículos.

Por lo tanto, todo el botellero estará realizado en plástico celular rígido, poliestireno expandido, por la resistencia a los impactos y durabilidad que ofrece durante su ciclo de vida. Se ha escogido este material porque, tras un estudio de materiales es el que más se ajustaba a nuestros requerimientos; el EPS posee muy buenas características a un precio muy económico.

La mejor conjunción entre precio y características mecánicas se encontró en la espuma celular con una densidad de 20 kg/m³

PROTECCIÓN

El principal aspecto a tener en cuenta para el embalaje de botellas son los riesgos mecánicos. La mayoría de los daños a los productos surgen durante la manipulación de la mercancía durante las operaciones de carga y descarga, en las que el producto se puede caer o ser golpeado. Además durante el trayecto, las cargas pueden verse afectadas por las vibraciones características de la operación. Por ello, es un importante contar con un embalaje que proteja al producto tanto de impactos como de golpes térmicos o suciedad.

Para el diseño de un embalaje, es tan grave un dimensionamiento por debajo de lo correcto, como un sobredimensionamiento. Un amortiguamiento excesivo puede transmitir una deceleración excesiva al artículo. Del mismo modo, si el amortiguamiento no es suficiente, la plancha puede comprimirse excesivamente durante el impacto.

A partir de los cálculos realizados en el punto 3.3.2., obtuvimos el espesor ideal para proteger el producto, 15 mm. Además, a partir de esta dimensión podíamos hacer una estimación del aislamiento térmico al que estaría sometido y obtuvimos un resultado aceptable. Este espesor se ha calculado en función de la caída desde alturas de 0,5 metros.

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

FORMA Y ESTÉTICA

La estética del embalaje ha de ser diferente a lo existente. Debe alejarse de las formas simples y aportar mayor funcionalidad.

Además, el producto ha de ser modulable y estándar, lo que asegurará una facilidad en la versatilidad del embalaje cuando se quiera invertir en postizos para disminuir la capacidad del mismo.

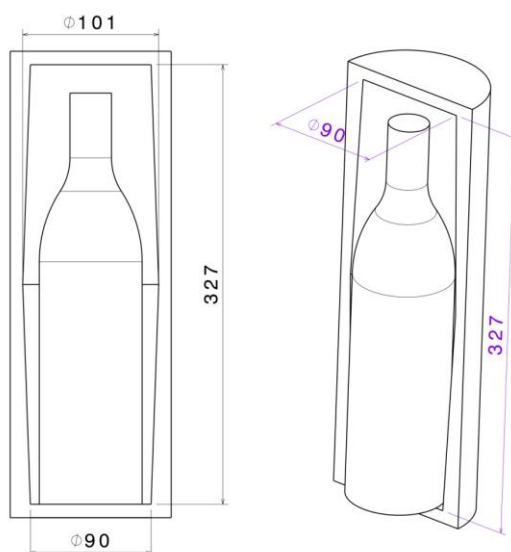
La capacidad con la que el molde será fabricado será la mayor, es decir, para 12 botellas. De este modo, si se quieren realizar embalajes de menor capacidad, con instalar un postizo es suficiente para tapar zonas de la cavidad del molde donde no se inyectará la materia.

El molde se desarrollará si se cree necesario para alturas mayores a las definidas del embalaje, para luego, mediante el uso de postizos disminuir su altura.

TAMAÑO

Establecer las dimensiones interiores del embalaje en función de las botellas del mercado es un punto fundamental, que indicará si una botella es o no apta para ser transportada en nuestro embalaje.

Se realizó un estudio de mercado sobre las botellas existentes en los comercios. Gracias a esto, obtuvimos las dimensiones típicas de las mismas, y tras un debate, se concluyó que, las dimensiones interiores deberían ser de 32,7 cm de altura, y 9 cm de diámetro mínimo. Se ha de tener en cuenta el ángulo de desmoldeo, por lo que el diámetro mínimo será de 90 mm, y en la parte media del embalaje el diámetro será de 101 mm, como indica el esquema inferior.



Img. 75. Dimensiones interiores del embalaje

AISLAMIENTO

Si es preciso proteger a los productos embalados frente a altas temperaturas durante el transporte y el almacenamiento, o si han de entregarse al consumidor fríos o calientes, habrá que utilizar embalajes termoaislantes; es una aplicación típica de los plásticos celulares. Gracias a su estructura de celdillas cerradas con microscópicas burbujas de aire, este material ofrece unas excelentes propiedades termoaislantes.

El espesor del embalaje afecta directamente al aislamiento térmico del mismo. Los valores varían en función de si la botella está en contacto con el embalaje o no. Siempre será más beneficioso para el aislamiento que entre ambos exista el menor contacto posible.

Para que el aislamiento sea óptimo, la botella ha de estar aislada completamente del exterior, es decir, no se permiten ranuras que permitan el contacto del interior del empaque con el medio. Esto originará mayores duraciones en aislamientos de temperatura, mayor protección física, y el aislamiento de la humedad y de la suciedad. Con un espesor de pared de 15 mm se cumplen las exigencias de aislamiento térmico del producto. (3.3.2. *Cálculos de espesor de aislamiento*)

APILAMIENTO

Para que se produzca un apilamiento favorable, es necesario que la tensión máxima que se produzca en el embalaje no supere el límite elástico del material. Si se eso sucede, se producirá una plastificación del mismo, y una seguida rotura del material. La siguiente tabla (*Fig. 19*) muestra los límites de resistencia a compresión en función de las densidades establecidos por el proveedor de la materia prima. Se observa que en ningún momento se supera el límite establecido de resistencia a compresión admisible.

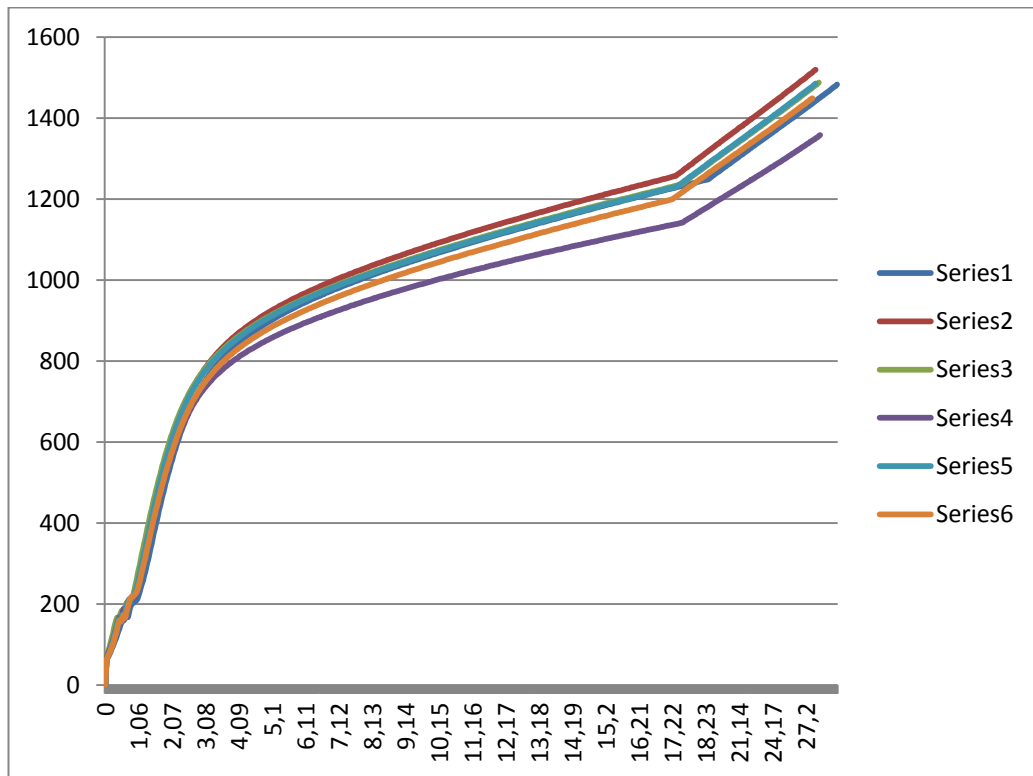
Resistencias a compresión admisibles					
Propiedades	Valores característicos de algunos plásticos celulares				
	EPS 20	EPS 25	EPS 30	EPS 35	EPS 45
Resistencia a la compresión admisible σ_d en N/mm ²	0,039	0,055	0,071	0,087	0,119

Otra cuestión a tener en cuenta es el desplazamiento al que se verá sometido el embalaje tras la aplicación de cierta carga. Las gráficas que muestran los desplazamientos en función de la carga aplicada se encuentran en el ANEXO I.

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

En la realidad, el material de 20 kg/m³ no es provisto por la generadora de materia prima, la que sí es comercializada es el material con una densidad 18.25 kg/m³. A partir de las gráficas del ANEXO V, obtenemos unos desplazamientos totalmente aceptables durante los apilamientos de los productos.

Fig. 20. Gráfica carga y desplazamiento para espuma celular de densidad 18.25 kg/m³ sin reciclado.

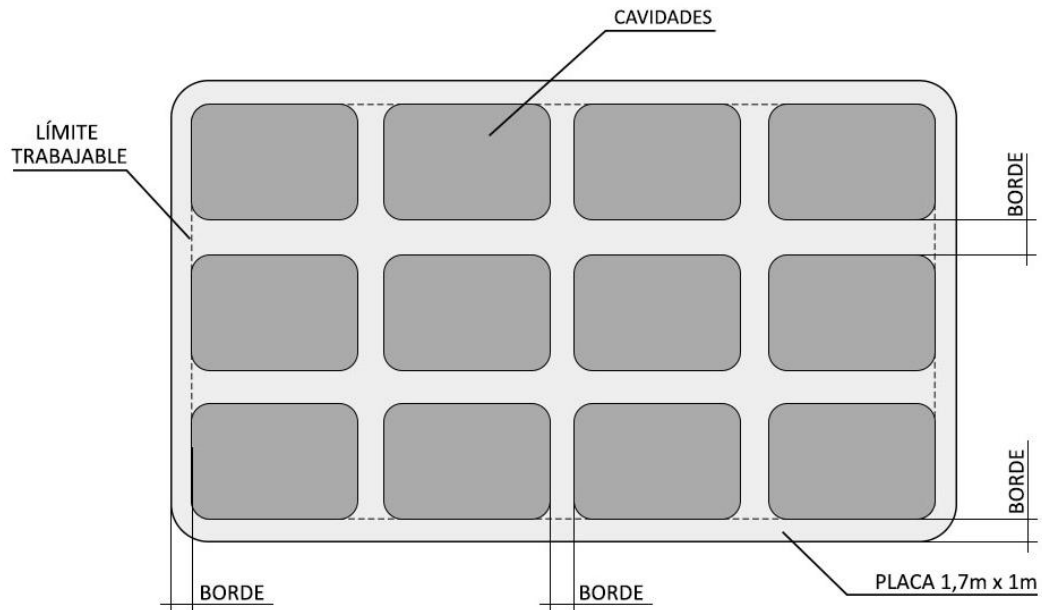


Desplazamiento, mm.

FABRICACIÓN

-Cada pieza inyectada no debe superar los 30 cm de altura en la dirección de desmoldeo. Partiendo de la maquinaria existente en la fábrica, encontramos 10 inyectoras, de las cuales una permite una distancia máxima de 30 cm de longitud en la dirección del desmoldeo. Esto implica que, los botelleros que superen los 30 cm de altura no podrán ser fabricados en la empresa. Esto es una clara limitación, pero sin embargo tiene arreglo, ya que, el producto final puede ser fabricado en dos partes. Por ejemplo, tenemos un botellero de 30 cm que no puede ser fabricado de una vez, pero sin embargo, si a ese botellero le añadimos una parte inferior y una tapa superior, la longitud de ambas piezas ensambladas podrá superar los 30 cm límites.

-Las dimensiones del embalaje se han de ajustar de la forma más correcta a las placas que componen el molde. En nuestro caso, el molde parte de unas placas de aluminio de 1,7 metros de longitud por 1m de altura. Hay que considerar que se debe dejar una distancia entre cavidades y entre el límite de la placa y el límite de las cavidades (como indica el esquema inferior), para asegurar el correcto desmoldeo, facilidad de trabajo, una prolongada vida del molde, y la calidad adecuada en el producto final.



Img. 76. Esquema sobre cavidades del molde

-La geometría de la pieza debe poseer ángulos de desmoldeo en la misma dirección en cada una de sus caras. Sin la existencia de estos ángulos, la expulsión de la pieza no sería correcta; esto no significará únicamente unas piezas inyectadas defectuosas, sino que también existiría un desgaste mucho mayor en el molde.

Con ángulos de trabajo con los que cada moldista trabaja son diferentes, en función de sus necesidades; como norma general, se recomienda dejar ángulos mayores a 2°.

PESO

Es importante conocer la cantidad de embalajes llenos que pueden ser levantados por una persona.

La Guía Técnica de manipulación manual de cargas del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo establece que, a modo de indicación general, el peso máximo que se recomienda no sobrepasar (en condiciones ideales de manipulación) es de 25 kg. No obstante, si la población expuesta

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

son mujeres, trabajadores jóvenes o mayores, o si se quiere proteger a la mayoría de la población, no se deberían manejar cargas superiores a 15 kg. Estos valores son establecidos como valores máximos de peso suponiendo que se realizan en condiciones ideales de manipulación, que se entienden como las que incluyen una postura ideal para el manejo (carga cerca del cuerpo, espalda derecha, sin giros ni inclinaciones), una sujeción firme del objeto con una posición neutral de la muñeca, levantamientos suaves y espaciados y condiciones ambientales favorables. Esto quiere decir que, en el caso de que una tarea de manipulación manual de cargas no se realice en condiciones ideales, es posible que el peso máximo recomendado sea inferior (o incluso muy inferior) a 25 kg (o 15 kg en las situaciones anteriormente mencionadas).

Por lo tanto, partiendo de que las botellas contenidas son de 1,6 kg, y suponiendo que trabajamos en las condiciones más favorables del medio, es decir, con la carga mayor y más crítica, 25 kg, deberemos obtener la cantidad de embalajes que podrá cargar un operario.

COSTO

Un precio asequible del embalaje es una condición fundamental para el éxito del producto. No podemos olvidar que este embalaje está destinado para el envío de muestras a modo de presentación, por lo que un precio ligeramente superior a los existentes en el mercado está permitido. Un artículo de alto precio puede ir acompañado sin problema de este embalaje, pero en un producto barato, si es para darse a conocer, el empresario invertirá en un embalaje, porque se ha de cuidar todo detalle frente al cliente. El añadir una estética diferente ha influido en la cantidad de materia prima empleada, pero es un riesgo aceptable debido a la diferenciación respecto a otros embalajes.

RECICLABILIDAD

Llegado el fin del ciclo de vida del embalaje, es necesario que se produzca el reciclado del mismo en un contenedor de plásticos o en una planta con esta finalidad.

El poliestireno expandido es un material que se puede reciclar al 100%. Como se explicó anteriormente, existe una gran cantidad de posibilidades para ello.

En el caso de empaque defectuoso, será triturado para volver a ser introducido de nuevo, junto a materia prima, al proceso de fabricación del packaging o de otro producto. La resistencia será similar al producto sin en vez de introducir materia reciclada fuera realizado con material nueva. La diferencia se encontrará en el color del mismo, por lo que las empresas compradoras deberán de tener conocimiento de esto antes de la firma del

contrato. No existen limitaciones legales ya que el empaque no se encuentra en contacto directo con el producto a consumir.

MARCADO

El embalaje contiene una marca diferenciadora en relieve del tipo de plástico empleado para su fabricación, que facilita el reciclado del mismo.

El resto del marcado es opcional pero ayudará a la identificación de la botella. El botellero contendrá un código o dibujo que identificará el producto, al igual que la empresa que lo fabrica. Opcionalmente también llevará un icono de “frágil” y una indicación de la correcta posición del artículo, ya que si se encuentra cerrado, existe una posibilidad de equivocación.



Img. 77. Icono reciclaje EPS

PRUEBAS A SUPERAR

No existen normas adecuadas para aplicar sobre un embalaje de botellas para transporte, por lo que por se aplicarán las normas pertinentes para el estudio dentro del sector del embalaje.

-Ensayo de plano inclinado. Caída del producto por una rampa. Ensayo realizado según normal **UNE-EN ISO 2244**. El producto no debe sufrir daños.

-Ensayo de vibraciones. En este caso se produce una simulación de vibraciones semejantes a las ocurridas durante el transporte. Ensayo realizado mediante la norma **UNE-EN ISO 2247**. El producto no debe sufrir daños.

-**Drop test** (ensayo de caída libre). Debido a la no existencia de normativa aplicable directamente a este producto, existe la necesidad de hacer ensayos que realmente aseguren la resistencia del embalaje. Por ello se realizarán una serie de ensayos de caída libre. Son ensayos no normalizados, pero son muy comunes a nivel interno en empresas. Partiendo de la lógica, se diseñará un plan de ensayos; tras diferentes estudios de botelleros, se llegó a la conclusión de que la altura a la que deben ser sometidos los botelleros para comprobar su correcta funcionalidad es de 0,5 metros. Se repetirán varios ensayos dejando que el empaque golpee la superficie del suelo con las diferentes esquinas, aristas y caras. Es un ensayo muy completo que intenta predecir todos los posibles daños durante una caída.

3.2. EL PROCESO DE DISEÑO

3.2.1. PROCESO DE TRABAJO. MÉTODO DE LAS 5 ETAPAS

Cada producto es único. Necesita una protección que se ajuste a cada una de sus características. En muchos casos, no es económicamente viable el realizar un embalaje diferente para cada uno, por lo tanto, se ha de buscar un diseño que supla todas las características en la medida de lo posible.

La experiencia demuestra que cuando un diseño se ha llevado a cabo siguiendo una metodología que tiene en cuenta cada uno de los riesgos a los que puede estar sometido, los daños y las pérdidas se reducen significativamente. Los costos de llevar a cabo métodos como este, en el futuro se convierten en ganancias, ya que evita tener que modificar el diseño por no haber considerado todas las opciones. *El Método de las 5 Etapas* es una aproximación a la optimización del desarrollo del embalaje para un producto. Este método incluye estudios sobre los riesgos de la distribución, riesgos para el producto y riesgos para el embalaje.

A) DEFINICIÓN DEL ENTORNO

Independientemente del recorrido que sufren los productos hasta el cliente final, estos están sometidos a continuos posibles daños. Es necesario entender y cuantificar todo estos daños potenciales.

Es un paso esencial en el diseño de un embalaje el determinar la severidad del medio en el que sería transportado. La idea general es evaluar el método de distribución para determinar los peligros a los que está sometido y los niveles a los que está presente. Esto incluye muchas cosas como accidentes de caídas durante la manipulación, vibración en el transporte, choques durante el almacenamiento, temperaturas extremas, humedad y compresión.

Sería perfecto poder seguir a cada embalaje a través de la distribución y observar por lo que pasa. Sin embargo, generalmente debemos aceptar que esto no se puede realizar. Lo único que se puede hacer es usar aparatos para grabar estas acciones durante el transporte. Por ello, se introduce información estadística que puede describir un canal particular de distribución. Los eventos serán diferentes en cada viaje, pero en general se tendrá una idea de lo que ocurrirá y será la mejor manera de conseguir información.

El mayor problema en este punto es la dificultad de encontrar datos actualizados, o de encontrar datos que se asemejen a nuestra situación.

IMPACTOS

Los choques son el resultado de muchos tipos de sucesos, pero generalmente los más severos son los que ocurren durante las operaciones de manipulación. Esto incluye las acciones llevadas a cabo cuando el envase se cae en operaciones de carga y descarga de un vehículo o cuando son almacenados. Por lo tanto es importante identificar la altura de caída que sufrirá el packaging.

Por supuesto todos los embalajes no van a ser manipulados de la misma forma, incluso cuando son transportados por la misma compañía y en la misma ruta. Algunos embalajes nunca deberían caerse, mientras que otros caerán desde una altura mucho mayor a la estipulada. Unos caerán de pie, al contrario, por un lado, por una arista o una esquina. Todo esto dependerá de las condiciones de caída, lo que significa que es cierto que existe una variabilidad en la manera en la que los embalajes son manipulados.

La siguiente figura (Fig. 21) muestra la altura de caída posible en términos de probabilidad ocurrida durante una ruta de distribución. Esta gráfica indica que pequeñas caídas ocurren frecuentemente, mientras que caídas desde altos niveles se producen raramente. Aunque esto es solo un ejemplo, estos datos se pueden extrapolar a nuestro caso. Muchas caídas pequeñas pueden ocurrir cuando el packaging es recogido, descendido y empujado. Las caídas desde mayores alturas únicamente son el resultado de accidentes como una caída del embalaje desde una plataforma o una pila de carga.

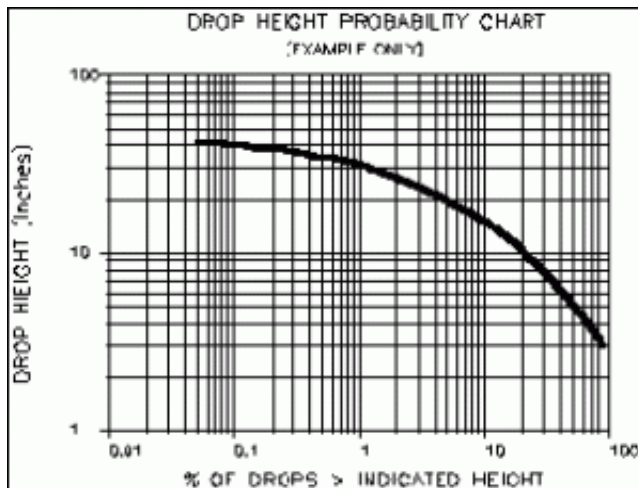


Fig. 21. Cantidad de caídas frente a la altura de impacto.

La información de la altura de caída y la probabilidad de ocurrencia, es la manera más precisa para diseñar un embalaje. Por ejemplo, si queremos diseñar un packaging que permita la llegada óptima del 1% de los productos, basándonos en la figura dos, la altura máxima

de caída sería de 32 pulgadas (81,28cm). Sin embargo, si nosotros estamos dispuestos a aceptar el 4% de productos dañados, nosotros podríamos reducir la altura de caída hasta 20 pulgadas (50,8cm). Por otra parte, si se busca una tasa de daño menor a 0,1% la altura de caída aumentaría hasta superar el metro. En nuestro caso una cierta cantidad de daño en el embalaje

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

es aceptable; lo que sería inaceptable sería una mala calidad del producto contenido.

A pesar de que diseñar un embalaje para un producto es algo normal, es muy difícil de conseguir información sobre el canal de distribución que pueda ayudar en nuestro estudio. La mejor manera es volver atrás y buscar información sobre embalajes que puedan aportarnos algunos datos.

Las siguientes son algunas de las conclusiones generales obtenidas del texto anterior.

- La probabilidad de que un embalaje caiga desde una gran altura es mínima.
- La mayoría de los empaques reciben caídas desde pequeñas alturas mientras que una pequeña cantidad son soltados desde alturas mayores.
- Las unidades paletizadas son sometidas a menos caídas que unidades unitarias.
- La mayoría de los embalajes durante una caída, caen sobre sus bases.
- A mayor peso del conjunto producto-embalaje, menor es la altura de caída.
- Cuánto más grande sea el conjunto, menor es la altura de caída.

La siguiente tabla (Fig. 22), tomada de la norma ASTM D-3332, describe la altura de caída libre en función del peso del producto, e indica que los más ligeros tendrán alturas más altas porque pueden ser más fácilmente cogidos y lanzados por un operario. Por otra parte, los productos más pesados, normalmente requieren una manipulación por medio de carretillas, por lo tanto no pueden ser lanzados tan lejos.

Peso del embalaje	Tipo de manipulación	Altura sugerida para test
0-9 kg	lanzado por un hombre	1,05 m
10-22 kg	empujado por un hombre	0,90 m
23-110 kg	empujado por dos hombres	0,75 m
111-225 kg	carretilla de mano	0,60 m
225-450 kg	equipamiento ligero	0,45 m
>450 kg	carretilla elevadora	0,30 m

Fig. 22. Tabla de alturas de caída libre en función del peso

Esta tabla determina las alturas que se emplean para realizar ensayos en los cuales el empaque cae sobre sus caras planas. Los daños sufridos cuando el

embalaje cae sobre las esquinas o aristas, son mucho mayores, por lo que disminuye la altura.

Esta tabla se enfoca a productos generalizados, es decir, no distingue entre las diferentes características que puede tener un producto. Por ejemplo, si quisiéramos determinar la altura de una llave inglesa de acero para herramientas, y de una botella, la altura del test sería de 1,05m para ambos casos. La llave no tendría problema en pasar la prueba, pero sin embargo, la distancia para la botella es muy grande y debido a su fragilidad podría romper. Son dos objetos totalmente diferentes, con resistencia y fragilidad muy variada.

En conclusión, y hablando con varios profesionales de empresas que fabrican botelleros de EPS, podría tomarse como referencia para el cálculo de las dimensiones es de 0,5 metros.

VIBRACIONES

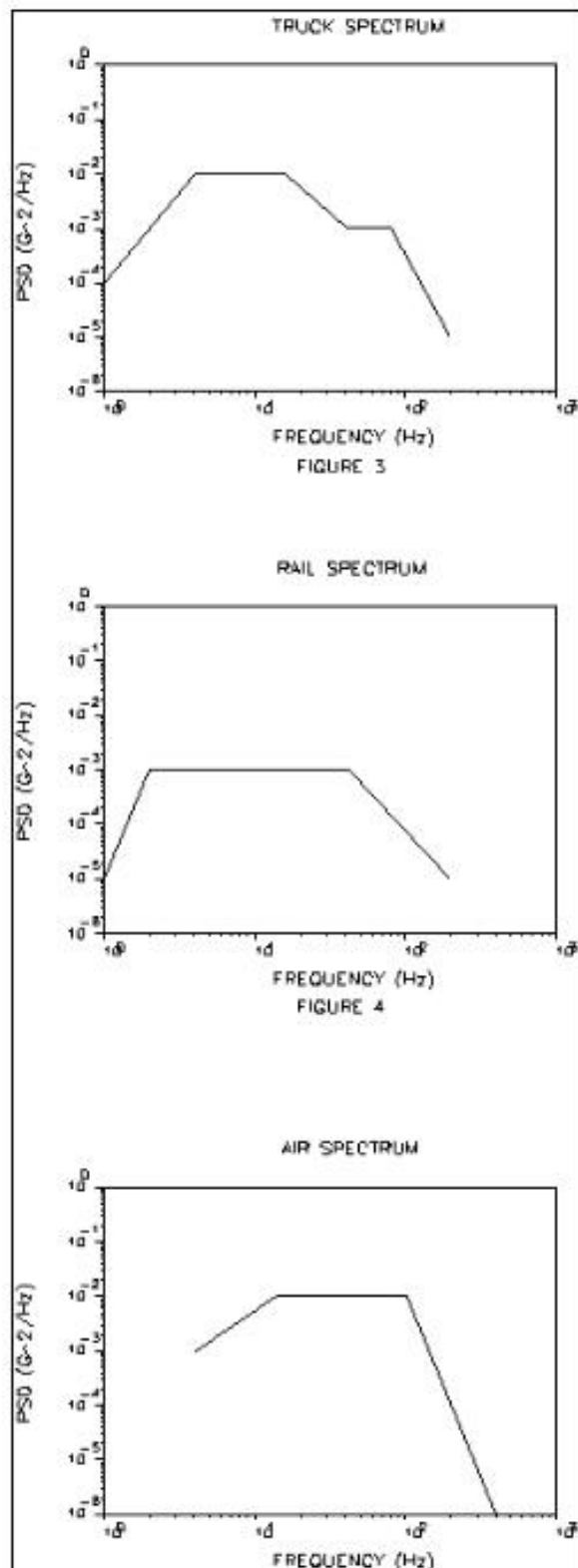
Es imposible que durante un transporte no se produzcan vibraciones. Tanto las inconsistencias del medio, como el motor y las ruedas, transmiten vibraciones al remolque. Por ejemplo, la junta de dilatación en carreteras o los cruces de raíles en los trenes producen vibraciones inevitables. Todas estas vibraciones se van a fusionar y van a afectar al producto.

Para la mayoría de los productos, un embalaje que le aporta la protección frente a los golpes durante el transporte es todo lo que se requiere. Sin embargo, existen algunos productos, que son susceptibles a ser dañados por la vibración que experimentan durante el transporte.

En cada método de transporte, los productos son sometidos a una gran cantidad de vibraciones de varios rangos de frecuencias. Para evitar daños en los productos más propensos a deteriorarse por la vibración, es esencial determinar la frecuencia natural del producto, y compararlo con las características del diseño del embalaje.

Todo sistema de amortiguamiento tiene un rango vibracional de frecuencias en el cuál se produce una amplificación de la misma que es más severa que la que el producto recibe por el ambiente del transporte. En algunos casos, el empaque atenuará la vibración, es decir, absorberá parte de la vibración y el resto pasará al producto.

3. APLICACIÓN PRÁCTICA



Para la mayoría de los objetos sensibles a las vibraciones, asegurar que el empaque no amplificará la vibración en el producto es suficiente para prevenir daños durante el transporte. Para muchos otros, sin embargo, es necesario que el diseño del embalaje atenúe las frecuencias.

Las figuras derivan de la norma ASTM D-4728 y muestran las vibraciones a las que están sometidos varios tipos de vehículos. Estos gráficos definen la vibración en términos de la potencia promedio asociada a cada frecuencia. Hay que señalar que estos esquemas no representan ningún viaje en concreto, sino que abarcan las características generales del tipo de vehículo. La norma ASTM D-4169 sugiere que los rangos de frecuencia de 3 a 100 Hz se pueden emplear como regla general para predecir cómo se verá afectado el empaque.

Fig. 23. Vibraciones en diferentes vehículos

B) DEFINICIÓN DE LA FRAGILIDAD DEL PRODUCTO

FRAGILIDAD AL CHOQUE

El daño producido al producto por el choque proviene de unos esfuerzos extremos producidos por fuerzas inerciales. Las fuerzas inerciales son directamente proporcionales a la aceleración (1).

$$F = m \cdot a \quad (1)$$

Por lo tanto, la fragilidad indica el nivel más alto de aceleración que puede soportar el producto sin dañarse (medido en m/s² o G). Cuanto más frágil es un producto, más bajo es el nivel de G que soporta. Se denomina nivel de aceleración crítica, factor G o fragilidad del producto embalado. Por ejemplo, si el factor G de un producto es 50, el artículo puede ser sometido a 50 veces el valor de la gravedad. En otras palabras, todos los componentes del artículo pueden soportar una fuerza de 50 veces su peso. Verbigracia, cuando un embalaje golpea contra el suelo el nivel de aceleración en el exterior suele ser de centenares de G. El material amortiguador utilizado en el embalaje tiene la misión de modificar ese nivel de aceleración reduciéndolo a niveles aceptables.

La fragilidad se obtiene con el objetivo de comparar con la probabilidad de caída real que se puede encontrar durante el transporte y determinar qué reducción de la aceleración aporta un material amortiguador para evitar el daño en el producto.

Por consiguiente, el nivel de G al que puede estar sometido un producto dependerá:

- La altura de caída que puede llegar a sufrir.
- Características de la superficie de impacto.
- Protección que aporta un embalaje para disminuir el nivel de G que sufra el producto.

Gracias a la tecnología existente en los laboratorios, es posible obtener el factor G que soportará un producto, gracias al cálculo de la curva límite de daño. Esta curva es una herramienta clave para el diseño de embalajes. Es una gráfica que representa el cambio de velocidad en el eje de abscisas y la aceleración en el eje de ordenadas. Muestra la velocidad crítica (velocidad antes de la cual se produce un daño) y aceleración crítica. Por debajo de la velocidad crítica no se produce daños, aunque se aumente la aceleración.

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

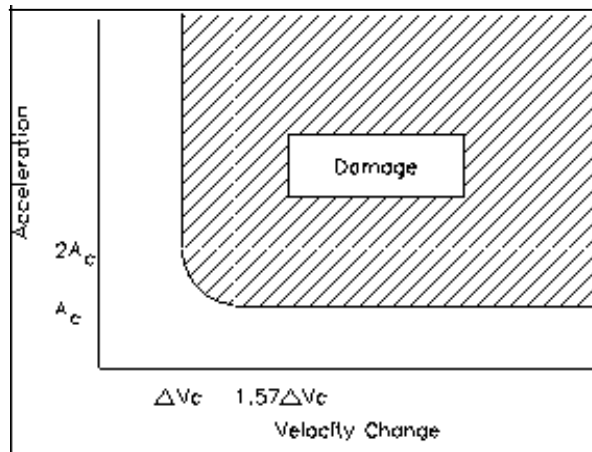


Fig. 24. Curva límite de daño: Define la región donde el cambio de aceleración y velocidad producirá un daño. En esta gráfica encontramos dos áreas: aquella en la que se produce un daño al producto-embalaje (rayada) y aquella en la que no.

Por ejemplo, si nos posicionamos por debajo de la

velocidad crítica, por mucho que aumentemos la aceleración, no se va a producir daño. En términos prácticos, la manera de conseguir altas aceleraciones es mediante choques que se producen en tiempos muy bajos.

Cuando existe una velocidad por encima de la crítica, la única manera de que no se produzca el daño es limitando la aceleración de entrada, a un nivel inferior a la velocidad crítica. Este principio es el que está presente en los embalajes acolchados.

La maquinaria que se emplea para llevar a cabo estos ensayos es una mesa de impacto. El elemento superior se eleva hasta una altura de caída, y se libera dejándolo caer por su propio peso sobre unos programadores. El programador es el elemento que impacta y según sus características se obtiene un choque resultante.

- Permite realizar choques controlados y repetibles.
- Se utiliza tanto para embalajes como para productos.
- Se utilizan para el cálculo de la *curva de límite de daño*.

Existen tablas estimativas en diferentes normativas con valores aproximados del nivel de aceleración críticos. Gracias a ellas conseguimos una orientación sobre la fragilidad que va a tener nuestro conjunto. Son empleadas en el caso de que no haya los medios suficientes para la realización de los ensayos anteriores.

Niveles de aceleración críticos

Producto	Fragilidad
Extremadamente frágil (equipos electrónicos de alta precisión)	15-25 G
Muy frágil (equipos médicos)	25-40 G
Frágil (computadoras, impresoras)	40-60G
Fuerte (equipos TV)	60-85G
Más fuerte (muebles)	85-115G
Muy fuerte (herramientas)	115 G

Fig. 25. Estimación de la fragilidad de diferentes productos

En nuestro caso se carecen de los medios para poder llevar a cabo los ensayos para el cálculo del valor de la aceleración crítica, por lo que se debe hacer una estimación asemejándonos a los elementos de la tabla. Tampoco tenemos ningún tipo de referencia que nos haga decantarnos por un grupo u otro.

CÁLCULO DE LA FRAGILIDAD AL CHOQUE

Como se indicó anteriormente, el cálculo de fragilidad de un producto se ha de llevar a cabo mediante una serie de ensayos. Como en nuestro no se han podido realizar, se debe buscar otro método que nos ayude a calcular una estimación.

El nivel de aceleración crítico dependerá de la superficie de impacto y de qué cuerpo se deforme. Por ejemplo, si golpeamos con una botella el suelo, la deformación la sufrirá la botella, pero sin embargo, si la botella va a ser golpeada contra una plancha de un material amortiguador, va a resistir mucho más. Comparando los espesores del material amortiguador de equipos de televisión y de los botelleros de EPS del mercado, obtenemos que los grosores son semejantes. De este modo, nos podemos hacer una idea de que la aceleración que soportan ambos artículos es similar. Debido a esta conclusión, postulamos que el grupo al que pertenece una botella es en torno a 85-90 G.

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

Para comprobar además que lo que hemos obtenido tiene lógica, se va a realizar una metodología inversa con uno de los botelleros sometidos a ensayo. Es decir, partiendo del grosor que posee y la carga estática a la que estará sometido, podemos hacer una estimación de el nivel G que soporta la botella gracias a las curvas de amortiguación del material.

Los espesores de los botelleros actuales van desde los 12 mm hasta los 15 mm.

Paso 1. Calcular el área de amortiguamiento A

El área sobre el que descansa la botella, es semejante al de un anillo de radios 3,5cm y 4,5cm. Por lo tanto, la superficie de amortiguamiento (2) será:

$$A = \pi R^2 - \pi r^2 = \pi 4,5^2 - \pi 3^2 = \frac{45}{4} \pi \text{ cm}^2 \quad (2)$$

Paso 2. Calcular la carga estática σ

La carga estática a la que está sometida la zona del embalaje sobre la que reposa la botella (3), viene dada por la fórmula siguiente:

$$\sigma = \frac{m \cdot g}{A} \quad (3)$$

Donde σ es la carga estática

m es la masa del artículo embalado

g es la gravedad

A es la superficie del embalaje sometida a la carga

Sustituyendo obtenemos (4):

$$\sigma = \frac{1,6 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{\frac{45}{4} \pi \text{ cm}^2} = 0,44 \text{ N/cm}^2 \quad (4)$$

Paso 3. Obtener la relación h/d

Como en los diagramas de amortiguamiento se indica la relación h/d (5.1 y 5.2), es decir la relación entre la altura de caída y el espesor del embalaje:

- Para un espesor de 12 mm:

$$\frac{h}{d} = \frac{500 \text{ mm}}{12 \text{ mm}} = 41,67 \approx 40 \quad (5.1)$$

- Para un espesor de 15 mm:

$$\frac{h}{d} = \frac{500 \text{ mm}}{15 \text{ mm}} = 33,33 \approx 33 \quad (5.2)$$

Paso 4. Obtener el valor de G

Observando la relación h/d para el valor de 40 y el valor 33 (realizamos una línea imaginaria) en el diagrama de acolchado para el EPS de densidad 20 kg/m^3 , obtendremos la estimación del valor de aceleración crítica G.

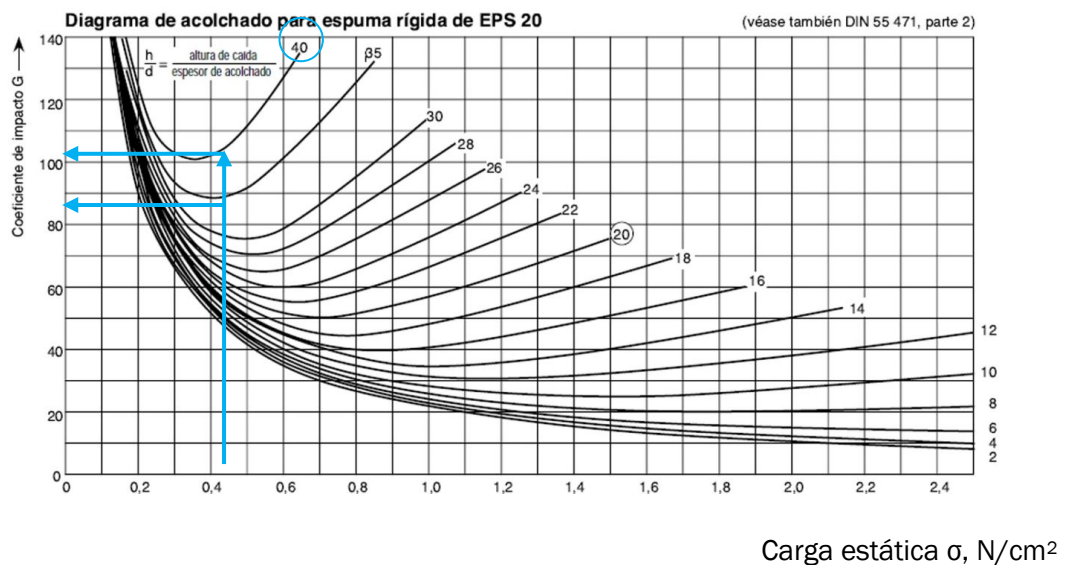


Fig. 26. Diagrama de amortiguamiento para EPS de densidad 20 kg/m^3

Obtenemos unos valores entre 80-100G. Comparando con la tabla anterior, observamos que la conclusión a la que habíamos llegado era correcta. La clasificación que se le asigna es de un objeto “fuerte”.

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

FRAGILIDAD A LA VIBRACIÓN

Como se explicó durante la definición del entorno, en el transporte siempre se producen vibraciones. Estas vibraciones no siguen ningún patrón, pero para poder ser aplicadas en ensayos sobre productos, son consideradas como vibraciones sinusoidales.

En el rango de frecuencia del transporte, el mayor daño se produce cuando se alcanza la frecuencia de resonancia del material del producto por el ambiente al que está sometido. Si estas frecuencias críticas del producto son excitadas durante un cierto tiempo por el ambiente pueden ser amplificadas hasta un nivel de amplitud que produzca daño. Se busca determinar las frecuencias críticas y de resonancia que el producto puede tener en el rango de frecuencia del ambiente.

Como con la fragilidad de choque, no existe sustituto para realizar ensayos sobre las características de la vibración en el diseño del empaque. Sin embargo, en algunos casos, la vibración puede ser estimada a partir de las características de vibración del material del empaque.

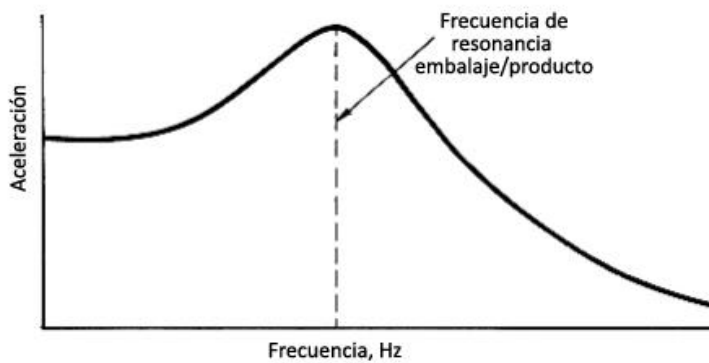
Transporte	Rango de frecuencias	Condiciones
Tren	2-7 Hz (suspensión) 50-70 Hz (estructura)	Vagón de carga en movimiento
Camión	2-7 Hz (suspensión) 15-20 Hz (neumáticos) 50-70 Hz (estructura)	Desplazamiento por autovía
Avión	2-10 Hz (hélice) 100-200 Hz (reacción)	En el piso de la aeronave durante el vuelo
Barco	11 Hz (en curbierta) 100 Hz (bodega)	Vibraciones causadas por la interferencia con el flujo de agua y falta de alineación del eje de la hélice

Fig. 27. Tabla de frecuencias típicas durante el transporte

El ensayo para saber cómo responde el producto ante estas vibraciones se realiza en un vibrador donde se fija el producto sin embalaje. A continuación, se excita el producto mediante un barrido sinusoidal en el rango de frecuencia según las condiciones observadas en la definición del entorno (5-250 Hz). Durante el barrido se determinan las frecuencias de resonancia y crítica.

La frecuencia crítica es la frecuencia a partir de la cual un obstáculo rígido empieza a absorber parte de la energía de las ondas incidentes; son determinadas mediante la instalación de acelerómetros sobre la muestra. Así obtenemos gráficas aceleración-frecuencia en las que se puede observar las frecuencias de resonancia del producto.

Las frecuencias de resonancia nos aportarán información que nos permitirá



diseñar un embalaje que proteja al producto de las vibraciones del entorno dinámico.

Fig. 28. Aceleración frente a frecuencia

Tras la búsqueda de información en diferentes medios, debido a la incapacidad de realizar un estudio con la maquinaria necesaria, se encontraron las frecuencias de resonancia de diferentes botellas. Nos podemos hacer una idea de la frecuencia que tienen, mediante una comparación.

En la tabla siguiente (Fig. 29) se muestran las frecuencias obtenidas para botellas de Coca-Cola de cristal, según estudio llevado a cabo por HyperPhysics, M. Olmo R. Nave.

Volumen cm ³	Frecuencia resonancia Hz
930	164,5
830	173
730	182,5
630	192,5
530	207
430	233
330	264

Fig. 29. Tabla de frecuencias de resonancia de diferentes botellas de vidrio

<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/waves/coke3.html>

Por otra parte, en la siguiente tabla (Fig. 30), se muestra un estudio llevado a cabo por la Universidad de la Salle (Barcelona). El objetivo de este estudio es obtener las frecuencias de resonancia de diferentes botellas de vidrio. Para ello se emplea un resonador de Helmholtz, que es un resonador acústico en cuyas bocas inciden las ondas sonoras.

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

Volumen cm ³	Frecuencia de resonancia Hz
1000 (Botella de cava)	112 Hz
750 (Botella bordalesa)	175 Hz

Fig. 30. Tabla de resonancia de botellas de vidrio

http://sea-acustica.es/fileadmin/publicaciones/publicaciones_4355ev013.pdf

Si comparamos estos datos con los obtenidos por el estudio anterior, podemos decir, que la frecuencia de una botella de 750 ml se encuentra en torno a los 175 Hz en ambos casos. Por lo tanto se puede decir que la frecuencia de resonancia de las botellas va a depender de sus características formales.

Ahora bien, esos son los datos para botellas vacías de cristal. Los productos que irán dentro de nuestro packaging estarán llenos en todos los casos, por lo que esto significa que la frecuencia de resonancia va a disminuir.

El packaging también influirá en la frecuencia de resonancia: si este se adapta muy bien a la botella es posible que la frecuencia de resonancia disminuya.

C) ELECCIÓN DEL MATERIAL DE AMORTIGUAMIENTO

Como se explicó en capítulos anteriores, los materiales de amortiguamiento son óptimos para la protección de productos. La elección de un material de amortiguamiento se realiza a partir de las curvas de amortiguamiento. El material de amortiguamiento actúa por deflexión: una deflexión óptima implica una protección correcta. Para un peso dado de un producto, si el material de amortiguamiento es demasiado blando, se produce demasiada deflexión y el producto penetra en el material. Si el material de amortiguamiento es demasiado rígido, la deflexión es demasiado leve y no amortigua el impacto.

Nuestro embalaje estará realizado en poliestireno expandido, debido a la buena resistencia a impactos, compresión, aislamiento térmico y costo. Ahora bien, hay que hacer un estudio que efectivamente muestre que este material actuará correctamente en los diferentes sucesos.

A la hora de realizar nuestro diseño vamos a tener varios materiales que nos van a dar la protección que necesitan los artículos. En el mercado generalmente son utilizados los siguientes materiales:

- Poliestireno expandido (EPS).
- Espuma de polietileno expandido (EPE).
- Poliestireno (PS) /Polietileno compuesto (PE).
- Polipropileno expandido (EPP).
- Papel y sus derivados.

En el siguiente cuadro (*fig. 31*) podemos ver una comparación entre las características mecánicas de los anteriores materiales plásticos.

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

		EPS	EPE	PS/PE	EPP
Densidad		0.20-0.012	0.06-0.03	0.03-0.025	0.06-0.02
Estructura espuma		Independiente	Independiente	Independiente	Independiente
Características Generales	Resistencia compresión	⊙	△	○	○
	Fragilidad	✘	⊙	△	○
	Estabilidad elástica	△	⊙	△	○
	Inflamabilidad	△	⊙	△	○
	Traccionabilidad	△	○	○	⊙
	Resistencia química	△	⊙	○	⊙
	Resistencia temperatura	△	△	△	⊙
	Precisión de medidas	⊙	△	△	⊙
Impacto Dinámico	Primera caída	⊙	○	○	○
	Caídas repetidas	✘	⊙	△	○

⊙ Muy bueno ○ Bueno △ Regular ✘ Malo

Fig. 31. Tabla comparativa de espumas plásticas

Aunque vemos que el resto de materiales aporta una mejor protección que la que puede dar el EPS, el uso de éste es muy habitual debido al coste elevado que poseen los otros materiales. Por ello estos materiales son empleados para transportes de carga de alto valor o situaciones especiales en embalaje.

Asimismo obtenemos los datos de la resiliencia de los materiales (fig. 32), que es la capacidad de regresar a su grosor original tras el impacto. Un punto muy a favor del EPS, es que recupera la forma al 100% tras un golpe.

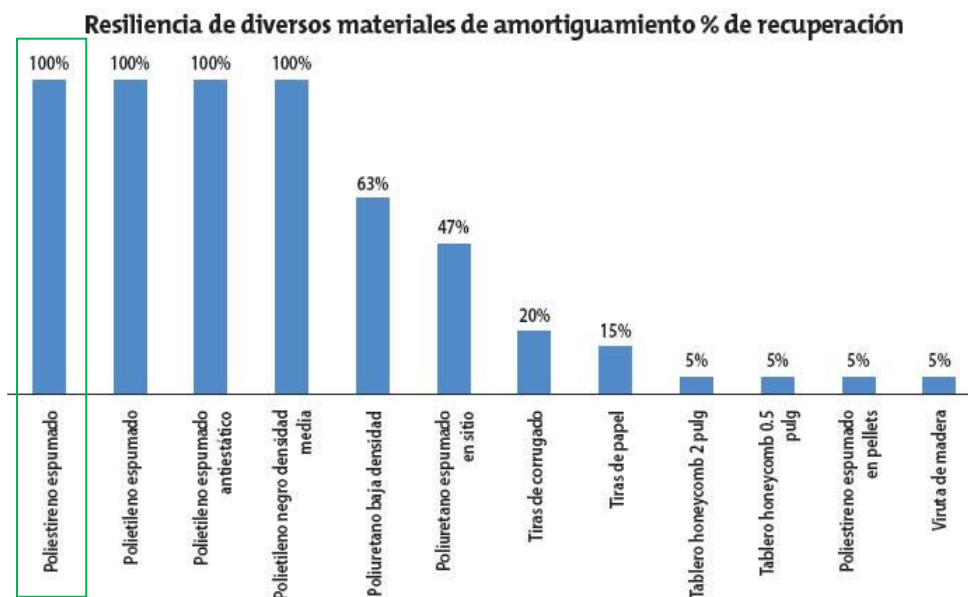


Fig. 32. Resiliencia de diferentes materiales

Los embalajes de EPS ofrecen una amplia gama de propiedades físicas que permiten a los diseñadores cumplir con mucho de los retos relacionados con la protección y la distribución. Estas propiedades, combinadas con la ingeniería de diseño apropiada, proporcionan la flexibilidad de diseño necesaria para crear un embalaje protector rentable.

DIMENSIONADO FRENTE AL IMPACTO

La capacidad de amortiguación de un embalaje no sólo viene determinada por las propiedades del material, sino también por los esfuerzos específicos a los que está sometido.

Gracias a la posibilidad de escoger a voluntad la densidad aparente del plástico celular y las dimensiones del embalaje, podemos ajustar las propiedades de amortiguación a las necesidades reales.

La capacidad de amortiguación de un material viene definida por sus curvas de amortiguación (fig. 33). Permiten obtener los espesores necesarios del material de embalaje por la representación de la fragilidad al choque de un producto frente a la carga estática que soporta el material. Cada material tendrá una curva diferente de amortiguamiento.

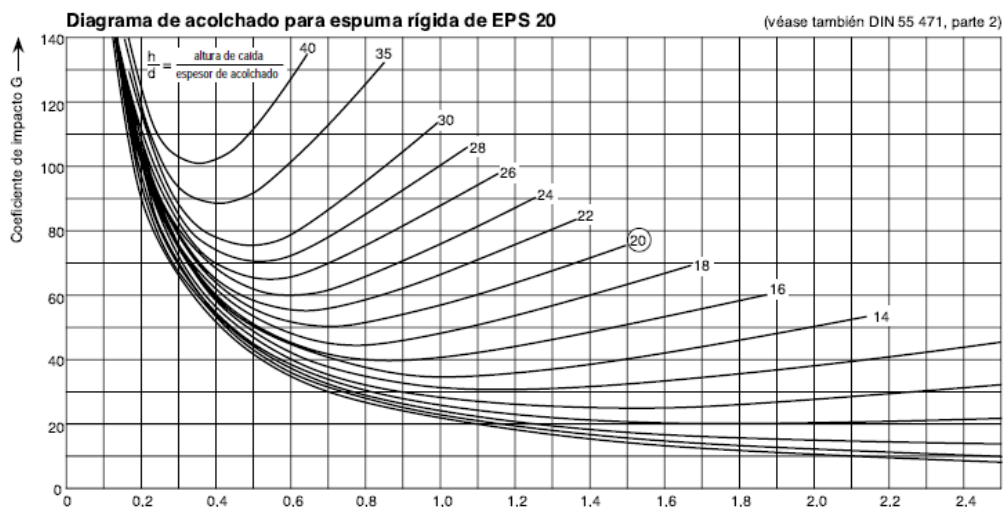


Fig. 33. Diagrama de acolchado para EPS 20

Como norma general encontraremos las curvas de amortiguamiento de los materiales, que muestran el factor G frente a la carga estática. Gracias a ellas podremos calcular el grosor del espesor necesario en función de la fragilidad del objeto.

Para las cargas de estáticas en las que la curva de amortiguamiento caiga por debajo de la aceleración crítica o factor G, el material será efectivo; no así para el resto.

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

Las propiedades de amortiguación de un material son determinadas en función de su capacidad para proporcionar la protección necesaria frente a impactos. La resistencia del choque dependerá de la densidad del material y de su grosor. Las curvas de amortiguamiento del EPS indican que esta espuma puede absorber los impactos eficientemente y recuperar rápidamente su forma, lo que hace que sea ideal para envasar artículos frágiles dentro de una amplia gama de pesos y tamaños.

Estas curvas se pueden emplear para determinar el área de apoyo y el espesor de material amortiguador requerido para una aplicación particular. El sobredimensionado del área de apoyo de un material de amortiguación es tan ineficaz como en subdimensionamiento. Un amortiguamiento excesivo puede transmitir una deceleración excesiva al artículo. Del mismo modo, si el amortiguamiento no es suficiente, la plancha puede comprimirse excesivamente durante el impacto.

El peso es una magnitud que va a influir en nuestros cálculos, ya que cuando un producto distribuido está sometido a condiciones de vibraciones e impacto (ya sea horizontal o vertical), está expuesto a la posibilidad de caerse e impactar en el suelo. La energía necesaria para trasladar un cuerpo una determinada altura h viene definida por $E = m \cdot g \cdot h$. Si el cuerpo cae desde esa altura, esta energía se libera cuando el cuerpo choca con el suelo.

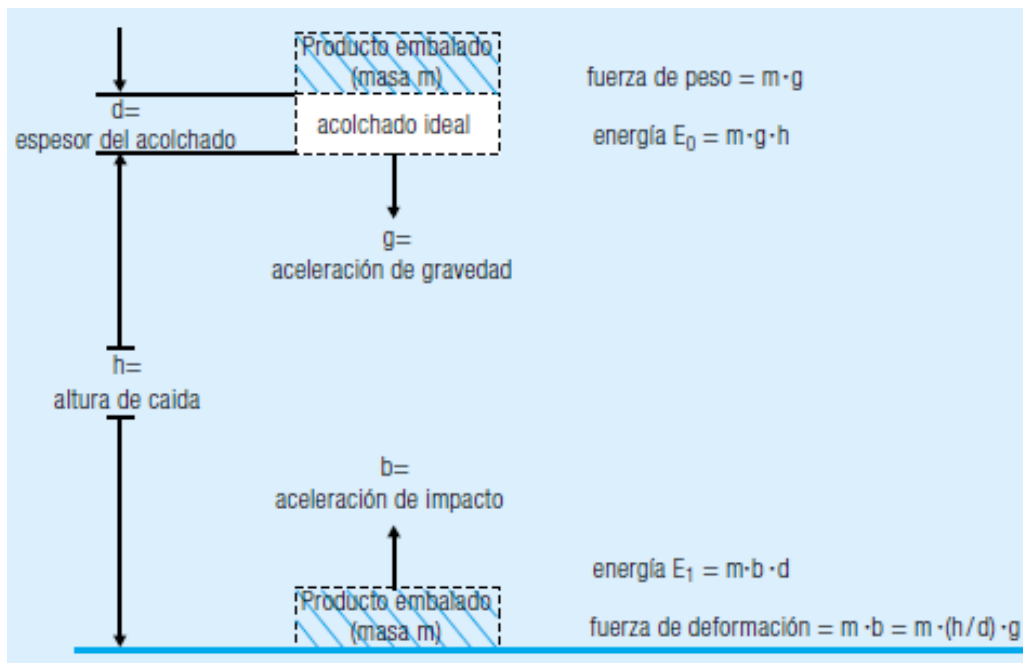


Fig. 34. Representación de los valores característicos en el ejemplo de un acolchado ideal

En la fig. 34 se muestra que la fuerza con la que incide un cuerpo en el suelo, en el caso de amortiguación ideal (se deforma completamente en el caso de carga por caída: la aceleración de impacto durante la deformación del acolchado es constante hasta la posición de reposo) es $\left(\frac{h}{d}\right) \cdot (m \cdot g)$.

De la figura 34 obtenemos el siguiente resultado:

$$E_0 = m \cdot g \cdot h \quad (6)$$

$$E_1 = m \cdot b \cdot d \quad (7)$$

$$E_0 = E_1 \quad (6)=(7)$$

$$m \cdot g \cdot h = m \cdot b \cdot d \quad (6)=(7)$$

$$\frac{b}{g} = \frac{h}{d} \quad (8)$$

El factor de variación $\frac{h}{d}$ frente a la incidencia de la fuerza en posición de reposo se expresa en niveles de $G = b/g$ (factor de choque o aceleración crítica de impacto) e indica el nivel más alto de aceleración que puede soportar el producto sin dañarse.

Para el cálculo del grosor necesario para amortiguar impactos se empleará el método propuesto por la compañía BASF.

-Método BASF

Esta metodología parte de la gráfica de amortiguación del EPS y del conocimiento de las propiedades del producto a embalar. Así obtendremos la superficie y el espesor de elemento amortiguador. El método será el siguiente:

Paso 1. Obtener el área de amortiguamiento A

Se calculará el área de un anillo de radio 4,5cm y 3 cm (9), ya que son valores semejantes a la forma del culo de la botella, el cual estará el contacto con el embalaje.

$$A = \pi R^2 - \pi r^2 \quad (9)$$

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

Paso 2. Calcular la carga estática σ (10) que sufre el material del empaque.

$$\sigma = \frac{m \cdot g}{A} \quad (10)$$

Donde m es la masa del producto embalado

g es la aceleración de la gravedad

A es el área sobre el que reposa la botella.

Paso 3: Determinar (h/d)

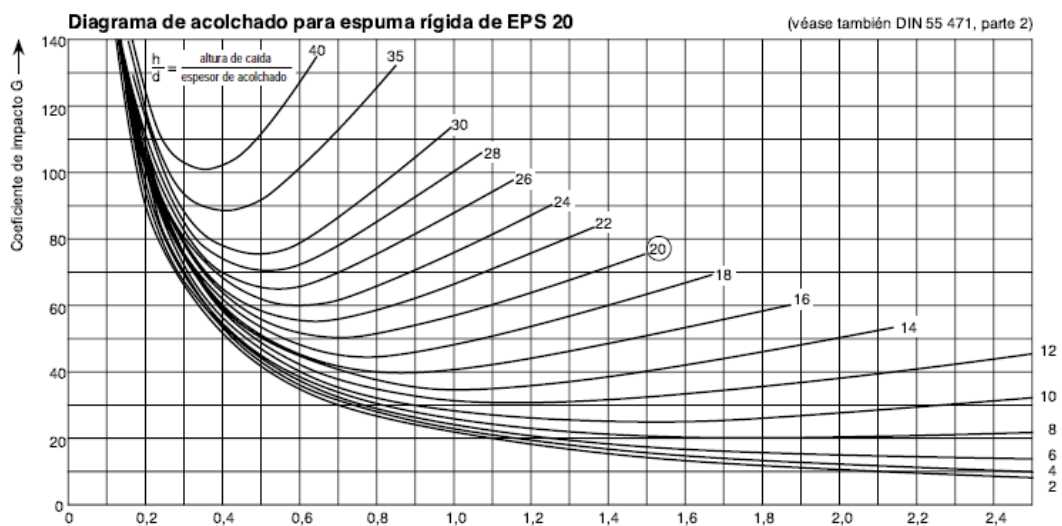
Partiendo de los datos de:

DA = densidad aparente de la materia prima

G = factor de choque o fragilidad del producto a embalar

A= área de amortiguamiento

Y observando la gráfica de amortiguación del EPS (fig. 35), obtendremos la relación (h/d), es decir, la relación existente entre la altura y el grosor del embalaje y la carga estática a la que es sometida la superficie del embalaje.



Entrando con el valor de G, La manera de seleccionar la curva correcta es la siguiente:

-Lanzamos una línea horizontal desde el valor de la fragilidad correspondiente al objeto embalado. Para valores inferiores a esta línea, el embalaje proporcionará una protección correcta.

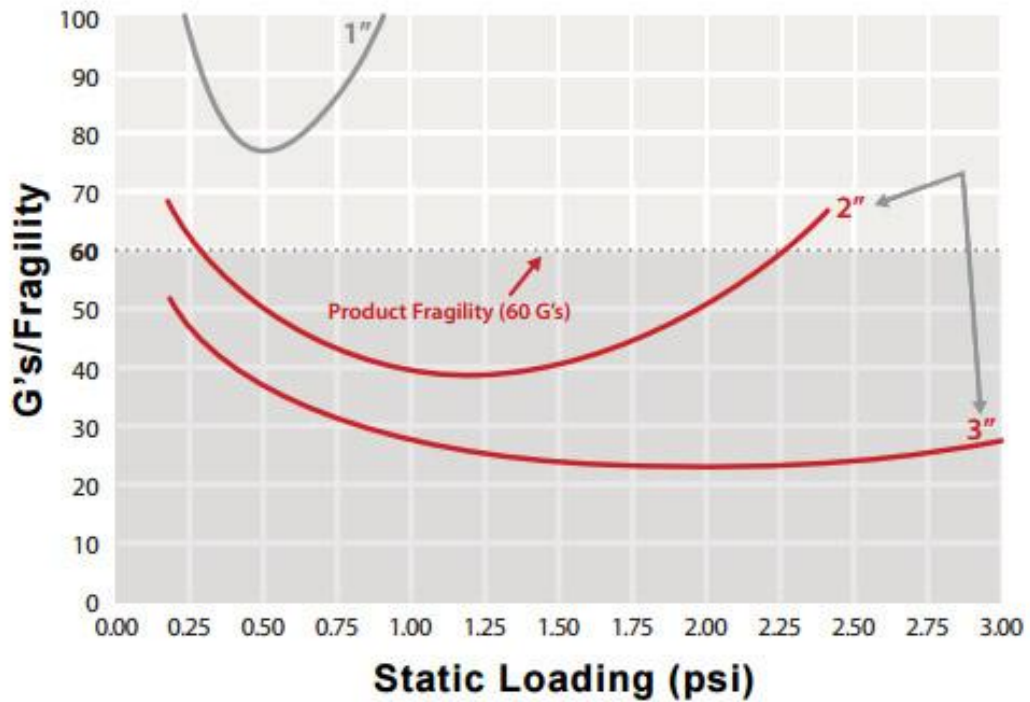


Fig. 36.1. Selección de curvas de amortiguamiento

En la figura 36, las curvas seleccionadas serían las de grosor 2" y 3". La curva de estas dos que se encuentra más por arriba es la que posee menor grosor.

Donde se cortan la línea de G y la curva de amortiguación de 2" son los límites de carga estática recomendados (fig. 36.2).

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

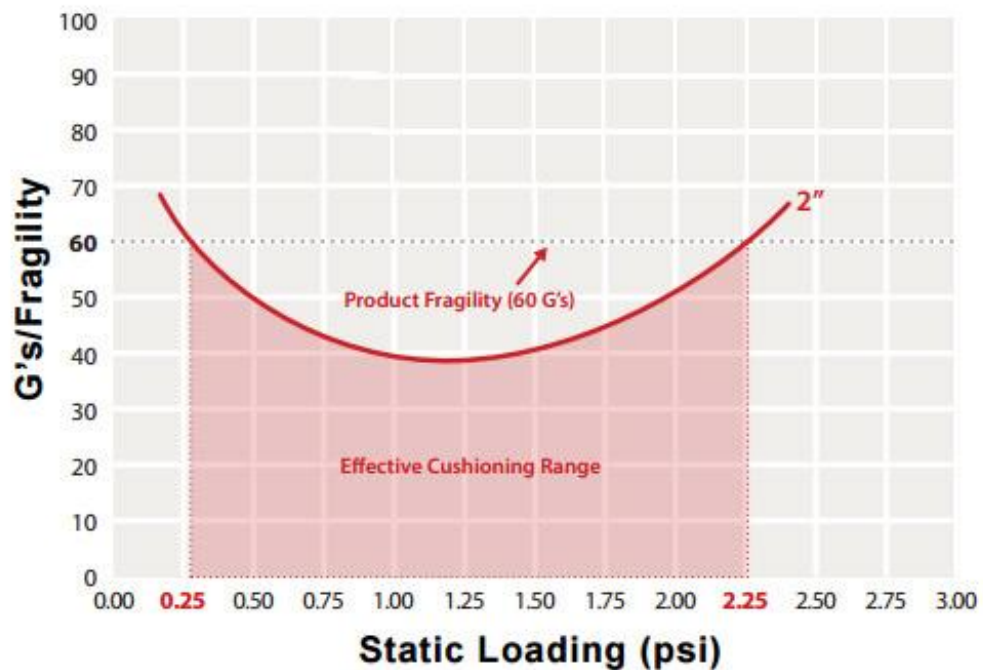


Fig. 36.2. Límites de carga elástica

Como se indicó anteriormente, el sobredimensionamiento también ocasionará una protección más deficiente, al igual que un dimensionamiento bajo. Por ello, es importante que el valor de la carga estática a la que va a ser sometido el elemento amortiguador esté dentro de los valores indicados por el área en rojo.

Paso 4: Determinar el grosor

Mediante la aplicación de las siguientes fórmulas, estas magnitudes son obtenidas sin mayor dificultad.

$$\text{Espesor} = d = \frac{h}{\left(\frac{h}{d}\right)} \quad (11)$$

RESISTENCIA A COMPRESIÓN

Para calcular la superficie de apoyo mínima para cumplir con la resistencia a la compresión (12) vamos a utilizar la siguiente fórmula.

$$\sigma_d = \frac{F_{m\acute{a}x}}{A} \quad (12)$$

Donde:

σ_d = resistencia a la compresión admisible en N/mm² (dado por el fabricante)

$F_{m\acute{a}x}$ = Carga máxima en N

A = Superficie de incidencia de la carga en mm²

La carga aplicada sobre el embalaje ha de ser menor que las indicadas por la tabla siguiente:

Resistencias a compresión admisibles					
Propiedades	Valores característicos de algunos plásticos celulares				
	EPS 20	EPS 25	EPS 30	EPS 35	EPS 45
Resistencia a la compresión admisible σ_d en N/mm ²	0,030	0,055	0,071	0,087	0,119

Fig. 37. Resistencia a compresión admisible

DESPLAZAMIENTOS

Es necesario estudiar los desplazamientos que tendrán lugar durante el uso del embalaje. Durante el uso normal el embalaje no ha de sufrir una deformación permanente. El problema se encuentra cuando se sufre algún tipo de impacto. Se emplearán las tablas del ANEXO I.

AISLAMIENTO TÉRMICO

Si es preciso proteger a los productos embalados frente a altas temperaturas durante el transporte y el almacenamiento, o si han de entregarse al consumidor fríos o calientes, habrá que utilizar embalajes termoaislantes; es una aplicación típica de los plásticos celulares. Gracias a su estructura de celdillas cerradas con microscópicas burbujas de aire, este material ofrece unas excelentes propiedades termoaislantes.

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

La característica decisiva de los materiales termoaislantes es su conductividad térmica. Los valores que dependen de la densidad aparente y de la temperatura en el centro del plástico celular, se indican en la tabla siguiente, tomada de la norma DIN 55471, parte 2.

Fig. 38 Tabla de conductividad térmica λ en $W/(m \cdot K)^*$

Plástico celular	Temperatura en el centro del material en °C			
	+50	+10	60	-50
EPS 15	0,042	0,036	0,029	
PS 20	0,040	0,035	0,033	0,028
EPS 25	0,038	0,034	0,031	0,027
EPS 30	0,037	0,033	0,031	0,027
EPS 35	0,037	0,033	0,031	0,027
EPS 40	0,037	0,033	0,031	0,027

*La conductividad térmica aumenta con el contenido de humedad

Sobre la base de los valores de la conductividad térmica y las dimensiones del embalaje, las propiedades del producto a embalar y las condiciones de temperatura imperantes en cada caso, es posible calcular los tiempos que transcurren hasta alcanzar una determinada temperatura límite. En función de la curva de temperatura del material embalado distinguimos entre dos precondiciones en principio diferentes, cuyo cálculo se rige por relaciones matemáticas particulares:

- La diferencia de temperaturas entre el producto embalado y el entorno permanece aproximadamente constante durante un determinado espacio de tiempo, por ejemplo cuando se añade hielo al producto embalado.
- La diferencia de temperaturas entre el material embalado y el entorno disminuye con el tiempo. Este caso se da en los productos embalados sin hielo.

Las fórmulas de cálculo de ambas condiciones las podemos encontrar en la norma DIN 55471, parte 2. Sin embargo, en este caso solo se presentará la que concierne al proyecto, es decir, cuando no se añade hielo (13).

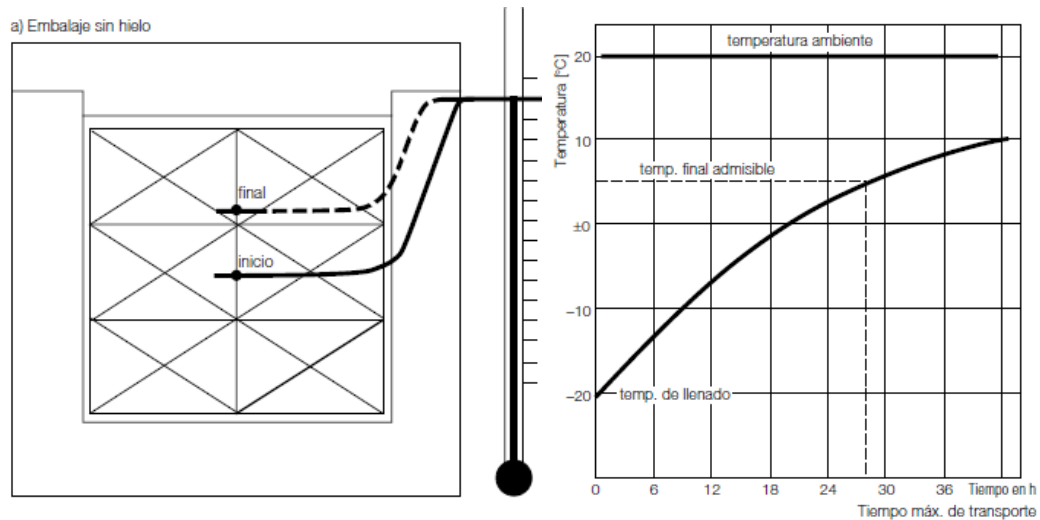


Fig. 39. Gráfica de temperatura frente a tiempo de transporte

El tiempo de aislamiento térmico se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$t = m \cdot c \cdot \frac{1}{A \cdot 3,6} + \frac{d}{\lambda} \cdot \ln \frac{\vartheta_u - \vartheta_a}{\vartheta_u - \vartheta_e} \quad (13)$$

		Unidades	Observaciones
A	Superficie de transmisión térmica	m ²	Superficie interior del embalaje
ϑ_i	Temperatura del producto embalado al comienzo del período de aislamiento térmico	°C	Temperatura al embalar
ϑ_m	Temperatura ambiente media	°C	
ϑ_f	Temperatura del producto embalado al final del tiempo de aislamiento térmico	°C	Temperatura al desembalar
d	Espesor de pared del embalaje	m	
m	Masa del producto	kg	
c	Calor específico del producto transportado	Kj/(kg·K)	Véase tabla 5
t	Tiempo de aislamiento térmico	h	
1/α	Resistencia a la transmisión térmica a ambos lados de la pared del embalaje	m ² ·K/W	Véase tabla 2
λ	Conductividad térmica del plástico celular	W/(m·K)	Véase tabla 3

Fig. 40. Tabla de unidades

D) DISEÑO DE EMBALAJE

Ciertamente no existen recomendaciones específicas que digan como se ha de realizar un embalaje, ya que para cada producto, existen una infinidad de variables que participan. Teniendo en cuenta las consideraciones sobre el grosor válido para proteger el producto, se procederá al diseño del embalaje.

A la hora de diseñar un embalaje se han de tener en cuenta una multitud de datos relacionados con la apariencia, el coste, el método y la posibilidad de fabricación, transporte, venta, competitividad, patentes, etc.

Es importante emplear una metodología de diseño que se divida en diferentes etapas con el fin de evitar errores en el diseño final.

El método empleado en el desarrollo del diseño de este proyecto es el seguido a continuación.

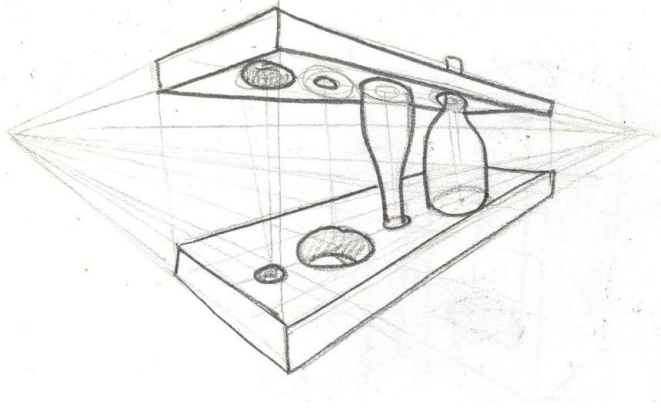
ANÁLISIS Y BRIEFING

Esta etapa es fundamental a la hora del diseño de cualquier producto. Se debe realizar un análisis de la situación actual del objeto. Se deben afrontar aspectos como:

- Análisis del envase actual (en el caso de que exista): puntos a fuertes y débiles, costes...
- Análisis del producto a envasar: peligrosidad, consecuencias de rotura, riesgos de calidad, coste, resistencia a golpes.
- Análisis de envases de la competencia. En este punto se ha de buscar los envases más vendidos, sus puntos fuertes y débiles, y realizar una comparación.
- Estudio de la normativa vigente aplicable a estos envases.

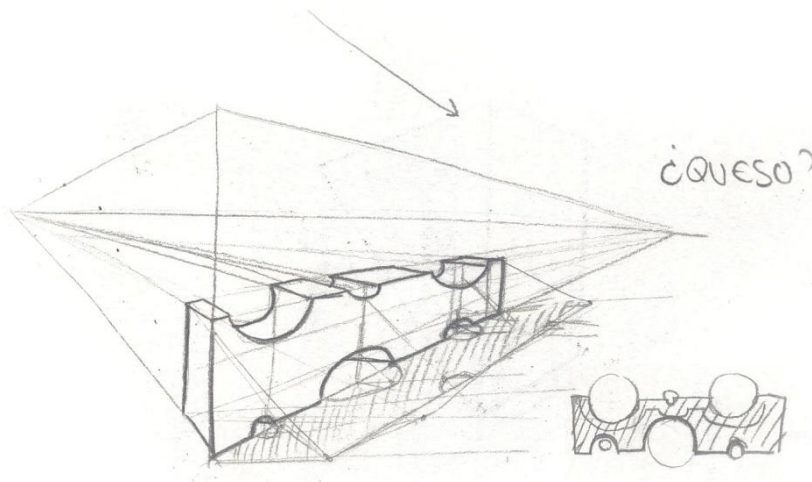
DESARROLLO DE LA FASE CONCEPTO

En esta etapa se buscan soluciones que puedan cumplir los requisitos obtenidos mediante la primera fase.

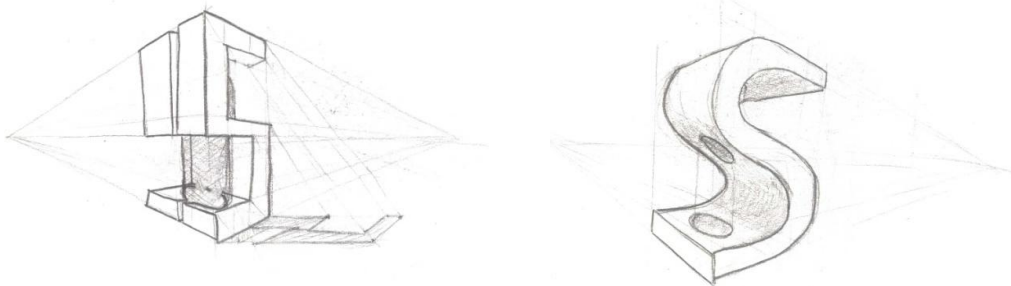


Se ha de buscar cuál es la solución más acertada para el diseño. Se debe estudiar el producto a embalar con diferentes visiones: colocación, protección, manipulación, diseño, facilidad de uso...

En esta fase comienzan a realizarse los primeros bocetos sobre el producto.



En esta fase no es momento de descartar ideas por muy imposibles que parezcan. Con cambios en las fases posteriores, podemos obtener productos con las características que buscamos.



Img. 77-80. Bocetos realizados durante el análisis

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

DESARROLLO DE LA FASE DISEÑO

Esta fase consiste en desarrollar los conceptos de la fase anterior, aumentando el grado de definición: materiales, tamaños, procesos de fabricación.

En nuestro caso, tanto el material como el proceso de fabricación ya están determinados.

Para el desarrollo de esta fase se cuenta con la ayuda de software de CAD y modelado 3D, que nos acercarán al diseño final. Además se realizarán ensayos de las capacidades del producto, también mediante computadora.

En esta fase es muy normal realizar renders (imágenes generadas mediante computadora que imitan a la realidad).

En esta fase también fue necesario realizar una criba debido al gran número de diseños que se realizaron. Muchos de ellos eran ideas “locas” o que no aportaban nada más diferente a los existentes.

CONSULTA CON CLIENTES

Con el objetivo de conocer los botelleros más vistosos para los posibles compradores, se realizaron una serie de presentaciones en diferentes negocios. Los datos obtenidos son de gran importancia para el desarrollo del producto final.

Para ello se realizó una presentación digital con los modelos que tenían más posibilidades siguiendo una serie de criterios como funcionalidad, innovación, precio, etc.

Mostrar una imagen de cómo podría ser el producto final es un punto muy a favor para que los clientes se hagan a la idea del concepto del diseño.

VERIFICACIÓN

En este momento comienza la fase para verificar que el producto cumple con los requisitos establecidos.

Generalmente se emplean técnicas como el “Análisis Modal de Fallos y Efectos” (AMFE), con el objetivo de encontrar errores o defectos en algún punto del proceso de diseño.

Los ensayos que se suelen llevar a cabo, son los presentados a continuación:

-Ensayos virtuales del proceso de fabricación, por ejemplo simulaciones del proceso de llenado del molde.

-Prototipos: En esta fase es muy común realizar prototipos del producto, que nos servirán para comprobar y cotejar sus diferentes características. Estos prototipos tienen una gran importancia en el diseño de productos actuales, ya que gracias a ellos se pueden evitar errores fatales en el diseño final.

Las tecnologías de prototipado rápido poseen actualmente un gran desarrollo, debido a que permiten efectuar en un tiempo relativamente corto, diversas pruebas de geometrías de la pieza, validando así la geometría definitiva y evitando errores en el diseño.



Img. 81. Piezas realizadas por prototipado rápido (estereolitografía y sinterizado láser selectivo)

Se ha de apuntar que en nuestro caso, la creación de un prototipo mediante estas técnicas no sería viable, ya que contiene gran cantidad de materia, y los materiales empleados en estas técnicas no poseen características similares con el EPS.

-Ensayos físicos: Son simulaciones que imitan en todo lo posible a la realidad del elemento contenido. Sirven para verificar si estos embalajes son aptos o no para su uso.

-Ensayo de transporte: Esta simulación no suelen ser común, pero en nuestro caso es importante ya que queremos evitar que las botellas transportadas sufran altas temperaturas y humedades, ya que pueden variar la calidad del producto.

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

Los puntos más importantes para el desarrollo del embalaje son el desarrollo de la fase diseño y la verificación, pero hay que tener muy claro que si no se emplea tiempo en cada uno de ellos, habrá un gran riesgo de defecto en el producto final. Además, al haber evitado realizar alguna fase, la siguiente será más complicada de concebir.

E) ENSAYOS CON EL EMBALAJE

Una vez que el embalaje está completado y fabricado, se deben realizar una serie de ensayos que aseguren que se cumplen todos los objetivos necesarios para la correcta protección del artículo. Como se explicó anteriormente, en algunos casos, no es posible realizar prototipos con características similares al producto final, por lo que es necesario realizarlos con el producto ya fabricado.

ENSAYO DE CAÍDA LIBRE

Este ensayo consiste en someter al embalaje con su producto contenido a una secuencia de caídas simulando los posibles impactos que pueda sufrir durante su manipulación a lo largo del ciclo de distribución.

Un acelerómetro ensamblado en una región rígida del producto cerca de su centro de gravedad puede ser empleado para calcular el nivel de aceleración transmitido al producto, y así poder ser comparado con el nivel de aceleración crítica del producto o fragilidad.

Es muy común realizar ensayos de caída libre. Existen dos opciones: caída sobre las caras o la caída sobre las esquinas o aristas. Las segundas son más severas en términos del nivel de aceleración transmitida al producto y en nivel de daños al embalaje; durante el golpe, se produce la pérdida de poca energía, por lo que el resto va directamente sobre el producto.

El objetivo de este ensayo es evaluar la capacidad de protección del sistema de embalaje frente a los golpes que recibe durante su distribución. Así mismo permite, de la misma forma que el resto de ensayos, evaluar comparativamente el comportamiento de dos sistemas de embalaje diferentes para un mismo producto, pudiendo así escoger el embalaje más idóneo al mínimo coste.

ENSAYO DE VIBRACIÓN Y SIMULACIÓN DE TRANSPORTE

Idealmente, el embalaje atenuará las vibraciones para aquellas frecuencias a las que el producto es más sensible. Para conseguir la mayor efectividad, el empaque debe tener una frecuencia natural menor que la mitad de la frecuencia natural menor del producto contenido.

Este ensayo consiste en someter al embalaje con su producto contenido a vibración aleatoria simulando los movimientos sufridos durante el transporte. Se puede reproducir cualquier modo de transporte (carretera, ferrocarril, aéreo y mixto) y a través de cualquier ruta. Los rangos de frecuencia típicos en este tipo de ensayo oscilan entre los 2 y los 250 Hz.

Para llevar a cabo el ensayo, se sitúa un acelerómetro en una zona rígida del producto. El producto es situado en el embalaje y asegurado a la mesa de vibración de la máquina de ensayo. Se somete al conjunto a un rango de frecuencia sinusoidal bajo. Así se determinan las frecuencias de resonancia del conjunto.

Estas frecuencias son comparadas con los rangos de frecuencia de a los que el conjunto es sometido durante el transporte. El resultado de ambas ha de ser diferente, ya que en caso contrario, el producto podría sufrir daños por alcanzar frecuencias de resonancia.

El objetivo de este ensayo es predecir en el laboratorio lo que le puede ocurrir a un producto durante su transporte, y por lo tanto optimizar así el embalaje a emplear para su total protección.

ENSAYO DE VIBRACIÓN POR BARRIDO DE FRECUENCIAS

Este ensayo consiste en someter al embalaje con su producto contenido a Vibración sinusoidal, efectuando un barrido a las frecuencias encontradas normalmente en el transporte (2 Hz a 250 Hz). De esta manera se determinan las frecuencias críticas de algún componente del producto a ensayar (frecuencias de resonancia) pudiéndose prevenir o minimizar, de esta manera, los efectos de fatiga o rotura sobre las diferentes partes.

ENSAYO DE COMPRESIÓN POR APILAMIENTO

Con este ensayo se determina la capacidad que tiene un sistema de embalaje para su apilamiento. Se distinguen dos tipos de ensayo de compresión:

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

- **Compresión dinámica:** este ensayo consiste en someter a una fuerza de compresión vertical con una velocidad constante hasta la rotura o deformación del embalaje.
- **Compresión estática:** consiste en someter a compresión con una carga constante e inspeccionar qué le ocurre al embalaje pasado un tiempo determinado.

ENSAYO DE IMPACTO HORIZONTAL

Este ensayo consiste en someter a los contenedores y cargas paletizadas a impactos horizontales simulando las fuerzas horizontales ocurridas durante la manipulación y transporte. Por ejemplo, los movimientos de arranque y parada de un camión, el enganche de dos vagones de ferrocarril o los golpes sufridos en la estiba de los contenedores marítimos.

Con este ensayo se determina la capacidad de los sistemas de embalaje para soportar dichos golpes, manteniendo sus propiedades de agrupación y resistencia.

3.2.2. EVALUACIÓN DEL MATERIAL

A) AMORTIGUACIÓN DE IMPACTOS

A continuación se muestra la metodología llevada a cabo para el cálculo de los espesores teóricos del embalaje mediante el método expuesto por la compañía BASF. Hay que tener en cuenta que al tratarse de una compañía que proporciona materia prima, posiblemente su método va a aportarnos mayores grosores para emplear mayor materia prima.

Se realizarán una serie de cálculos que posteriormente serán sometidos a comparación, con el fin de obtener el que más se ajuste a las necesidades del embalaje.

La información que ya hemos obtenido es que la altura de ensayo ha de ser de 50 cm y que el producto se consideraba entre “fuerte” y “más fuerte”. Partiendo de los botelleros ya existentes en el mercado, se calculó la fragilidad del producto embalado, que fue de 80 a 100G. Para evitar errores graves en el desarrollo del embalaje, se realizarán cálculos con el valor más bajo de G, ya que indica mayor fragilidad. La densidad más empleada en embalajes es la de 20 kg/m³, por ello en un primer momento se calculará a partir de ella sí es posible un embalaje con esas características.

Ejemplo 1 (DA=20 kg/m³)

Por lo tanto, los datos de partida son

- Peso del producto embalado, m=1,6 kg
- Densidad aparente del material, DA=20 kg/m³
- Altura de caída, h=50cm
- Fragilidad G del producto, G=80

Paso 1. Obtener el área de amortiguamiento A (14)

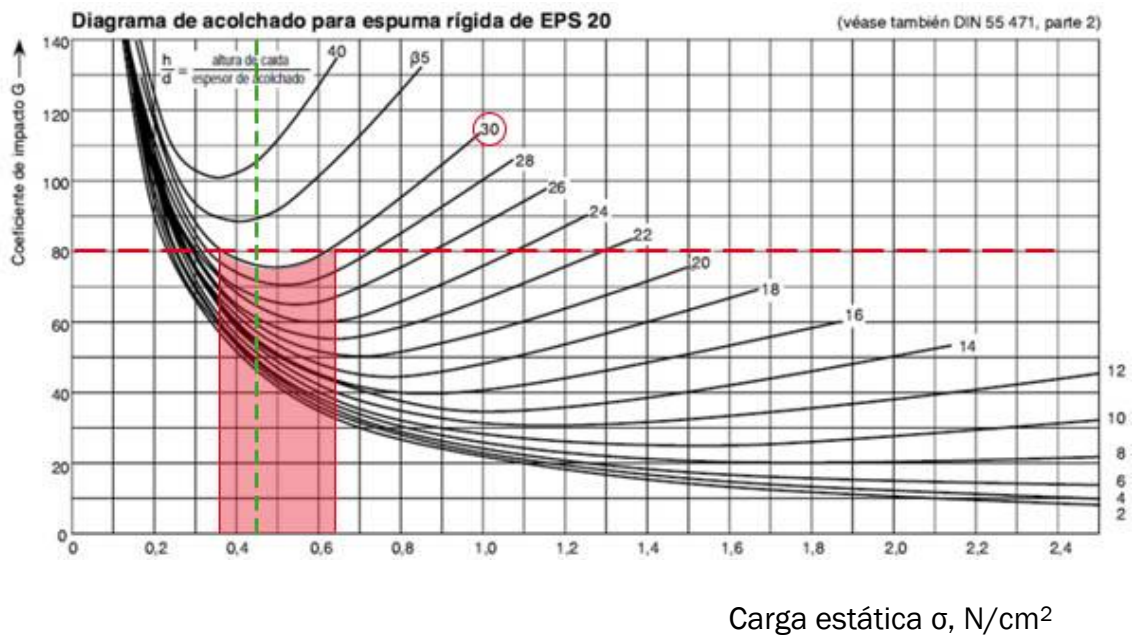
$$A = \pi R^2 - \pi r^2 = \pi 4,5^2 - \pi 3^2 = \frac{45}{4} \pi \text{ cm}^2 \quad (14)$$

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

Paso 2. Calcular la carga estática σ que sufre el material del empaque (15).

$$\sigma = \frac{m \cdot g}{A} = \frac{1,6 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{\frac{45}{4} \pi \text{ cm}^2} = 0,44 \text{ N/cm}^2 \quad (15)$$

Paso 3: Determinar (h/d)



Img. 41. Diagrama de acolchado para EPS 20

Del diagrama obtenemos que $h/d = 30$

Paso 4: Determinar el grosor d (16)

$$d = \frac{500 \text{ mm}}{30} = 16,67 \text{ mm} \quad (16)$$

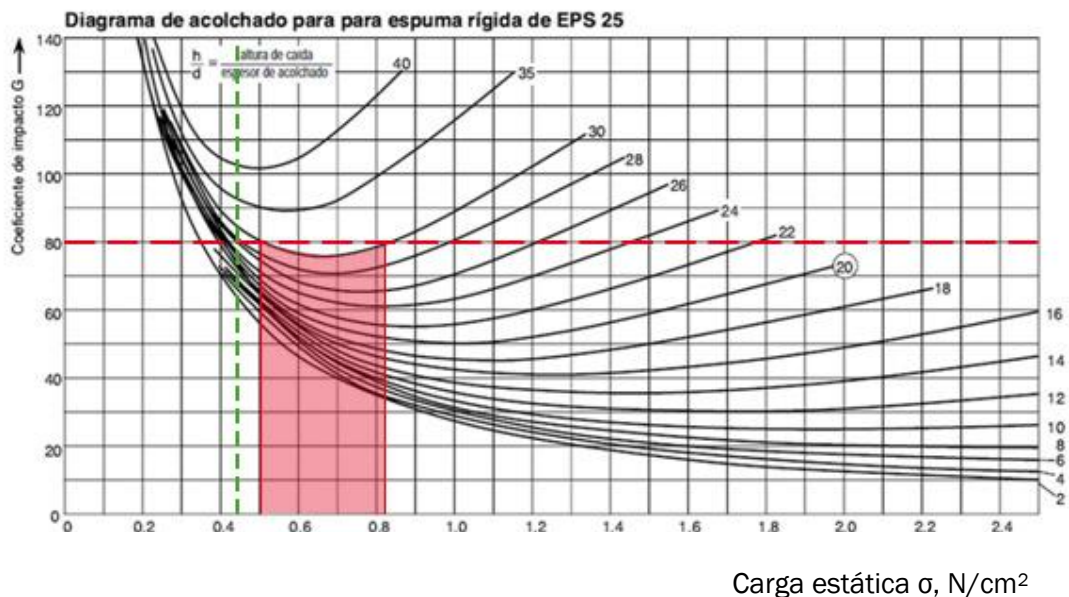
Ejemplo 2 (DA=25 kg/m³)

Paso 1 y paso 2 (iguales en todos los ejemplos). Obtener el área de amortiguamiento A (17) y la carga estática σ (18).

$$A = \frac{45}{4} \pi \text{ cm}^2 \quad (17)$$

$$\sigma = 0,44 \text{ N/cm}^2 \quad (18)$$

Paso 3: Determinar (h/d)



Img. 42. Diagrama de acolchado para EPS 25

La carga estática no se encuentra entre el área señalada en la gráfica. Esto indica que se produciría un sobredimensionamiento empleando la relación $h/d=30$. Por lo tanto, sea cual sea la solución, no va a ser un buen resultado para nuestro empaque.

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

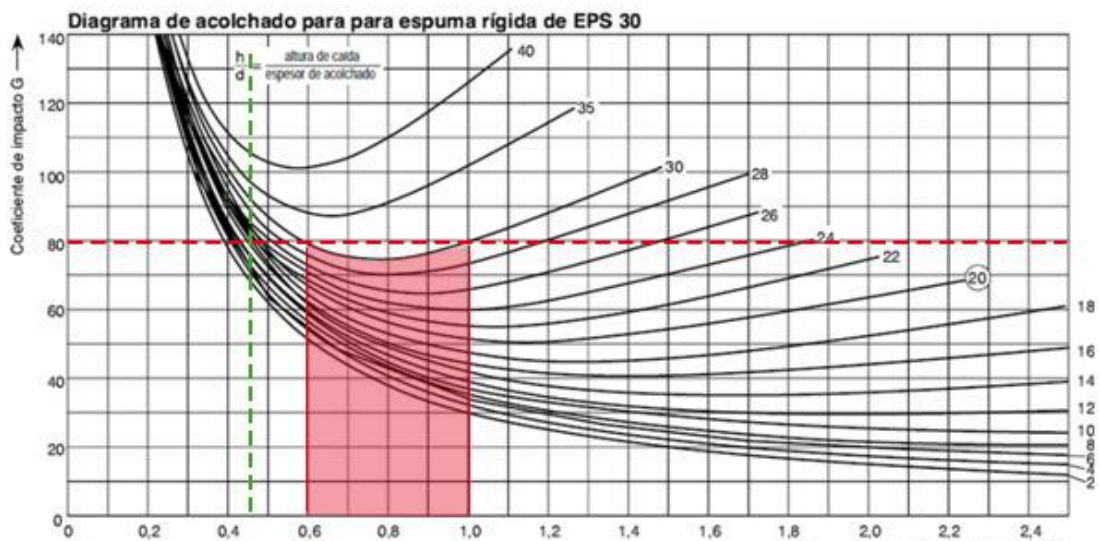
Ejemplo 3(DA=30 kg/m³)

Paso 1 y paso 2 (iguales en todos los ejemplos). Obtener el área de amortiguamiento A (19) y la carga estática σ (20).

$$A = \frac{45}{4} \pi \text{ cm}^2 \quad (19)$$

$$\sigma = 0,44 \text{ N/cm}^2 \quad (20)$$

Paso 3: Determinar (h/d)



Carga estática σ , N/cm²

Img. 43. Diagrama de acolchado para EPS 30

Al igual que en el caso anterior, si tomamos la relación h/d se produciría un sobredimensionamiento. No es viable realizar el empaque en esta densidad.

RESULTADOS

Observando los valores obtenidos mediante los cálculos anteriores, obtenemos resultados que esperábamos. El grosor que ha de tener nuestro embalaje es de 15 mm.

Son resultados muy semejantes a los de los botelleros existentes, pero unos milímetros por encima. Estos milímetros posiblemente se deba a un

sobredimensionamiento que produce el método de la proveedora de materia prima, ya que en su interés está el vender la mayor cantidad posible.

Observando los diagramas de amortiguamiento para densidades 25 kg/m^3 y 30 kg/m^3 , vemos que no son viables, ya que se produciría un sobredimensionamiento del embalaje.

La densidad de 20 kg/m^3 es óptima, no solo por el costo, sino también porque la protección que va a aportar el objeto va a ser la necesaria.

Como se ha indicado anteriormente, los grosores de botelleros encontrados en el mercado rondan los 12 a 15 mm. Se puede decir, que nuestro valor está sobredimensionado, por lo que, lo bajaremos hasta 15 mm.

B) COMPRESIÓN

Como se indicó anteriormente, existen límites de carga estática para las diferentes densidades del material. Si son superados, la capacidad amortiguadora del poliestireno expandido se verá limitada. La siguiente tabla muestra los límites de resistencia a compresión en función de las densidades establecidos por el proveedor de la materia prima.

La carga a la que es sometido el embalaje con la botella en su interior fue calculada en el apartado anterior, y fue de $0,44 \text{ N/cm}^2$. Se observa que en ningún momento se supera el límite establecido de resistencia a compresión admisible para la densidad estudiada.

C) VIBRACIÓN

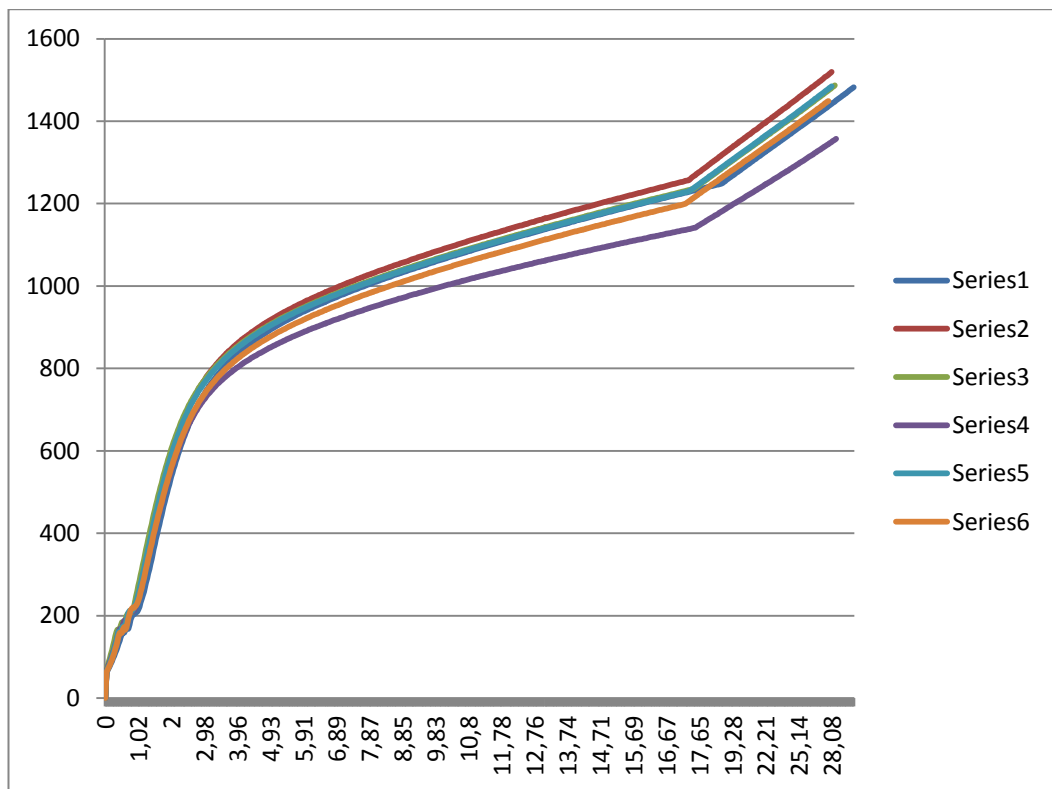
El embalaje ha de ser un sistema que amortigüe la vibración en la zona donde se presentan las frecuencias de resonancia de la muestra. Así se evita que el producto alcance la frecuencia de resonancia del material del que está hecho.

Los productos de EPS no suelen ser sometidos a estudios de vibración. El EPS es un material celular rígido que produce una alta amortiguación de la vibración. Se va a producir una disminución de la frecuencia de vibración transmitida al objeto hasta un valor muy pequeño. Por lo tanto, alcanzar la frecuencia de resonancia de una botella va a ser imposible durante un trayecto de transporte de mercancías.

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

D) DESPLAZAMIENTO

Otra comprobación que nos ayudará a saber si las características elegidas del material son las correctas es viendo los desplazamientos que sufren al aplicar diferentes fuerzas. A continuación se muestra la gráfica que compara el desplazamiento sufrido por el material en función de la fuerza a la que es sometido. Como anteriormente se ha escogido una densidad de 20 kg/m³, la comparación se realizará con los datos del material con densidad 18,25 kg/m³ sin reciclado. Se observa que ambas densidades no coinciden, y esto se debe a que en la DIN 55471 los diagramas de acolchado se presentan para densidades redondeadas. La compañía que comercializa la materia prima lo hace con estos valores de 18,25 kg/m³. La diferencia en los resultados finales va a ser mínima, por lo que nos permitimos su uso con fines didácticos.



Desplazamiento, mm

Fig. 44. Gráfica desplazamiento en función de la carga aplicada

Si sometemos al material a una fuerza de 200 N, el desplazamiento que sufre no supera apenas un milímetro. Esto equivale a un peso de 20,4 kg (recordemos que el peso de las botellas es menor que 1,6 kg). La única manera de conseguir una fuerza tan alta es mediante un impacto con una aceleración elevada; los impactos suelen ser instantáneos, lo que indica que

la deformación del material ocurrirá repentinamente, y en la mayoría de los casos, recuperará casi totalmente su forma.

E) AISLAMIENTO TÉRMICO

El tiempo de aislamiento térmico se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$t = m \cdot c \cdot \frac{\frac{1}{\alpha} + \frac{d}{\lambda}}{A \cdot 3,6} \cdot \ln \frac{\vartheta_m - \vartheta_i}{\vartheta_m - \vartheta_f} \quad (21)$$

Donde:

- t es el tiempo en horas. Buscaremos el tiempo mayor posible, para que la botella llegue en buenas condiciones de temperatura al cliente.
- c es el calor específico del producto, es decir $s = 3,77 \frac{kJ}{kg \cdot K}$
- m es el peso del producto, $m = 1,6 \text{ kg}$
- d es el espesor de la pared, $d=0,015\text{m}$. Se ha de tener en cuenta de que este espesor se empleará en las zonas más críticas; en el resto se procurará disminuir para ahorrar costes.
- $1/\alpha$ es la resistencia a la transmisión térmica a ambos lados de la pared del embalaje. Dependerá si el embalaje se encuentra en contacto con el artículo o no. Si se encuentra en contacto con un producto sólido, su valor es de $\frac{1}{\alpha} = 0,2 \frac{m^2 \cdot K}{W}$; sin embargo, si está en contacto con un intersticio de aire su valor será de $\frac{1}{\alpha} = 0,5 \frac{m^2 \cdot K}{W}$. Como dependiendo del tamaño de botella se dará un caso u otro, se realizarán cálculos con ambos valores.
- λ es la conductividad térmica de la espuma celular. Suponiendo que se encuentra a una temperatura de media de 10°C , $\lambda = 0,035 \frac{W}{m \cdot K}$
- ϑ_m es la temperatura ambiente media, que será en torno a $20 - 25^\circ\text{C}$.
- ϑ_i es la temperatura del producto embalado al comienzo del período de aislamiento térmico.
- ϑ_f es la temperatura del producto embalado al final del tiempo de aislamiento térmico (aunque dependerá del tipo de bebida, la recomendada para disfrutar del producto sería en torno a 15°C).
- A es la superficie interior del embalaje. Como actualmente no sabemos la superficie interior, haremos una estimación. Por ello, hallaremos el área de un cilindro (22) que contenga a la botella.

$$A_c = 2 \cdot A_o + A_l = 2 \cdot \pi \cdot R^2 + h \cdot l_o = 2 \cdot \pi \cdot R^2 + h \cdot (2 \cdot \pi \cdot R) \quad (22)$$

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

Donde

A_c es el área del cilindro

A_o es el área de la base

A_l es el área del cuerpo

R es el radio máximo del interior del empaque, $R=4,5$ cm.

h es la altura del interior del embalaje, $h=33,5$ cm.

Sustituyendo con los valores, obtenemos (23):

$$A_c = 2 \cdot A_o + A_l = 2 \cdot \pi \cdot 4,5^2 + 33,5 \cdot (2 \cdot \pi \cdot 4,5) = 0,11 \text{ m}^2 \quad (23)$$

Aplicando la fórmula anterior para el cálculo del tiempo de aislamiento y sustituyendo, considerando que $\vartheta_i = 5^\circ\text{C}$, $\vartheta_f = 15^\circ\text{C}$ y $\vartheta_m = 20^\circ\text{C}$, obtenemos los valores siguientes (24.1 y 24.2):

- Si las botellas están en contacto directo con el embalaje ($\frac{1}{\alpha} = 0,2 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$):

$$t = 1,6 \text{ kg} \cdot 3,77 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot \frac{0,2 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} + \frac{0,015 \text{ m}}{0,035 \frac{\text{m} \cdot \text{K}}{\text{W}}}}{0,11 \text{ m}^2 \cdot 3,6 \frac{\text{kJ}}{\text{W} \cdot \text{h}}} \cdot \ln \frac{(20 - 5)\text{K}}{(20 - 15)\text{K}} = 10,5 \text{ h} \quad (24.1)$$

- Si las botellas no se encuentran en contacto directo con el embalaje ($\frac{1}{\alpha} = 0,5 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}$):

$$t = 1,6 \text{ kg} \cdot 3,77 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot \frac{0,5 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} + \frac{0,015 \text{ m}}{0,035 \frac{\text{m} \cdot \text{K}}{\text{W}}}}{0,11 \text{ m}^2 \cdot 3,6 \frac{\text{kJ}}{\text{W} \cdot \text{h}}} \cdot \ln \frac{(20 - 5)\text{K}}{(20 - 15)\text{K}} = 15,5 \text{ h} \quad (24.2)$$

Con estos resultados observamos que va ser más beneficioso que la botella no se encuentre en contacto con el empaque en la medida de lo posible. Es obvio que va a estar apoyada generalmente sobre el culo, pero cuanto menor sea esta superficie de contacto, mayor aislamiento térmico se producirá, ya que la transmisión de calor será menor. De este modo la botella llegará al receptor a una temperatura inferior.

Por otro lado, si queremos calcular la temperatura final ϑ_f que tendrán las botellas tras 24 h introducidas en el embalaje a una temperatura de $\vartheta_i = 5^\circ\text{C}$, con una temperatura media del ambiente $\vartheta_m = 20^\circ\text{C}$, despejamos la fórmula anterior (25.1) y sustituimos los valores, y obtenemos (25.2) y (25.3):

$$\vartheta_f = \vartheta_m - \frac{\vartheta_m - \vartheta_i}{e \left(\frac{t \cdot A \cdot 3,6}{m \cdot c \cdot \left(\frac{1}{\alpha} + \frac{d}{\lambda} \right)} \right)} \quad (25.1)$$

- Si las botellas están en contacto directo con el embalaje ($\frac{1}{\alpha} = 0,2 \frac{m^2 \cdot K}{W}$):

$$\vartheta_f = 20 \text{ } ^\circ\text{C} - \frac{20 \text{ } ^\circ\text{C} - 5 \text{ } ^\circ\text{C}}{e \left(\frac{24h \cdot 0,11m^2 \cdot 3,6 \frac{kJ}{W \cdot K}}{1,6 \text{ kg} \cdot 3,77 \frac{kJ}{kg \cdot K} \left(0,2 \frac{m^2 \cdot K}{W} + \frac{0,015m}{0,035 \frac{W}{m \cdot K}} \right)} \right)} = 18,8 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (25.2)$$

- Si las botellas no se encuentran en contacto directo con el embalaje ($\frac{1}{\alpha} = 0,5 \frac{m^2 \cdot K}{W}$):

$$\vartheta_f = 20 \text{ } ^\circ\text{C} - \frac{20 \text{ } ^\circ\text{C} - 5 \text{ } ^\circ\text{C}}{e \left(\frac{24h \cdot 0,11m^2 \cdot 3,6 \frac{kJ}{W \cdot K}}{1,6 \text{ kg} \cdot 3,77 \frac{kJ}{kg \cdot K} \left(0,5 \frac{m^2 \cdot K}{W} + \frac{0,015m}{0,035 \frac{W}{m \cdot K}} \right)} \right)} = 17,2 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (25.3)$$

Por otra parte, vamos a calcular la temperatura final de las botellas ϑ_f (26.1. y 26.2) tras un viaje de 48 h, partiendo de una temperatura inicial del producto de $\vartheta_i = 5 \text{ } ^\circ\text{C}$, una temperatura ambiente de $\vartheta_m = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$.

- Si las botellas están en contacto directo con el embalaje ($\frac{1}{\alpha} = 0,2 \frac{m^2 \cdot K}{W}$):

$$\vartheta_f = 20 \text{ } ^\circ\text{C} - \frac{20 \text{ } ^\circ\text{C} - 5 \text{ } ^\circ\text{C}}{e \left(\frac{48h \cdot 0,11m^2 \cdot 3,6 \frac{kJ}{W \cdot K}}{1,6 \text{ kg} \cdot 3,77 \frac{kJ}{kg \cdot K} \left(0,2 \frac{m^2 \cdot K}{W} + \frac{0,015m}{0,035 \frac{W}{m \cdot K}} \right)} \right)} = 19,5 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (26.1)$$

- Si las botellas no se encuentran en contacto directo con el embalaje ($\frac{1}{\alpha} = 0,5 \frac{m^2 \cdot K}{W}$):

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

$$\vartheta_f = 20\text{ }^{\circ}\text{C} - \frac{20\text{ }^{\circ}\text{C} - 5\text{ }^{\circ}\text{C}}{e^{\left(\frac{48h \cdot 0,11\text{m}^2 \cdot 3,6 \frac{\text{kJ}}{\text{W}\cdot\text{K}}}{1,6\text{kg} \cdot 3,77 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \cdot \left(0,5 \frac{\text{m}^2\cdot\text{K}}{\text{W}} + \frac{0,015\text{m}}{0,035 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}} \right)} \right)}} = 19,9\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (26.2)$$

Observamos que las temperaturas aumentan en torno a 3 °C por 24 horas más de viaje en las mismas condiciones de temperatura. No representa un aumento considerado que pueda variar la calidad del producto interior, a pesar de que sería una temperatura superior a la recomendada para degustar estos productos.

Ahora se calculará la temperatura inicial ϑ_i (27.2 y 27.3) a la que debe introducirse la botella en el embalaje para que llegue a una temperatura de $\vartheta_f = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$, tras un viaje de 24 horas, cuando existe una temperatura ambiente de $\vartheta_m = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Despejando ϑ_i obtenemos (27.1):

$$\vartheta_i = \vartheta_m - \left[e^{\left(\frac{t \cdot A \cdot 3,6}{m \cdot c \cdot \left(\frac{1}{\alpha} + \frac{d}{\lambda} \right)} \right)} \cdot (\vartheta_m - \vartheta_f) \right] \quad (27.1)$$

- Si las botellas están en contacto directo con el embalaje ($\frac{1}{\alpha} = 0,2 \frac{\text{m}^2\cdot\text{K}}{\text{W}}$):

$$\vartheta_i = 20\text{ }^{\circ}\text{C} - \left[e^{\left(\frac{24h \cdot 0,11\text{m}^2 \cdot 3,6 \frac{\text{kJ}}{\text{W}\cdot\text{K}}}{1,6\text{kg} \cdot 3,77 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \cdot \left(0,2 \frac{\text{m}^2\cdot\text{K}}{\text{W}} + \frac{0,015\text{m}}{0,035 \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}} \right)} \right)} \cdot (20\text{ }^{\circ}\text{C} - 15\text{ }^{\circ}\text{C}) \right] = -41\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (27.2)$$

- Si las botellas están en contacto directo con el embalaje ($\frac{1}{\alpha} = 0,5 \frac{\text{m}^2\cdot\text{K}}{\text{W}}$):

$$\vartheta_i = 20\text{ }^\circ\text{C} - \left[e^{\left(\frac{24h \cdot 0,11m^2 \cdot 3,6 \frac{kJ}{W \cdot K}}{1,6kg \cdot 3,77 \frac{kJ}{kg \cdot K} \left(0,5 \frac{m^2 \cdot K}{W} + \frac{0,015m}{0,035 \left(\frac{W}{m \cdot K} \right)} \right)} \right)} \cdot (20\text{ }^\circ\text{C} - 15\text{ }^\circ\text{C}) \right] =$$

$$= -7,3\text{ }^\circ\text{C} \quad (27.3)$$

Supongamos en otro caso que la temperatura ambiente media es $\vartheta_m = 25\text{ }^\circ\text{C}$, la temperatura inicial de las botellas sigue siendo $\vartheta_i = 5\text{ }^\circ\text{C}$, y el tiempo de empaque de 24 horas. Vamos a calcular la temperatura final ϑ_f (28.1 y 28.2) a la que llegarán las botellas a su destino.

- Si las botellas están en contacto directo con el embalaje ($\frac{1}{\alpha} = 0,2 \frac{m^2 \cdot K}{W}$):

$$\vartheta_f = 25\text{ }^\circ\text{C} - \frac{25\text{ }^\circ\text{C} - 5\text{ }^\circ\text{C}}{e^{\left(\frac{24h \cdot 0,11m^2 \cdot 3,6 \frac{kJ}{W \cdot K}}{1,6kg \cdot 3,77 \frac{kJ}{kg \cdot K} \left(0,2 \frac{m^2 \cdot K}{W} + \frac{0,015m}{0,035 \frac{W}{m \cdot K}} \right)} \right)}} = 23,3\text{ }^\circ\text{C} \quad (28.1)$$

- Si las botellas no se encuentran en contacto directo con el embalaje ($\frac{1}{\alpha} = 0,5 \frac{m^2 \cdot K}{W}$):

$$\vartheta_f = 25\text{ }^\circ\text{C} - \frac{25\text{ }^\circ\text{C} - 5\text{ }^\circ\text{C}}{e^{\left(\frac{24h \cdot 0,11m^2 \cdot 3,6 \frac{kJ}{W \cdot K}}{1,6kg \cdot 3,77 \frac{kJ}{kg \cdot K} \left(0,5 \frac{m^2 \cdot K}{W} + \frac{0,015m}{0,035 \frac{W}{m \cdot K}} \right)} \right)}} = 21,3\text{ }^\circ\text{C} \quad (28.2)$$

Por último, se calculará el tiempo que aguantarán las botellas en el empaque (29.1 y 29.2) habiendo sido embaladas a una temperatura $\vartheta_i = 5\text{ }^\circ\text{C}$, queriendo que lleguen a su destino a una temperatura de $\vartheta_f = 15\text{ }^\circ\text{C}$, mientras que la temperatura media ambiente del viaje haya sido de $\vartheta_m = 25\text{ }^\circ\text{C}$.

- Si las botellas están en contacto directo con el embalaje ($\frac{1}{\alpha} = 0,2 \frac{m^2 \cdot K}{W}$):

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

$$t = 1,6 \text{ kg} \cdot 3,77 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot \frac{0,2 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} + \frac{0,015 \text{ m}}{0,035 \frac{\text{m} \cdot \text{K}}{\text{W}}}}{0,11 \text{ m}^2 \cdot 3,6 \frac{\text{kJ}}{\text{W} \cdot \text{h}}} \cdot \ln \frac{(25 - 5)\text{K}}{(25 - 15)\text{K}} = 6,63 \text{ h} \quad (29.1)$$

- Si las botellas no se encuentran en contacto directo con el embalaje (

$$\frac{1}{\alpha} = 0,5 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}}):$$

$$t = 1,6 \text{ kg} \cdot 3,77 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \cdot \frac{0,5 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{K}}{\text{W}} + \frac{0,015 \text{ m}}{0,035 \frac{\text{m} \cdot \text{K}}{\text{W}}}}{0,11 \text{ m}^2 \cdot 3,6 \frac{\text{kJ}}{\text{W} \cdot \text{h}}} \cdot \ln \frac{(25 - 5)\text{K}}{(25 - 15)\text{K}} = 9,8 \text{ h} \quad (29.2)$$

Los resultados obtenidos anteriormente se recogen en la tabla siguiente:

Tiempo almacenamiento	¿Botella con contacto directo con embalaje?	T ^a inicial, ϑ_i	T ^a final, ϑ_f	T ^a ambiente media, ϑ_m
10,5 h	Sí	5 °C	15 °C	20 °C
15,5 h	No	5 °C	15 °C	20 °C
24 h	Sí	5 °C	18,8 °C	20 °C
24 h	No	5 °C	17,2 °C	20 °C
48 h	Sí	5 °C	19,9 °C	20 °C
48 h	No	5 °C	19,5 °C	20 °C
24 h	Sí	-41 °C	15 °C	20 °C
24 h	No	-7,3 °C	15 °C	20 °C
24 h	Sí	5 °C	23,3 °C	25 °C
24 h	No	5 °C	21,3 °C	25 °C
6,63 h	Sí	5 °C	15 °C	25 °C
9,8 h	No	5 °C	15 °C	25 °C

Fig. 44. Tabla de resultados de aislamiento térmico

RESULTADOS

El espesor del embalaje afecta directamente al aislamiento térmico del mismo. Los valores varían en función de si la botella está en contacto con el embalaje o no. Siempre será más beneficioso para el aislamiento que entre ambos ocurra el menor contacto posible.

La temperatura media va a variar según la estación. Es obvio que en invierno será la época menos crítica. En algunos casos que la botella llegue a una temperatura correcta al destinatario puede ocurrir; durante invierno, las botellas en muchos casos están almacenadas en naves no calefactadas, lo

que significa que podrán ser introducidas en el embalaje sin necesidad de haber pasado por un refrigerador. Durante verano necesariamente deberán pasar por un refrigerador si se quiere que lleguen a la temperatura óptima al receptor.

Cabe destacar que no es recomendado sobrepasar el límite de congelación: Cuando un vino se ha congelado, algunos de sus componentes, como por ejemplo los tartratos, cambian su estructura química, y cuando el líquido se descongela, se polimerizan, y caen al fondo de la botella en forma de depósito. Estos sedimentos no son en absoluto nocivos y pueden ser removidos decantando el vino.

Cabe destacar que el sabor se verá afectado más o menos de acuerdo con la calidad del vino. Si el vino es relativamente sencillo y fácil de beber, se notará poco si hay alguna alteración de sabor. En cambio, si se trata de un vino premium y de calidad, el proceso de congelamiento y descongelamiento puede ocasionar un desajuste en su equilibrio y armonía.

Pero, ¿dónde está el límite de congelación?: Las bebidas alcohólicas contienen etanol (alcohol etílico). Éste tipo de alcohol tiene temperaturas de congelamiento (fusión) y ebullición (los pasos previos al cambio de estado de la materia) diferentes al del agua. La temperatura de ebullición del etanol es de 78.4° cuando la del agua es de 100°. A su vez, el agua se congela al alcanzar los 0°, mientras que el etanol necesita llegar a los -114°. El etanol, de hecho, es utilizado (además de en las bebidas y como desinfectante) como anticongelante, precisamente por ese “aguante” al frío.

Pero en realidad las bebidas alcohólicas necesitan mucha menos temperatura para congelarse ya que el etanol se encuentra rebajado con otras sustancias que necesitan menores temperaturas para llegar al congelamiento.

Por ejemplo, si tenemos un vino de 13% de graduación alcohólica, la temperatura de congelación será (30):

$$-114\text{ }^{\circ}\text{C} \cdot \frac{13\text{ \%}}{100\text{ \%}} = -14,8\text{ }^{\circ}\text{C} \quad (30)$$

Que se haya obtenido esta temperatura indica que, si sometemos a nuestro vino a 5 °C no sufrirá deposiciones ni cambios de sabores o aromas, ya que está muy lejos de su temperatura de congelación.

Lo mismo ocurrirá si es sometido a una alta temperatura. Se sabe que las altas temperaturas aumentan la hidrólisis ácida de ciertos ésteres fructosos, por lo que puede modificar el sabor y el olor si son sometidos a temperaturas durante largos períodos de tiempo. El transporte realizado en limitados casos

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

superará grandes periodos de tiempo, ya que al tratarse de un producto consumible, los productores ya tienen estas limitaciones en cuenta.

Por lo tanto, tras la comprobación mediante cálculos, se puede decir que el espesor escogido de embalaje para su protección también es correcto para el aislamiento que buscamos. Teniendo en cuenta los requerimientos mecánicos a los que ha sido sometido el embalaje, no es posible un sobredimensionamiento de espesor que aumente el aislamiento térmico, ya que no producirá la máxima protección sobre el artículo empacado.

3.2.3. ALTERNATIVAS CREADAS

El proceso de diseño del producto no es un método lineal ni tampoco fácilmente parametrizable. Sin embargo, es necesario que para llevarlo a cabo lo esquematicemos de algún modo. La actividad de diseño y desarrollo de productos puede ser dividida en cuatro fases principales: especificación del producto, diseño conceptual, diseño preliminar y detallamiento del diseño.

No existe una definición precisa que carezca de ambigüedades acerca de lo que es el diseño conceptual, dado que éste tiene diferentes fines y aparece de diferentes maneras en las subdisciplinas, como la arquitectura, diseño de interiores, diseño mecánico o diseño industrial. No obstante, todos estos poseen elementos comunes, y por tanto podemos resumir el proceso de diseño conceptual, como el conjunto de tareas encaminadas a obtener una solución a un problema planteado a partir de las especificaciones, requisitos y necesidades. El diseño conceptual sintetiza dicha solución en forma de conceptos, para poder expresarlos de manera esquematizada.

Al proceso de diseño conceptual le precede una investigación de mercado, que justifica la decisión de emprender el desarrollo del nuevo producto. La conceptualización del producto se basa en el resultado de una definición del producto, guiada por la especificación y unos requisitos. El objetivo consiste en generar y ensayar una serie de soluciones alternativas con objeto de identificar la más adecuada.

Desde un punto de vista metodológico, el diseño conceptual es un proceso creativo de resolución de problemas, capacitado por el conocimiento humano, la creatividad y el razonamiento. También puede entenderse como un proceso cognitivo, en el que la generación de ideas, la externalización, la síntesis y la manipulación de entidades mentales, llamados conceptos de diseño, toman lugar en un breve proceso evolutivo. (Horvatz, 2005)

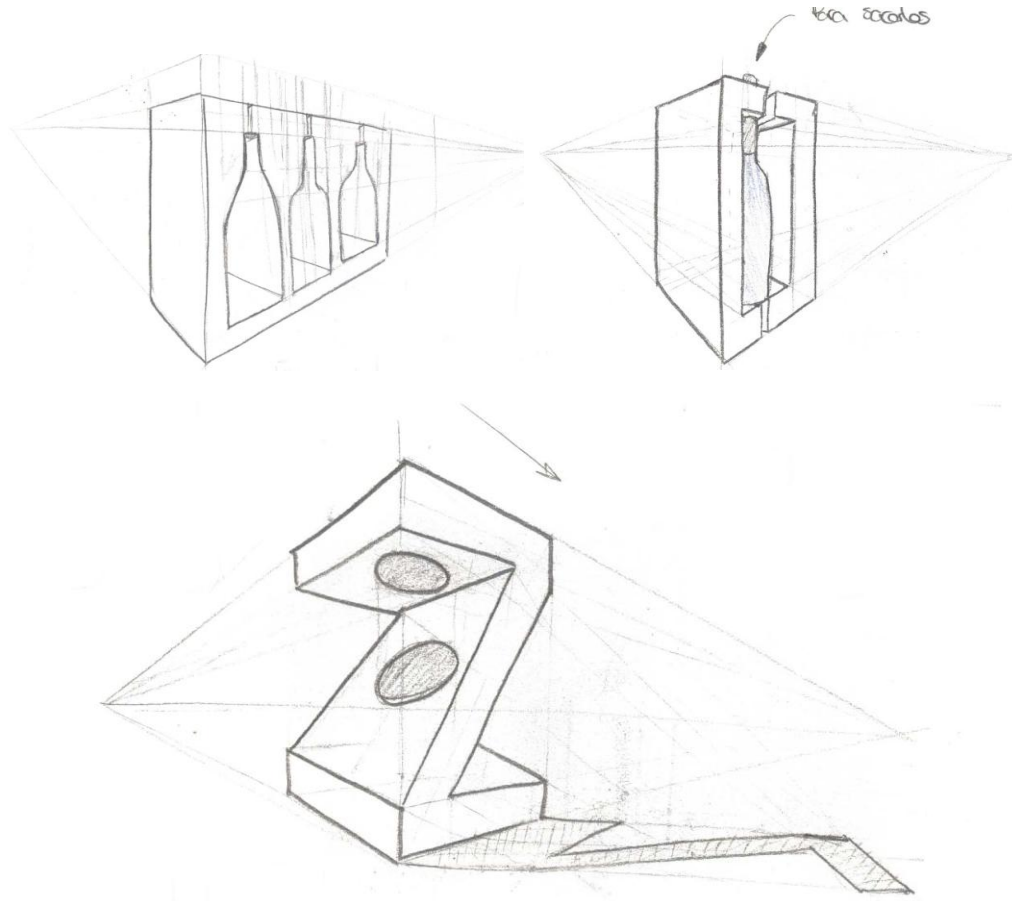
La fase de diseño conceptual es la más creativa y una de las más complicadas del proyecto, debido a que la información en el proceso conceptual evoluciona más que en ninguna otra fase del proceso de desarrollo del producto, desde un alto nivel de abstracción hasta niveles suficientes de detalle para definir la solución.

Esta etapa en el proceso de diseño, se caracteriza por hacer uso de conceptos abstractos y que poseen un alto nivel de incerteza en la información que se manipula. Es decir, muchas de las alternativas desarrolladas durante esta etapa no podrán hacerse realidad debido a diferentes limitaciones de material, procesos productivos, estética, etc. Es

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

una de las etapas más duraderas del proyecto. Normalmente se dedicara varios meses únicamente al diseño conceptual de alternativas.

El desarrollo de sistemas de diseño conceptual asistido por ordenador se encuentra con varios obstáculos como la dificultad de manejo. Los programas CAD han evolucionado para facilitar el trabajo creativo. Sin embargo, estos aún se encuentran lejos de reemplazar las técnicas más tradicionales como el bocetado (fig. 82-84).



Img. 82-84. Bocetado de ideas

Aunque sus costes implícitos son relativamente bajos (el equipo implicado es pequeño, los materiales necesarios son sencillos y no son específicos para el proceso) el impacto de esta fase en los costes finales del producto son relevantes, principalmente por las decisiones tomadas en esta fase son críticas. Las decisiones tomadas durante el proceso de diseño del producto son responsables de cerca del 75% de su coste final. Dentro de estas decisiones de diseño, es evidente que las más críticas son las que se toman dentro de la fase conceptual. Sus consecuencias en las fases posteriores son decisivas, teniendo unas altas repercusiones en la productividad y en los procesos de la fase de fabricación así como en la calidad del producto

Una vez establecidas las características del proceso de diseño, es necesario el estudio de la estética y la funcionalidad de los distintos embalajes creados. Se presentan una gran cantidad de propuestas, con ideas muy diferentes entre ellas; es fundamental a la hora de presentar a los clientes un catálogo, que este posea gran variedad y versatilidad.

1. Botellero COLMENA

Botellero simple compuesto por agujeros pasantes para las botellas (COLMENA I) (img. 85) . Contiene un sistema de pestañas que permite el ensamblaje de varios grupos. Al producirse la unión de un par de botelleros simples de capacidad 3, las cavidades aumentan hasta 8.

Este botellero se ajustaría a gran cantidad de botellas, puesto que la única restricción sería el diámetro mayor de la botella.

Permite el apilamiento de varios botelleros tanto en vertical como en horizontal.

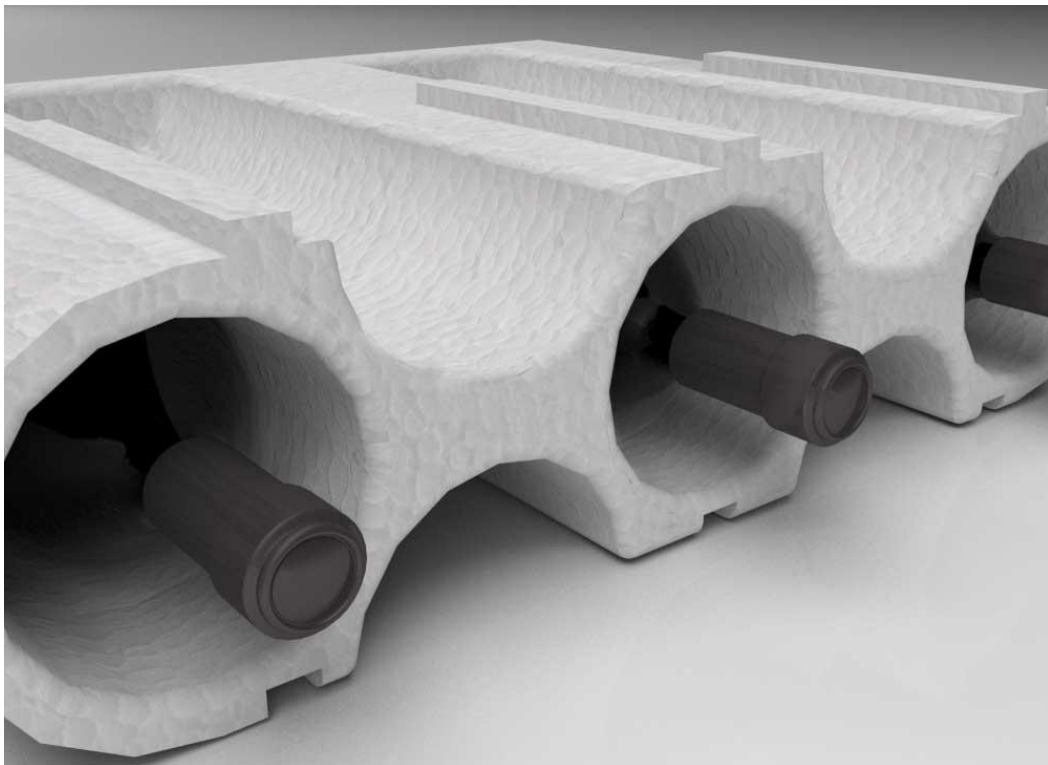
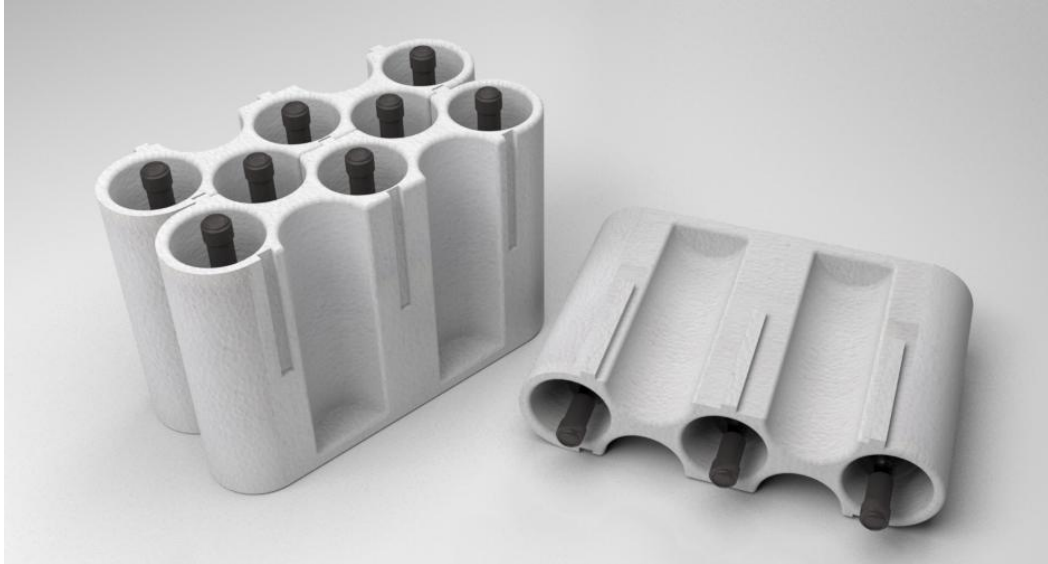
Es un botellero de costo muy reducido, ideal para la exposición de botellas. Si se quiere tratar como un embalaje presenta algunas carencias. Por lo tanto, para el transporte deberá utilizarse con una caja de cartón y una base que evite golpes bruscos sobre el culo de la botella.



Img. 85 Botellero Colmena

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

Como alternativa a este diseño, y siguiendo las mismas líneas de diseño, se creó una variante, COLMENA II (img. 86 y 87). En este caso se ha añadido una base en las cavidades, para mayor protección de la botella. El volumen de material empleado aumenta, por lo que el precio será un poco más elevado que el anterior.



Img. 86 y 87. Botellero COLMENA II

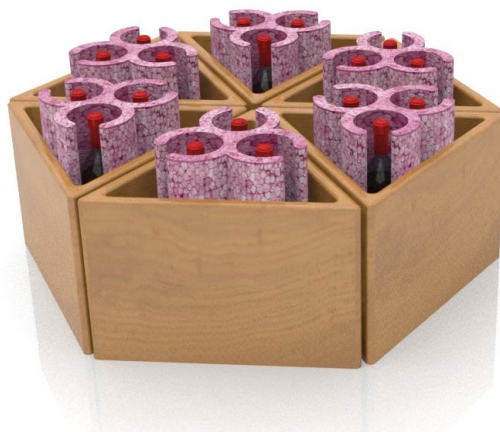
2. Botellero TRIÁNGULO

Con líneas más orgánicas, este botellero (img. 88) es una interpretación conceptual de las vides. Se compone por módulos de capacidad de 3, que poseen una abertura vertical; ésta permite el ajuste a gran variedad de botellas, ya que el EPS permite una cierta flexión. Este modelo no posee base y podría ser fabricado mediante un simple mecanizado de un bloque de EPS.



Img. 88. Botellero TRIÁNGULO

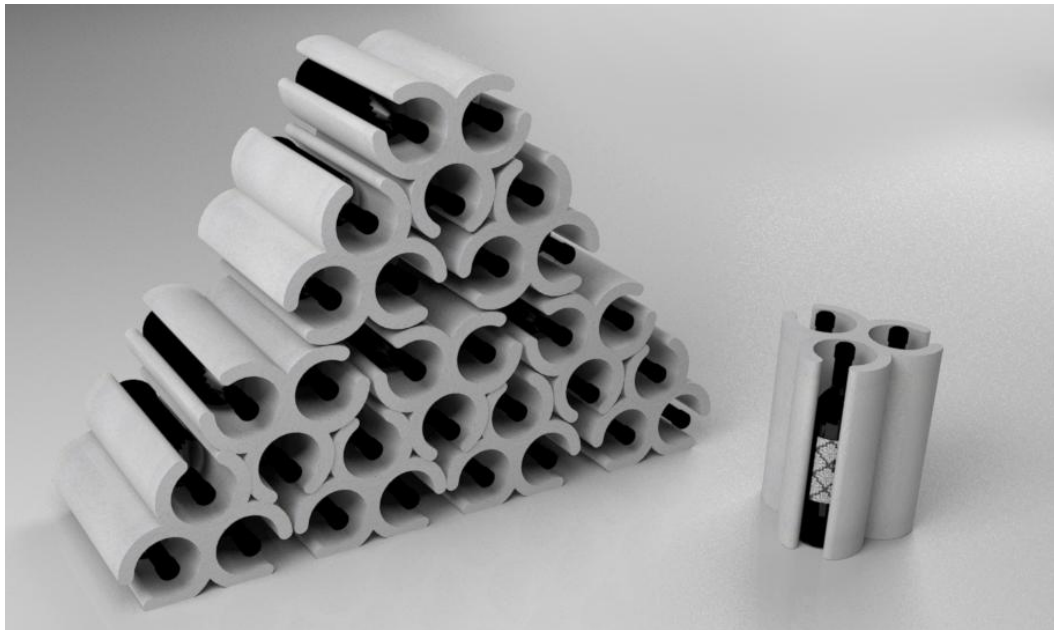
Este diseño no crea un aislamiento total de la botella, por lo que sería necesaria la utilización de algún elemento que complete ese aislamiento y la protección necesaria (img. 89).



Img. 89. Necesidad de caja

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

Gracias a su forma modular, este botellero permite realizar composiciones artísticas (img. 90) durante la exposición de las botellas.



Img. 90. Posibilidad de composiciones artísticas

3. Botellero ANILLAS

Es un concepto totalmente diferente de botellero: no busca la protección total de la botella, está más enfocado a la exposición. Mantiene alejadas las botellas unas de otras, pero no proporciona un aislamiento respecto al exterior, ni la protección necesaria durante la distribución (img. 91).

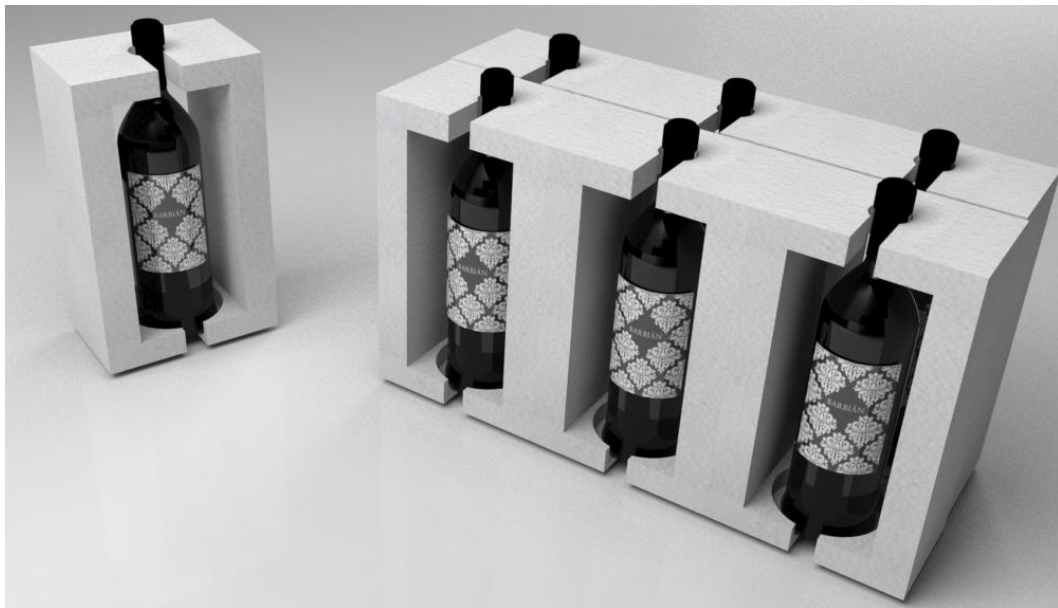


Img. 91. Botellero ANILLAS

4. Botellero CUADRADO

El minimalismo, en su ámbito más general, es la tendencia a reducir a lo esencial, a despojar de elementos sobrantes. Este empaque está dispuesto con líneas puras y rectas que añaden robustez, y que aportan al botellero aires innovadores a partir de elementos simplicistas.

Posee una forma prismática pasante que evita el contacto de los artículos. Tiene unas aberturas para permitir la colocación de la botella (img 92). La base coincide con la forma del culo de la botella, lo que produce una mejora en la sujeción.



Img. 92. Botellero CUADRADO

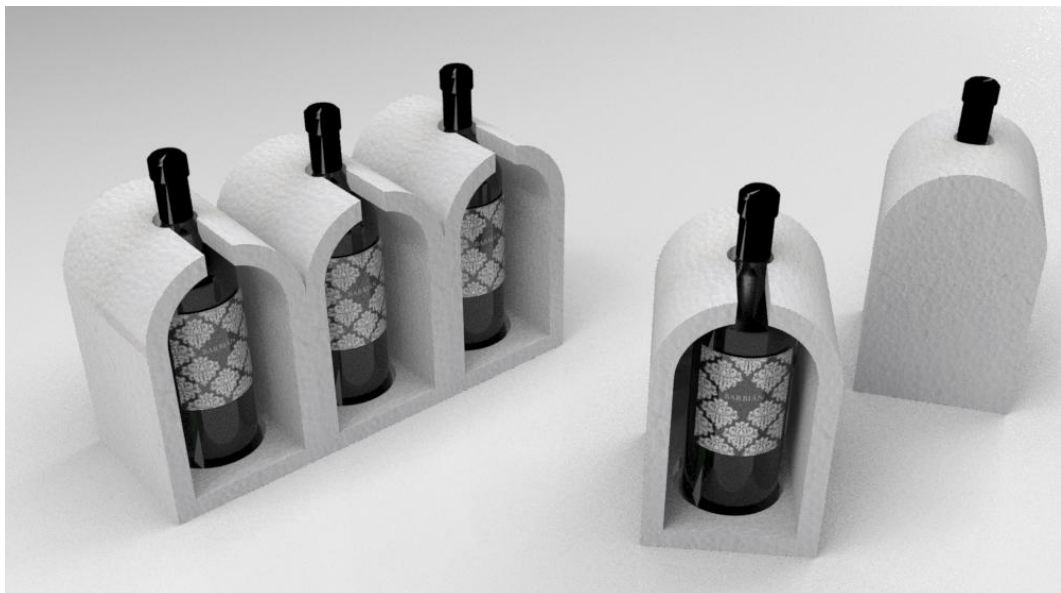
Siguiendo la misma dinámica, se crearon dos variantes más; una es semejante a la anterior pero con una reducción de la cantidad de materia prima (img. 93), y la otra incluye líneas curvas (img. 94), que hacen destacar las famosas curvas de las botellas.

3. APLICACIÓN PRÁCTICA



Img. 93. Variante con menos materia prima

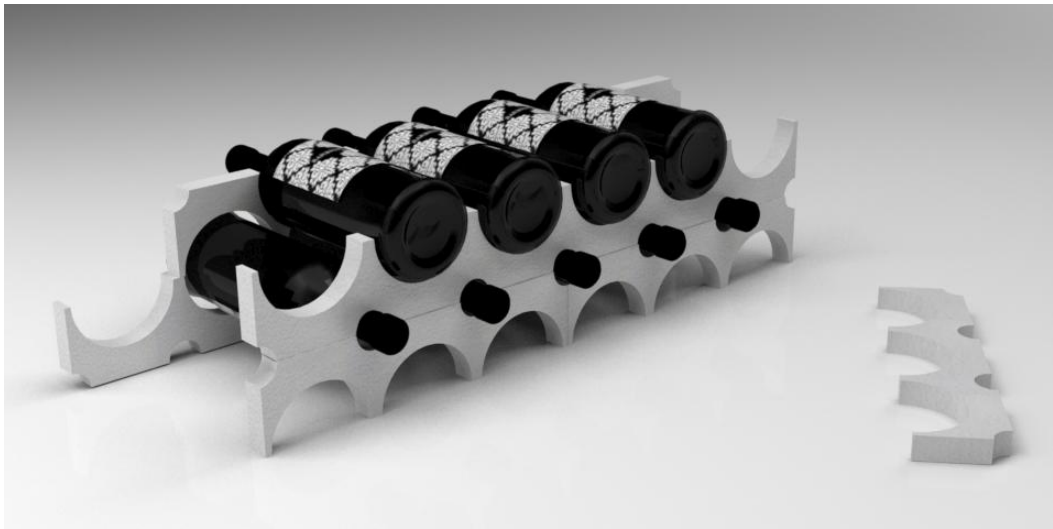
Estos botelleros, al no abrazar completamente a la botella, no realizarían la función de aislamiento tanto térmico como de suciedad. Está más enfocado a una exposición de botellas o a un pequeño transporte (comercio-casa). En el caso de transportes mayores, se incluiría una caja de cartón o similar para mayor aislamiento y menor riesgo de rotura.



Img. 94. Variante con curvas

5. Botellero QUESO

El siguiente diseño (img. 95) está enfocado al apilamiento horizontal de las botellas. Es fácilmente fabricable mediante un mecanizado de una plancha de EPS. Contiene unas aberturas que coinciden con el diámetro del culo de la botella y con el del cuello, de esta manera se puede realizar un almacenamiento fácil y seguro de la botella. Como las piezas están sometidas a compresión, no existiría problema en el apilamiento vertical de varias unidades, debido a la gran resistencia a compresión que ofrecen las células que componen la espuma.

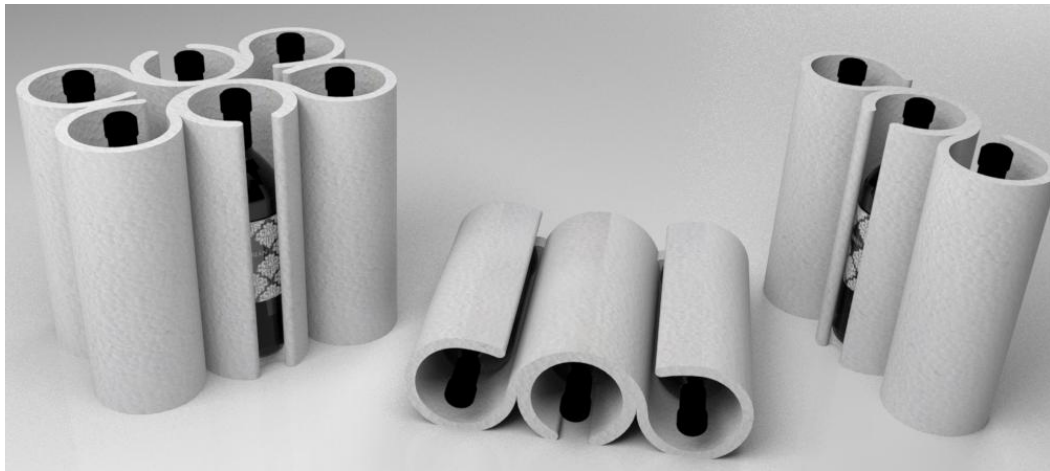


Img. 95. Botellero QUESO

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

6. Botellero VID I

Las líneas orgánicas de este embalaje también recuerdan a las ramas enrevesadas de la vid. En este diseño aporta continuidad y liviandad, a un producto tan pesado, como es una botella (img. 96). Incluye una base para evitar golpes bruscos. Posee una abertura vertical que permite que casi todo tipo de botellas se ajusten a las cavidades. Cada botella está completamente separada del resto, evitando así el riesgo de rotura. En primer lugar se realizó sin base, pero se llegó a la conclusión que esta era necesaria para una mayor protección del artículo.



Img. 96. Botellero VID I

Al no tener una tapa, las botellas no se encuentran totalmente protegidas, por lo que se optó por hacer otro modelo inspirado en el anterior (img. 97).



Img. 97. Botellero VID I con tapa

En este caso, se añade una base y una tapa, que al ser iguales, solo se necesitaría un molde. Sigue manteniendo la abertura lateral que permite ajustarse a gran cantidad de botellas. El aislamiento térmico y de suciedad no sería completo, pero esta apertura nos permite observar los artículos en el interior del embalaje incluso antes de ser abierto.

7. Botellero VID II

Basado en modelos anteriores, este botellero (img. 98) también sigue líneas orgánicas. Utilizando únicamente una unidad el botellero parece que pierde sentido, pero cuando se emplean dos, para capacidad de 8 botellas, se completa el diseño. Posee aberturas verticales para una mayor versatilidad a la hora de empacar las botellas. Se puede realizar con una base, lo que implicaría una inyección. En cambio, si es una geometría pasante podría realizarse mediante mecanizado. Es posible la necesidad de una caja para mayor protección.

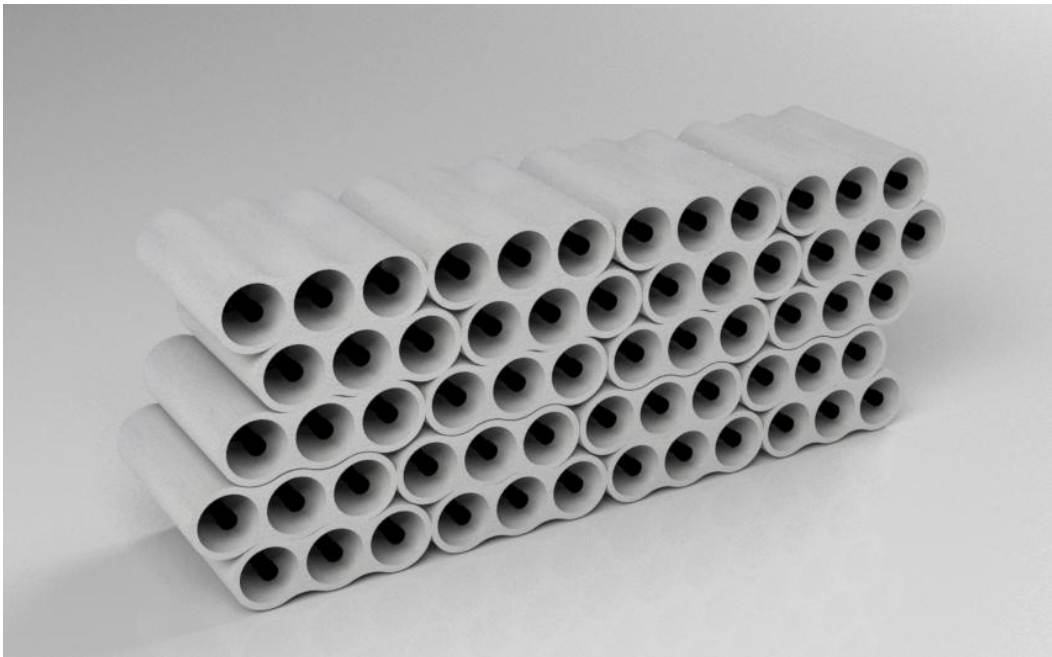
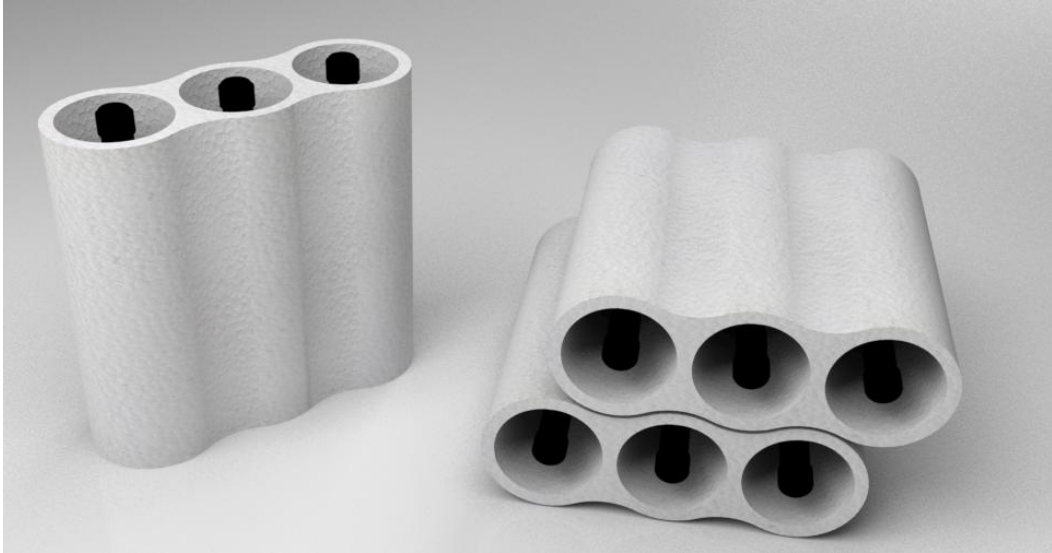


Img. 98. Botellero VID II

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

8. Botellero TANGENTE

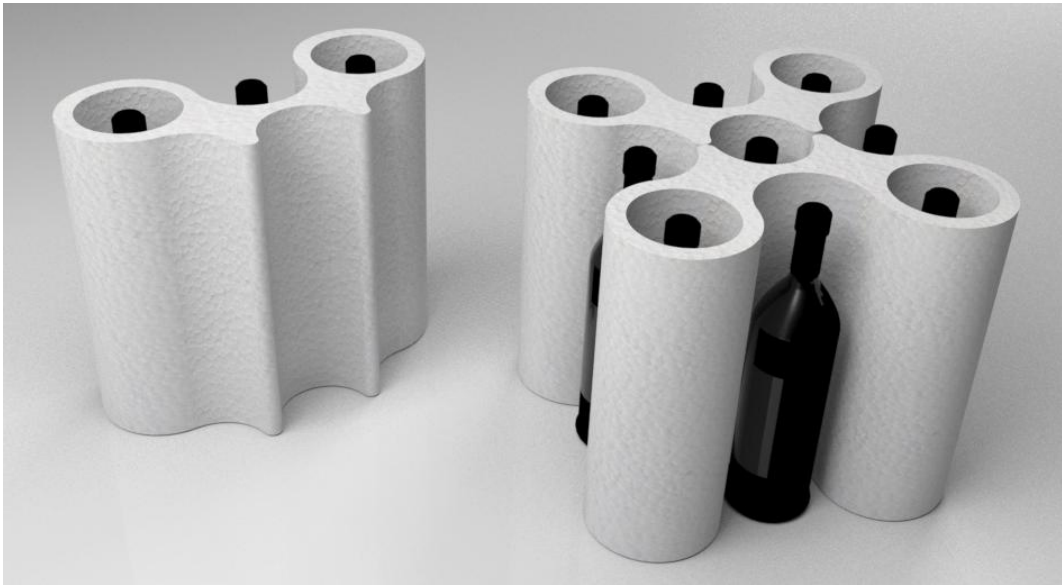
Este botellero posee una forma muy simple, también orgánica. Permite el apilamiento horizontal a la hora de la exposición o el transporte (img. 99 y 100). Se podría realizar mediante un simple mecanizado del poliestireno. No existe un aislamiento total de la botella, por lo que a mayores habría que añadir algún tipo de pieza para evitar la entrada de suciedad, humedad...



Img. 99 y 100. Botellero TANGENTE

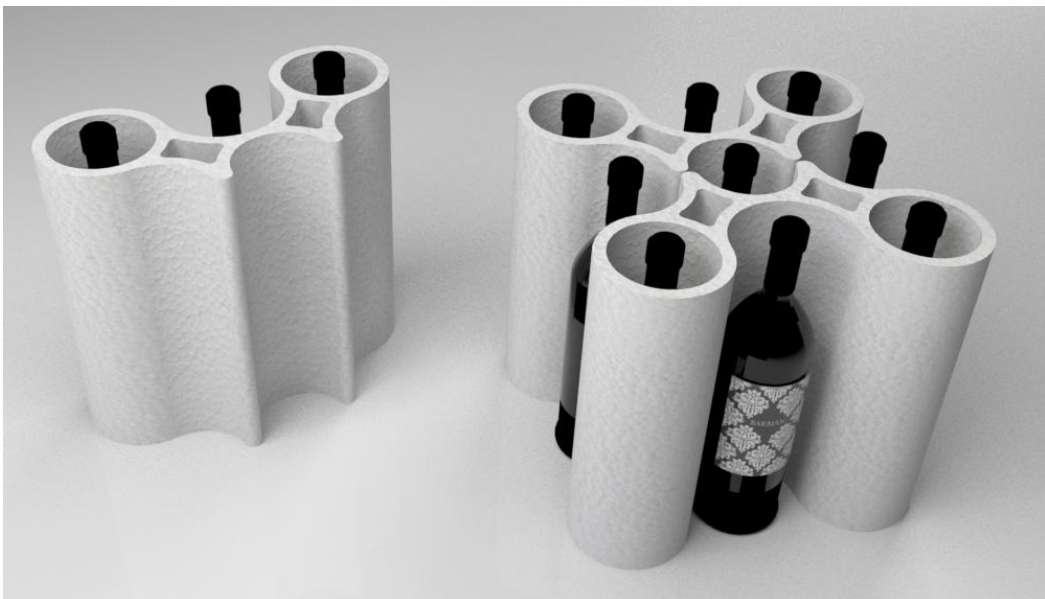
9. Botellero SAVOY

Este botellero mantiene las formas cilíndricas (img. 101), pero jugando con las formas. Cuando se unen dos botelleros se completa el diseño. A juntar las semipartes, la capacidad aumenta a 9 botellas. Sería necesario usarlo junto a otro elemento que asegure una llegada óptima al cliente, como puede ser una caja de cartón.



Img. 101. Botellero SAVOY

Buscando disminuir el volumen de la materia prima, se realizó una variación, vaciando las zonas internas entre botellas (img. 102).



Img. 102. Botellero SAVOY vaciado

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

Al no tener tapa, se realizó otra variante, que añadiendo una base y una tapa simétricas, mejora la protección contra golpes, suciedad y humedad (img. 103).



Img. 103. Botellero SAVOY con tapa

10. Botellero BALA

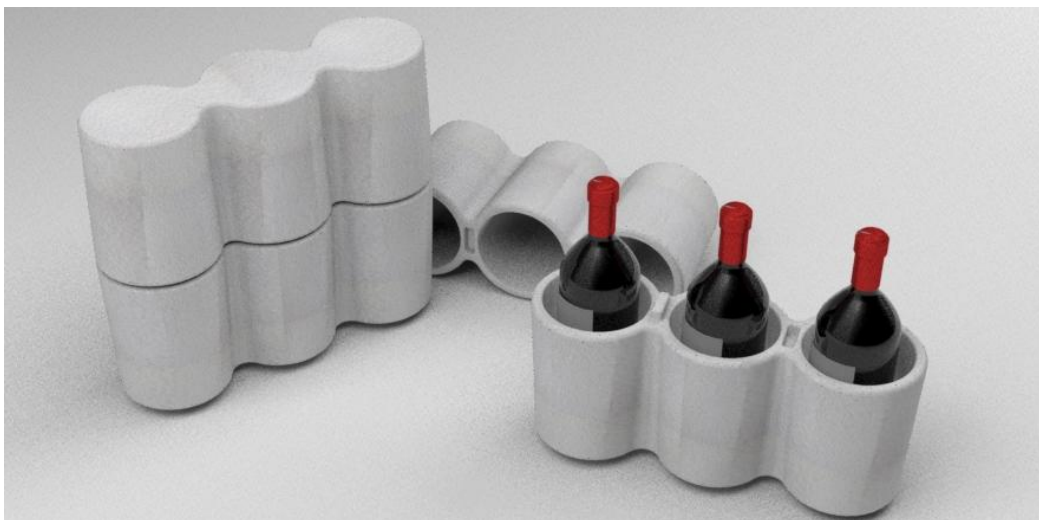
A continuación se muestra otra opción simple de botellero (img. 104). Compuesto por una base y tapas de diferentes formas, hace que sea necesario diferentes moldes para realizar cada parte. Aísla de golpes, suciedad, humedad y temperatura, pero es un botellero sin más, simple y que sólo aporta diseño.



Img. 104. Botellero BALA

11. Botellero SIMPLE

Diseño muy semejante al anterior, que arregla el problema de la fabricación de dos moldes. En este caso, tanto la base como la tapa son piezas simétricas, por lo tanto no es necesario dos moldes. Desgraciadamente, este tipo de embalajes no se aleja de lo ya existente en el mercado, y no aporta nada más que la protección de la botella (img. 105).

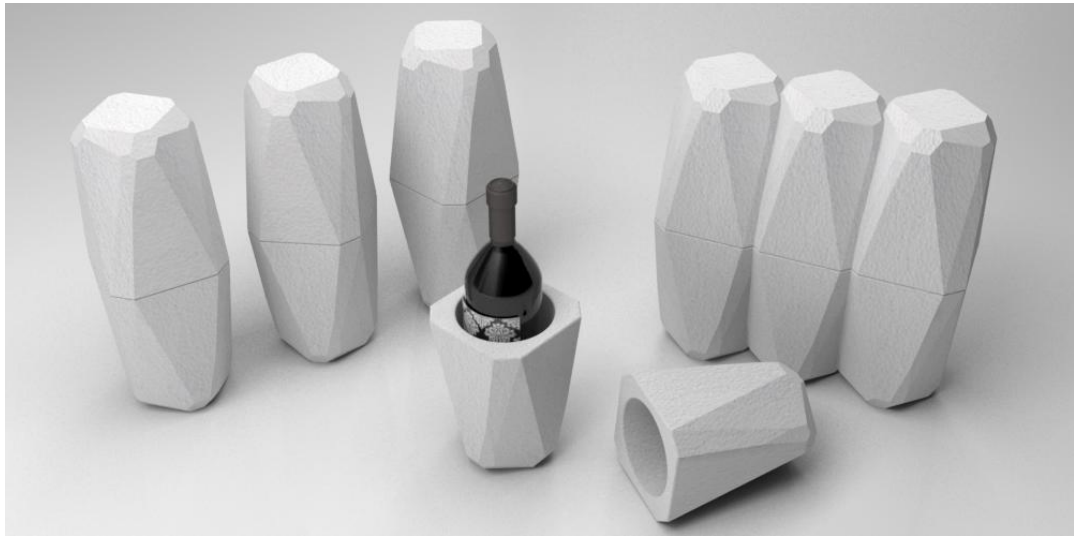


Img. 105. Botellero SIMPLE

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

12. Botellero DIAMANTE

Este botellero sigue la línea de los botelleros ya existentes, pero aporta un diseño que bien puede servir para una empresa más tradicional como una más juvenil. Está compuesto por una tapa y una base simétricas. Se puede realizar de diferentes capacidades, ya que mediante el uso de postizos ensamblados en el molde, las cavidades pueden ser modificadas.



Img. 106. Botellero DIAMANTE para capacidades 1 y 3

Las capacidades más empleadas en el mercado son para 1, 3, 6 y 12 botellas. Por ello, sin problema el molde se realizaría para las 12 cavidades, y mediante postizos se podría variar hasta capacidades menores.



Img. 107. Botellero DIAMANTE para capacidades 3 y 6

13. Botelleros con ASA

En este caso, nos alejamos de la idea tradicional de botellero, y nos centramos en la definición de embalaje. El embalaje está destinado al transporte (img. 108). Por ello, añadimos la importante función de facilitar esta acción (comercio-hogar). Es una idea innovadora, lejos de todas las que podemos encontrar actualmente. Posee un asa que permite el fácil transporte de la botella. A modo de seguridad, se puede añadir una cinta con la marca corporativa del establecimiento, aunque es opcional, ya que el sistema de pestañas permitirá un ensamblaje correcto de ambas partes.



Img. 108 y 109. Botellero ASA para diferentes capacidades

Las capacidades varían, y no habría problema a la hora de fabricarlo mediante un único molde y el uso de postizos.

Se han realizado diferentes diseños con formas variadas, pero todos ellos con la idea común del transporte con asa.



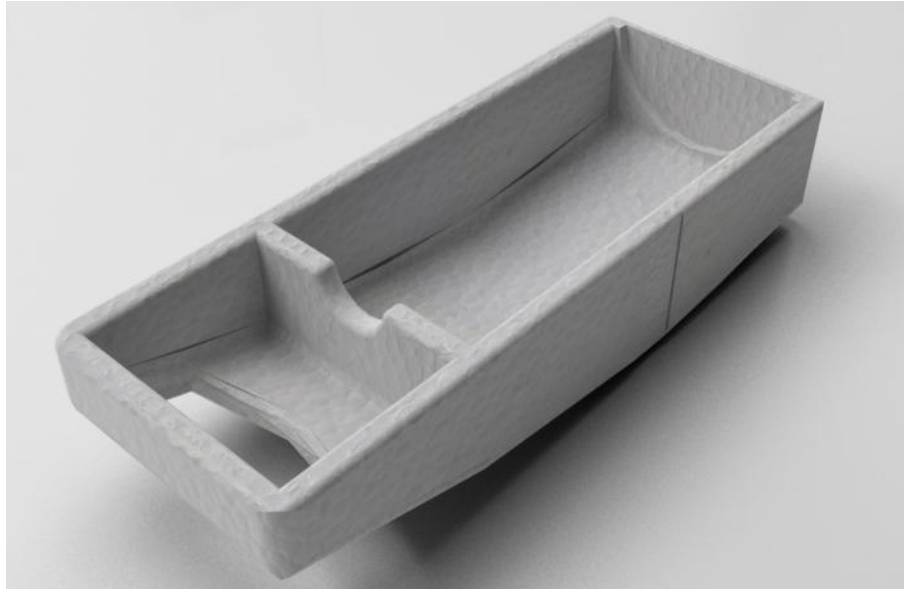
3. APLICACIÓN PRÁCTICA

La protección de la botella es buena, aunque no existe un aislamiento total del producto.



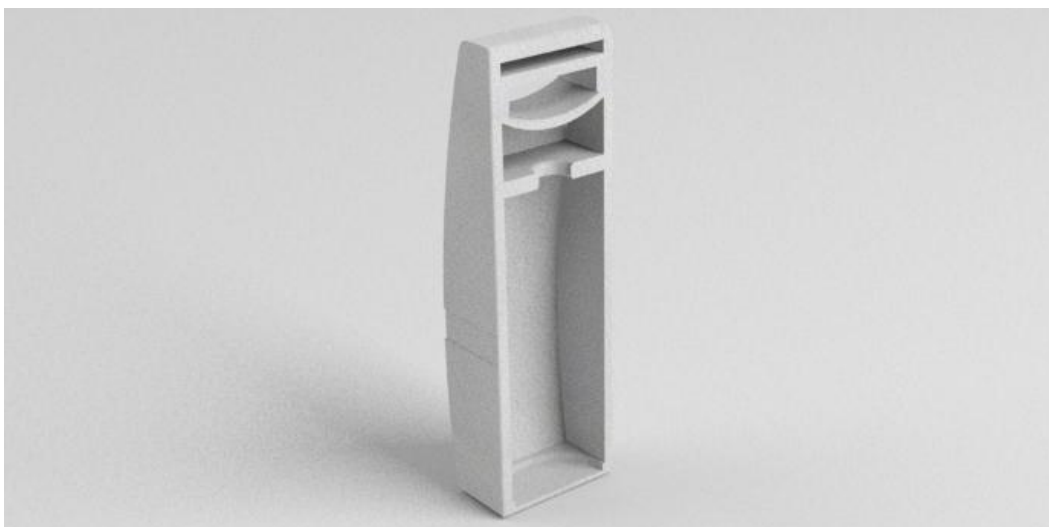
Img. 110 y 111. Diferentes diseños de botellero ASA

El interior del embalaje posee una pared que se ajusta al cuello de la botella (img. 112), de manera que aporte una sujeción y no permita el movimiento. La base de la botella se adaptará a las muescas que se pueden encontrar en el interior del empaque.



Img. 112. Interior de embalaje

Sin embargo, el principal problema que presentan estos botelleros es el aislamiento. Al tener la hendidura del asa, se pierde la capacidad de aislamiento con el exterior; de este modo tanto la suciedad y la temperatura, como la humedad pueden penetrar en el interior del embalaje. Por esta razón, se modificó el diseño (img. 113), de modo que el asa contenga una superficie hacia el interior del embalaje, que además de aislar completamente con el exterior, le aportará la resistencia que se necesita.



Img. 113. Modificación del botellero para aislamiento y mejor resistencia

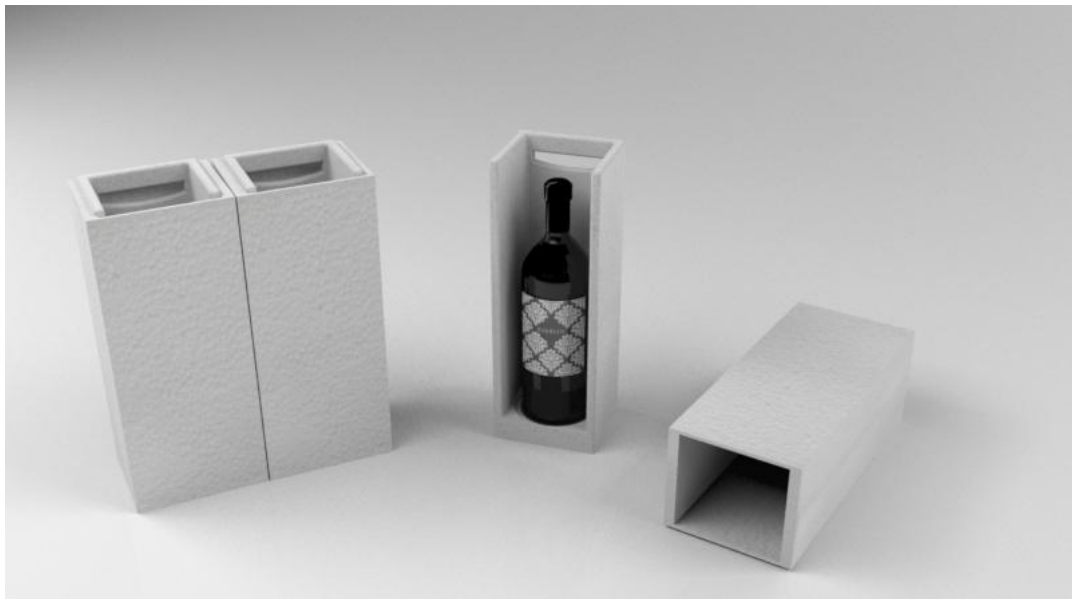
3. APLICACIÓN PRÁCTICA

14. Botellero DESLIZ

Este botellero es muy simple (img. 114 y 115), posee una parte interior donde van colocadas las botellas. Por otra parte, encontramos la caja sobre la que irán situadas.



Protegen correctamente a la botella, pero no la aíslan del exterior totalmente.



Img. 114 y 115. Botellero DESLIZ

15. Botellero OLA

Este botellero posee formas orgánicas que recuerdan a las curvas del mar, de ahí su nombre (fig. 116). Está realizado para capacidad de 3 botellas. La tapa y la base son la misma pieza. La fabricación sería mediante un moldeo por inyección en un molde. Las cavidades interiores se ajustan a la forma de la botella.



Fig. 116. Botellero OLA

16. Botellero ZIG-ZAG

Este botellero está compuesto por dos partes simétricas (fig. 117). Son ensambladas al ser giradas sobre sí mismas. La forma del mismo, permite que las botellas no entren en contacto entre ellas de ninguna manera. Se produce un aislamiento total del producto. No facilita el transporte pero tampoco lo complica, debido a su simple forma.

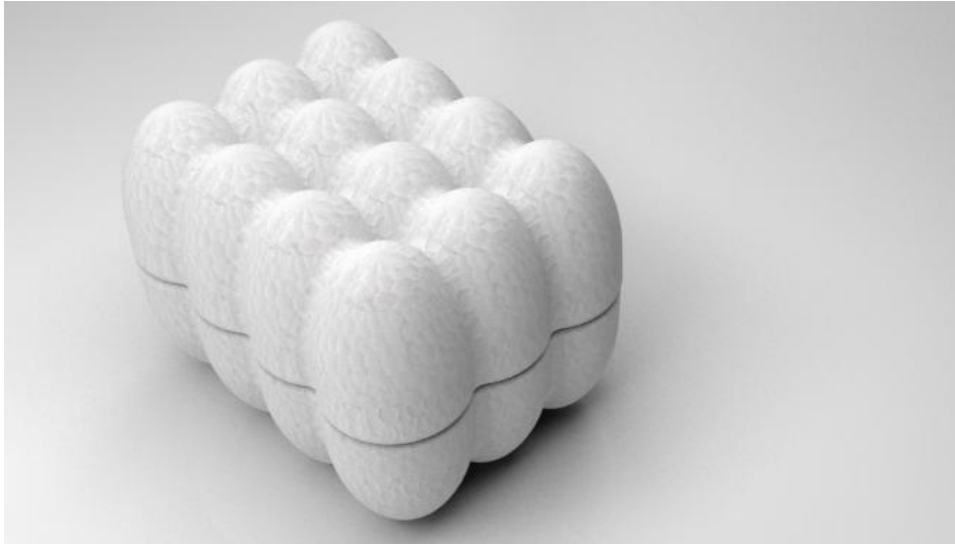


Fig. 117. Botellero ZIG-ZAG

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

17. Botellero HUEVO

Este botellero (img. 118) presenta una novedad en la forma, pero no aporta ningún carácter más. Sería fabricado por inyección en diferentes capacidades mediante el uso de postizos.



Img. 118. Botellero HUEVO

18. Botellero PUZZLE

La forma de este botellero permite la colocación formando un mosaico (img. 119), ya que las curvas intermedias del mismo coinciden con las curvas laterales. Es una forma innovadora y con una capacidad diferente a lo visto en el mercado. El aislamiento sería perfecto.



Img. 119. Botellero PUZZLE

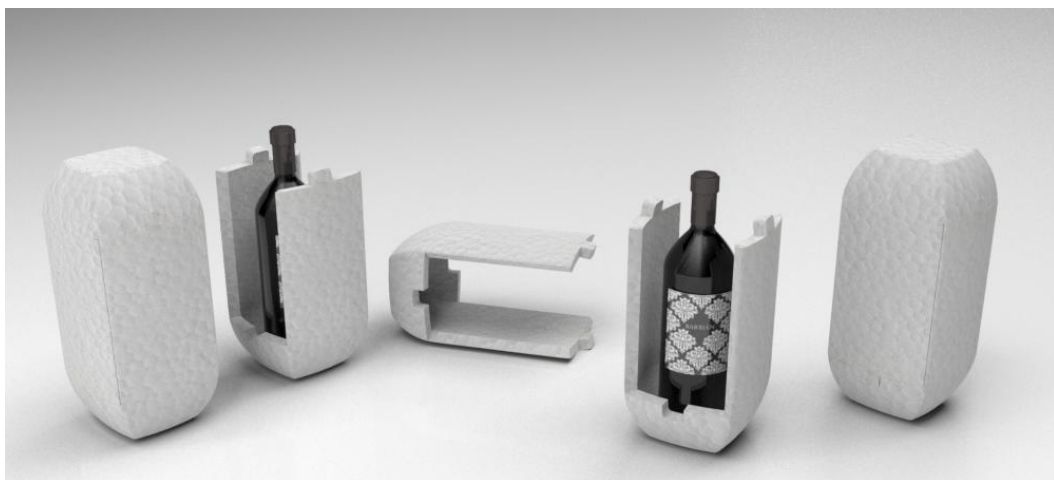
19. Botellero CAJA

Es un botellero simple, cuya tapa y base son la misma pieza (img. 120). El sistema de pestañas asegura el buen ensamblaje de las piezas. La mayor pega estaría en las capacidades fabricables: 1, 4, 9, 16... que no coinciden con las comercializadas actualmente. La protección de la botella frente a golpes, vibraciones suciedad y humedad sería óptima.



Img. 120. Botellero CAJA

Partiendo de la idea anterior, se diseñó otro botellero con líneas más curvas, Botellero CAJA RED (img. 121). Al añadir líneas más orgánicas, el diseño mejora, ya que lo hace más continuo.



Img. 121. Botellero CAJARED

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

20. Botellero RED

Este botellero es parecido al anterior en forma y sistema de ensamblaje, pero sin embargo este permite ser fabricado con las cavidades necesarias (img. 123). Volvemos a las líneas orgánicas, que conjuntan a la perfección con las de la botella. El botellero abraza a la botella como si se tratase de un tronco.



Img. 123. Botellero RED

No habría mayor dificultad en realizar de otras capacidades mediante la adición de algún postizo. Para la capacidad de 3 botellas encontramos el botellero RED triple (img. 124).



Img. 124. Botellero RED TRIPLE

3.3. RESULTADOS

3.3.1. PRESENTACIÓN DE ALTERNATIVAS A LOS CLIENTES

En la realización de este proyecto es de gran importancia la opinión de los posibles futuros clientes de nuestro embalaje. Por este motivo, se realizó un catálogo que mostraba las características formales y técnicas de los diseños más influyentes desde el punto de vista del diseñador.

El catálogo, que presenta las características de cada diseño, se presenta de una forma sencilla y concisa, donde se pretende llevar a la idea principal, un botellero con un diseño que abarque desde lo tradicional hasta lo renovado y con un coste reducido.

Este catálogo se puede consultar en el *ANEXO III: Catálogo de botelleros 2016*.

3.3.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Tras presentar las diferentes opciones, el siguiente paso es establecer cuál de las alternativas o propuestas presenta una mejor concepción del pliego de diseño grosso modo. A partir de las exigencias propuestas, se seleccionaron las propuestas que más se ajustaban al pliego. La solución escogida es sometida a exámenes más detallados y los estudios de síntesis para comprobar si efectivamente cumple cada uno de los requisitos establecidos.

Antes de seleccionar las alternativas finales, realizó una criba de los diseños que menos cumplían las necesidades básicas que aporta un embalaje. Las alternativas que si convencían desde un primer momento fueron las siguientes:

- Botellero Colmena en las dos variantes (I y II)
- Botellero VID I y VID II
- Botellero Diamante
- Botelleros con Asas
- Botellero La Ola
- Botellero Zig-zag
- Botellero Caja
- Botellero Caja Red
- Botellero Red y Red Triple

Estas alternativas fueron presentadas a diferentes clientes, junto a un estudio económico, siguiendo las directrices de la empresa fabricante, con el fin de obtener datos sobre cuál se ajusta más a las exigencias de la demanda. Para

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

ello, se realizó un catálogo con cada diseño seleccionado, sus posibilidades y sus puntos a destacar (ANEXO III). Las mejores críticas fueron obtenidas por el botellero diamante y el botellero con asas; posiblemente esta buena acogida de estos dos modelos se puede deber a la gran diferencia estética con los productos que ya encontramos en el mercado. Son modelos muy versátiles, con estéticas que se ajustan a diferentes personalidades. La simpleza es otra de las peculiaridades que los caracterizan. Aportan un aspecto cuidado y delicado al producto que encontramos en su interior.

A continuación se muestran los puntos a favor y en contra de cada botellero, además del precio calculado según el método económico establecido por la empresa. Los cálculos no son definitivos, pero sí aproximados, puesto que los botelleros van a sufrir modificaciones que mejoren tanto su diseño como su funcionalidad. Por ello, en cada diseño, se establece una tabla con la información general referida a:

- Dimensiones de los botelleros (largo x ancho x alto)
- Cavidades que puede albergar un molde para ese embalaje
- Piezas necesarias inyectadas para completar un embalaje
- Número de botelleros obtenidos en cada inyección (Cavidades/Piezas necesarias inyectadas)
- Peso del botellero
- Cantidad de botellas que puede albergar cada embalaje
- Precio total del embalaje
- Precio por botella

A) COLMENA I

-A favor:

- Apilable horizontal y verticalmente
- Posibilidad de fabricar 1, 3 o 6
- Posibilidad de ensamblaje entre varios
- Al juntar 2 botelleros de 3 botellas de capacidad cada uno, obtenemos una capacidad de 8 botellas
- Más barato

-En contra:

- No base, necesidad de otro elemento como caja.
- Necesidad de extrusora grande por gran altura
- Posibilidad de fabricación por mecanizado
- No se ajusta a muchos tipos de botella.
- Posible dificultad al desmoldear, debido a su altura
- Diseño semejante a existente de Polysur
- Sin tapa
- Limitación altura 30 cm

DIMENSIONES (mm)	CAVIDADES MOLDE	PIEZAS NECESARIAS	BOTELLEROS OBTENIDOS	PESO TOTAL botellero(g)	CAPACIDAD	PRECIO TOTAL (€)	PRECIO/BOT.
443*246*300	9	1	9	200	8	0,64 €	0,08 €

Fig. 45. Características botellero Colmena I.

B) COLMENA II

-A favor:

- Apilable horizontal y verticalmente
- Posibilidad de fabricar 1, 3 o 6
- Posibilidad de ensamblaje entre varios
- Al juntar 2 botelleros de 3 botellas de capacidad cada uno, obtenemos una capacidad de 8 botellas
- Con base, por lo que se excluye la necesidad de otro elemento para aislar las botellas.

-En contra:

- No se ajusta a muchos tipos de botella.
- Posible dificultad al desmoldear, debido a su altura

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

- Sin tapa
- Limitación de 30 cm de altura

DIMENSIONES (mm)	CAVIDADES MOLDE	PIEZAS NECESARIAS/BOT	BOTELLEROS OBTENIDOS	PESO TOTAL botellero(g)	CAPACIDAD	PRECIO TOTAL (€)	PRECIO/BOT.
443*240*300	9	1	9	220	8	0,69 €	0,09 €

Fig. 46. Características botellero Colmena II.

C) VID I

-A favor:

- Posibilidad de fabricar con base
- Diseño diferente a lo existente
- Ajustable a diferentes tipos de botellas debido a sus ranuras verticales

-En contra:

- Si no se fabrica con base, se puede hacer por mecanizado
- Posible dificultad al desmoldear, debido a su altura
- Sin tapa

DIMENSIONES (mm)	CAVIDADES MOLDE	PIEZAS NECESARIAS/BOT	BOTELLEROS OBTENIDOS	PESO TOTAL botellero(g)	CAPACIDAD	PRECIO TOTAL (€)	PRECIO /BOT.
345*115*300	24	1	24	76	3	0,34 €	0,11 €

Fig. 46. Características botellero VID I.

D) VID II

-A favor:

- Con base y tapa
- Diseño diferente a lo existente
- Ajustable a diferentes tipos de botellas debido a sus ranuras verticales

-En contra:

- Necesidad de dos moldes diferentes para su fabricación. Si no, se podría variar su diseño

DIMENSIONES (mm)	CAVIDADES MOLDE	PIEZAS NECESARIAS /BOT	BOTELLEROS OBTENIDOS	PESO TOTAL botellero(g)	CAPACIDAD	PRECIO TOTAL (€)	PRECIO/BOT.
335*110*340	24	2	12	85	3	0,35 €	0,12 €

Fig. 47. Características botellero VID II

E) DIAMANTE

-A favor:

- Con base y tapa
- Diseño único y con actitud
- Posibilidad de 1, 3, 6...

-En contra:

- Volumen materia prima

DIMENSIONES (mm)	CAVIDADES MOLDE	PIEZAS NECESARIAS/BOT	BOTELLEROS OBTENIDOS	PESO TOTAL botellero(g)	CAPACIDAD	PRECIO TOTAL (€)	PRECIO/BOT.
120*120*330	24	2	12	30	1	0,40 €	0,40 €
340*120*330	12	2	6	80	3	0,57 €	0,19 €
340*230*330	12	2	6	150	6	0,72 €	0,12 €

Fig. 48. Características botellero DIAMANTE

F) BOTELLEROS CON ASA

-A favor:

- Con base y tapa
- Diseño innovador.
- Asa para poder transportar
- Diferentes diseños
- Marca para sujeción de la botella
- Interior estudiado para diferentes tamaños de botellas
- Pensado para introducir un diseño de marca
- Apilables
- Fabricable para 3 o 1

-En contra:

- Posible rotura del asa. Necesarios estudios.
- No pensado para exposición de la botella

DIMENSIONES (mm)	CAVIDADES MOLDE	PIEZAS NECESARIAS/BOT	BOTELLEROS OBTENIDOS	PESO TOTAL botellero(g)	CAPACIDAD	PRECIO TOTAL (€)	PRECIO/BOT.
320*135*330	8	2	4	70	3	0,62 €	0,21 €

Fig. 49. Características botellero con ASA triple

DIMENSIONES (mm)	CAVIDADES MOLDE	PIEZAS NECESARIAS /BOT	BOTELLEROS OBTENIDOS	PESO TOTAL botellero(g)	CAPACIDAD	PRECIO TOTAL (€)	PRECIO/BOT.
113*135*330	16	2	8	30	1	0,44 €	0,44 €

Fig. 50. Características botellero con ASA unitarios

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

G) OLA

-A favor:

- Con base y tapa
- Interior estudiado para diferentes tamaños de botellas
- Apilables
- No necesidad de otro elemento como caja

-En contra:

- Búsqueda de forma que se ajuste a todas las botellas

DIMENSIONES (mm)	CAVIDADES MOLDE	PIEZAS NECESARIAS/BOT	BOTELLEROS OBTENIDOS	PESO TOTAL botellero(g)	CAPACIDAD	PRECIO TOTAL (€)	PRECIO/BOT.
325*310*130	8	2	4	130	3	0,61 €	0,20 €

Fig. 50. Características botellero OLA

H) ZIG-ZAG

• A favor:

- Con base y tapa
- Diseño innovador
- No necesidad de otro elemento como caja

• En contra:

- Posible rotura. Necesarios estudios.
- Para botellas inferiores a 30 cm, debido al límite de altura de las extrusoras.

DIMENSIONES (mm)	CAVIDADES MOLDE	PIEZAS NECESARIAS /BOT	BOTELLEROS OBTENIDOS	PESO TOTAL botellero(g)	CAPACIDAD	PRECIO TOTAL (€)	PRECIO/BOT.
320*115*300	24	2	12	80	3	0,52 €	0,17 €

Fig. 51. Características botellero ZIG-ZAG

H) CAJA

-A favor:

- Con base y tapa
- Pestañas para mejor ensamblaje
- No necesidad de otro elemento como caja
- Fabricable para 1 o 3

-En contra:

- Posible rotura de pestañas. Necesarios estudios.
- ¿Desmoldeo fácil?
- Para botellas inferiores a 30 cm si se desmoldea en esa dirección, debido al límite de altura de las inyectoras.

DIMENSIONES (mm)	CAVIDADES MOLDE	PIEZAS NECESARIAS /BOT	BOTELLEROS OBTENIDOS	PESO TOTAL botellero(g)	CAPACIDAD	PRECIO TOTAL (€)	PRECIO/BOT.
110*110*330	66	2	33	30	1	0,37 €	0,37 €

Fig. 52. Características botellero CAJA

J) CAJA RED

-A favor:

- Con base y tapa
- Pestañas para mejor ensamblaje
- No necesidad de otro elemento como caja
- Fabricable para 1 o 3 botellas

-En contra:

- Posible rotura de pestañas. Necesarios estudios.
- Para botellas inferiores a 30 cm si se desmoldea en esa dirección, debido al límite de altura de las extrusoras.
- Este diseño no desmoldea. Es necesario realizar cambios.

DIMENSIONES (mm)	CAVIDADES MOLDE	PIEZAS NECESARIAS /BOT	BOTELLEROS OBTENIDOS	PESO TOTAL botellero(g)	CAPACIDAD	PRECIO TOTAL (€)	PRECIO/BOT.
120*120*330	55	2	27,5	55	1	0,43 €	0,43 €

Fig. 53. Características botellero CAJA RED

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

K) RED

-A favor:

- Con base y tapa.
- Pestañas para mejor ensamblaje.
- No necesidad de otro elemento como caja.
- Posibilidad de fabricar de 1, 3 o 6 botellas.

-En contra:

- Posible rotura de pestañas. Necesarios estudios.
- Para botellas inferiores a 30 cm si se desmoldea en esa dirección, debido al límite de altura de las inyectoras.
- Posibilidad de fabricar de 1, 3 o 6 botellas.
- Este diseño no desmoldea.

DIMENSIONES (mm)	CAVIDADES MOLDE	PIEZAS NECESARIAS/BOT	BOTELLEROS OBTENIDOS	PESO TOTAL botellero(g)	CAPACIDAD	PRECIO TOTAL (€)	PRECIO/BOT.
120*120*330	60	2	30	32	1	0,38 €	0,38 €

Fig. 54. Características botellero RED

L) RED TRIPE

-A favor:

- Con base y tapa.
- Pestañas para mejor ensamblaje.
- No necesidad de otro elemento como caja.
- Posibilidad de fabricar de 1, 3 o 6 botellas.

-En contra:

- Limitación de altura de 30 cm para inyectar.
- Este diseño no desmoldea. Es necesario realizar modificaciones.
-

DIMENSIONES (mm)	CAVIDADES MOLDE	PIEZAS NECESARIAS/BOT	BOTELLEROS OBTENIDOS	PESO TOTAL botellero(g)	CAPACIDAD	PRECIO TOTAL (€)	PRECIO/BOT.
340*120*330	8	2	4	90	3	0,66 €	0,22 €

Fig. 55. Características botellero RED TRIPLE

Cumplimiento del pliego

1. Botellero Colmena I y II

A pesar de ser botelleros simples, de fácil fabricación, y de reducido peso, no cumplen los requisitos de nuestro pliego. Es un botellero totalmente funcional, pero se aleja de lo que se busca en este proyecto. No aporta un aislamiento ni una protección total. Si se quieren realizar mediante inyección, existe la limitación de una altura máxima de 30 cm, lo que condicionaría la altura del mismo.

2. Botelleros VID I y VID II

Al igual que el botellero anterior, debe ser desechado por no cumplir el plan inicial del pliego de diseño. Es cierto que es un botellero con una personalidad orgánica y liviana, pero sus aperturas no permiten el aislamiento ni la protección total del artículo. Puede que en otros casos aporte los requisitos necesarios, pero, en nuestro caso no cumple con el pliego de condiciones.

3. Botellero Diamante

Es un botellero simple, con gran personalidad. Aporta robustez pero al mismo tiempo delicadeza debido a geometría semejante a un cristal. Es fácilmente modulable, sencillamente fabricable y resistente. Aísla completamente a la botella tanto de la temperatura como de la humedad y suciedad. Es un posible diseño final, ya que cumple con todos los requisitos del pliego de diseño.

4. Botelleros con asa

Este embalaje añade una función que el resto no posee. Unas asas que facilitan el transporte. Es un punto muy a favor que ofrece una diferencia que lo hace sobresalir. La principal pega viene cuando se quieren realizar botelleros de capacidad mayor de 3. Colocar 4 botellas o más en línea no es la manera más adecuada para transportarlas. Además de ser aparatoso, existe un riesgo de que el embalaje no lo soporte. Con un buen diseño no habría problemas, pero está claro que habría que pensar en una nueva manera de distribución de las botellas en el embalaje, que siga permitiendo una modularidad para el mayor aprovechamiento del molde. La idea principal del botellero era el envío de muestras de bebidas de alta calidad. Estos envíos no se realizan de maneras industriales, sino que se contrata un servicio de mensajería para llevarlo a la puerta de la casa donde se quiera entregar. Por lo tanto, ¿son necesarias las asas? En absoluto, son un elemento del que se puede prescindir con nuestro enunciado. No deja de ser una buena idea, pero, en mi opinión, no es necesaria para el rumbo que tiene este proyecto. Posiblemente la mejor manera de comercialización de este empaque es en una tienda vinícola tras comprar uno de sus productos.

5. Botellero La Ola

Posee un diseño diferente al resto. Aprovecha las ventajas que aporta la inyección del material para mostrar geometrías más alejadas de lo existente en el mercado. El principal problema es la modularidad del mismo. No se podría aumentar la altura de las piezas inyectadas para permitir una mayor capacidad de botellas. Esto es una gran limitación, ya que el diseño solo funcionaría con una capacidad de 3 botellas, ni más ni menos.

6. Botellero Zig-Zag

La principal limitación de este botellero es la altura que posee. Como ya indicamos, las máquinas inyectoras de la fábrica poseen un requerimiento de que la distancia máxima en la dirección de la apertura de moldes sea de 30cm. Como también se indicó en el estudio de mercado, la distancia interior escogida para el empaque es de 33,5cm, lo que nos lleva a exponer que este botellero no sería posible de fabricar con estas máquinas. Otra posible limitación sería la dificultad de desmoldear. Al poseer paredes tan largas, y no ser continuas, una posibilidad de rotura mientras se produce el desmoldeo es un riesgo más que probable.

7. Botellero Caja

Al igual que el botellero anterior, posee la limitación de la altura. Habría que modificar el diseño para que pueda producirse en la fábrica. Es un botellero tan simple que no aporta nada. Es semejante a lo existente ya en el mercado. Opino que por mucho que varíe el diseño, no va a mejorar para alcanzar a otros que sí cumplen el pliego actualmente.

8. Botellero Caja Red

Este embalaje nace de la necesidad de modificar el empaque anterior. Las líneas curvas le aportan mayor continuidad. Las variantes formales permiten que ya pueda ser fabricado en las máquinas de inyección accesibles. Es un botellero que sí cumple el pliego. El diseño es simple pero a la vez moderno, aunque su forma lo hace parecer otro botellero industrial. Desgraciadamente, los comerciantes de botellas de alta calidad, no buscan un embalaje industrial, sino un diferente, por lo que este será el principal motivo de desecho de este empaque.

9. Botellero Caja Red II

Este botellero se inspira en el anterior. Posee las mismas líneas, aunque el segundo es menos orgánico. Abraza a la botella como si se tratara de un trono. La limitación de este botellero es que, del modo en el que está expuesto, no desmoldea, por lo que habría que modificar la parte superior del mismo para hacer posible su fabricación. Su modularidad se puede llevar a cabo sin problema, para capacidades de 1 a 12 botellas.

Por lo tanto, el embalaje que mejor cumple el pliego de diseño es el **Botellero Diamante**. Además de cumplir con estos requisitos técnicos, fue uno de los que más gustó entre los posibles futuros clientes del producto.

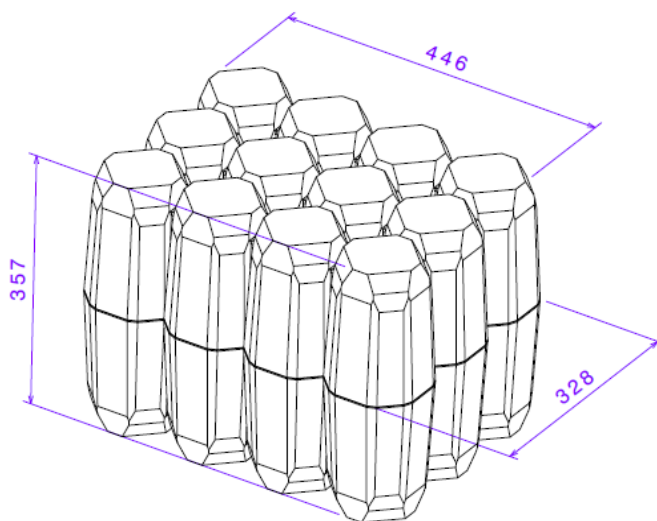
3.3.3. DESARROLLO DEL DISEÑO

Como se indicó en apartados anteriores, el embalaje que cumplía los requisitos del pliego de manera más correcta, y las diferentes necesidades estipuladas para el diseño, fue el botellero Diamante.

Sin embargo, el diseño de este empaque tuvo que ser sometido a diferentes variaciones para llegar a cumplir correctamente el pliego. Al comienzo, durante la fase conceptual, se realizó un diseño que en ese momento cumplía los requisitos establecidos. A lo largo que se fue desarrollando el proyecto, estas necesidades aumentaron o se modificaron. Por lo tanto, el diseño conceptual del botellero Diamante tuvo que ser modificado para cumplir con las especificaciones establecidas.

ASPECTOS FORMALES Y DIMENSIONALES

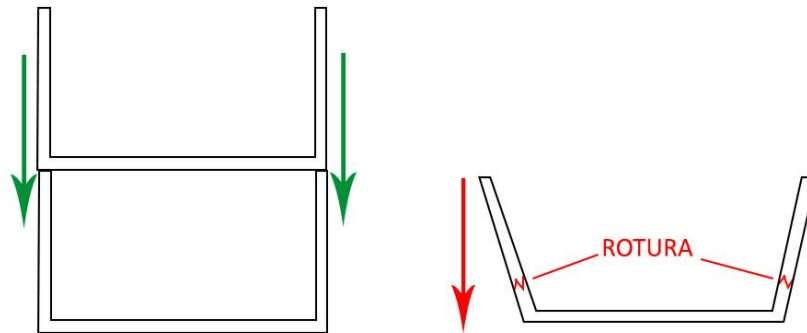
-Dimensiones del embalaje: Hubo que realizar una serie de estudios de mercado hasta que se determinaron los tamaños más convenientes tanto para el interior como el exterior del empaque. El exterior del empaque, debía ser el mínimo posible, teniendo en cuenta la restricción de espesor de pared de 15 mm. Como se indicó en apartados anteriores, las dimensiones interiores mínimas del embalaje serían de 9 cm de diámetro y 32,7 cm de altura (img. 125).



Img. 125. Dimensiones generales para el embalaje de doce botellas

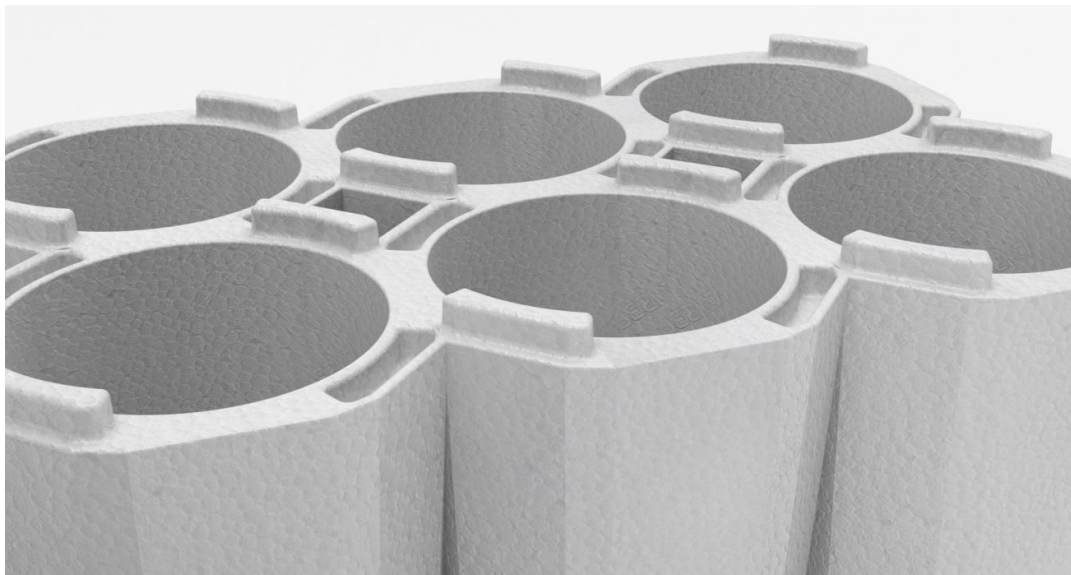
3. APLICACIÓN PRÁCTICA

-Paredes del empaque. Por regla general, cuanto más verticales sean las paredes, el esfuerzo se transmitirá de una manera más correcta al suelo del embalaje, de manera que se evite la rotura de de las paredes (img. 126). El esquema inferior muestra de manera concisa el concepto.



Img. 126. Esquema que muestra la optimización al emplear paredes verticales

-Sistema de pestañas: Fue necesario diseñar un método de ensamblaje entre ambas partes. Es un punto fundamental para el embalaje, ya que durante un impacto, las piezas tienden a separarse, por lo que el producto interior sale al exterior. De este modo, es mucho más posible que se produzca una rotura de la botella en un golpe contra el suelo que contra una superficie de EPS.



Img. 127. Sistema de pestañas para embalaje

-Modularibilidad: En este tipo de embalajes, es muy importante que se pueda variar su capacidad. Por ello, el modelo principal debía tener una geometría que fuera fácilmente modulable. Cuando se produce la unión de varios de estos módulos, se añade un nervio que aporta resistencia al conjunto.

RESISTENCIA

-Para contrarrestar el peligro de comba de las paredes de grandes dimensiones, conviene que las superficies portantes se sitúen lo más cerca posible de las esquinas estables, es decir, que cuanto más verticales sean las paredes, las tensiones estarán más repartidas.



Img. 128. Apilabilidad del embalaje

-Radios de acuerdo que distribuyan las tensiones. Los proveedores de materia prima aconsejan que todas las geometrías posean radios de acuerdo. Esto se debe a la forma de la materia prima; esta está compuesta por pequeñas perlas, por lo que, es más fácil que estas llenen toda la cavidad si las esquinas poseen redondeos. Otra razón es por la concentración de tensiones. Los radios de acuerdo contribuyen a una mayor distribución de las tensiones acumuladas en zonas. A mayor radio de acuerdo, existirá una mayor distribución.

Img. 129. Redondeos aplicados sobre el embalaje



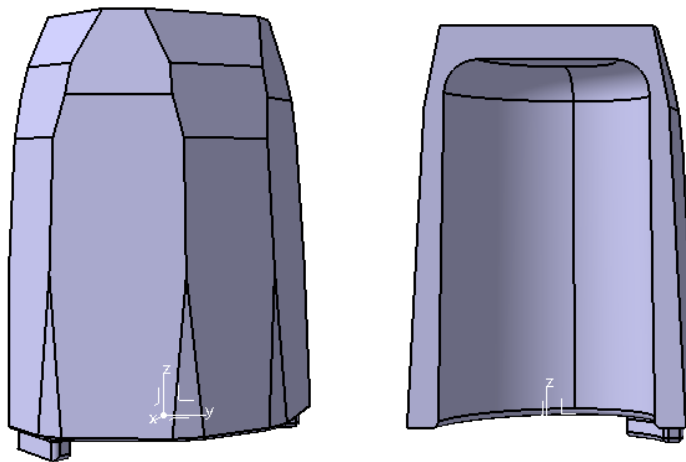
3. APLICACIÓN PRÁCTICA

La mayoría de las aristas están vivas porque el diseño lo podía, pero sin embargo, en esas zonas mostraban muy bajas tensiones de Von Mises, por lo que no existe riesgo.

-Pestañas de menor altura que agujero para asegurar un diseño duradero. Si las pestañas poseen la misma altura que el agujero, es muy posible que se produzca contacto entre ambos, comprimiéndose así las pestañas. Si las pestañas poseen una dimensión menor en el eje vertical, no se va a producir este contacto, y esta condición no va a afectar negativamente al diseño.

FABRICACIÓN

-Ángulos de desmoldeo: Todo el botellero posee ángulos de desmoldeo mayores o iguales a 2° que aseguran la expulsión correcta de la cavidad del molde. Esto implicó realizar una modificación de la estética para permitir que se produzca un desmoldeo sin riesgos. El diseño anterior, debido a que no poseía simetría, hacía más complicado el trabajar sobre él, la dificultad para realizar estudios de resistencia y de expulsión del molde era mucho mayor.



Img. 130. Esquemas que muestran las paredes inclinadas del embalaje.

3.3.4. ESTUDIO DE DESMOLDEO

El lanzamiento de un nuevo producto siempre entraña cierto nivel de incertidumbre, por ello, hay que realizar todos los estudios posibles sobre la viabilidad del proyecto. En el caso de la inyección, implica la adquisición de costoso molde; en el caso de que el diseño no sea el correcto, implicará una gran cantidad de pérdidas.

Por ello, se deben analizar las posibilidades de fabricación, como la geometría de la pieza, su resistencia mecánica, los hundimientos, el grosor de las paredes, etc. con el fin de optimizar costes, producción y duración del molde.

Un error frecuente en las piezas moldeadas por inyección es la solicitud de un acabado superficial mejor del que la pieza necesita; aumenta el coste de fabricación del molde y se retrasa el plazo de entrega. Es más aconsejable un acabado de pieza sin finalidad estética.

Las piezas moldeadas por inyección necesitan un ángulo de desmoldeo que facilite la expulsión de la pieza. Una pieza bien diseñada tiene un ángulo de desmoldeo mínimo de 0,5 grados en todas las caras verticales. Si el diseño de la pieza lo permite, es preferible dejar entre 2 y 3 grados. En caso de un gran texturizado o de superficies complejas, pueden ser necesarios 5 grados o más.

Gracias a los programas CAD, la adición de ángulos de desmoldeo es simple. En el moldeo de termoplásticos puede ser útil una cierta lubricación, siempre que no genere problemas de contaminación superficial de las piezas. Por tanto es muy importante la selección del lubricante. En algunos procesos, como la fabricación de tubos por bobinado, el uso de un lubricante, especialmente al molibdeno, entre la película de desmoldeo y el molde puede facilitar su extracción.

La máxima eficiencia se obtiene con grasas de silicona, pero los restos de grasa que inevitablemente quedan en la superficie del producto pueden contaminar mediante su simple manejo a cualquier otro producto que, si debe ir pintado, puede ocasionar problemas de muy difícil solución.

En muchos casos, el que se encarga de aplicar los ángulos de desmoldeo es el moldista, es decir, la persona que se encarga de realizar el molde. Se le proporciona un archivo CAD sin ángulos que permitan la expulsión del artículo, y él es el que se encarga de aplicar estos ángulos. Cada moldista tendrá unas consideraciones de diseño para aplicar un ángulo u otro; los hay que trabajan con 2°, otros con hasta 5°. En nuestro caso, los ángulos empleados tanto en el interior del embalaje, como en las pestañas tanto positivas como negativas son de 2°; el exterior del embalaje posee ángulos de 2° o superiores.

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

Este análisis fue realizado con el software Catia V5. Dentro del módulo Part Design, la herramienta empleada fue la de Draft Analysis.

Para llevar a cabo este tipo de análisis, es muy importante saber interpretar los resultados del programa. Para conocer si se puede llevar a cabo un desmoldeo o no, una escala de colores nos indicará qué ángulo posee cada superficie del embalaje.

Aquellas zonas que se encuentre en verde desmoldearán sin ningún problema, mientras que las que se encuentran en color rojo, no desmoldean. En algunos casos, que ciertas partes no desmoldean es una condición estipulada a propósito. Aunque es cierto que esto estará relacionado con que el molde sufra mayores desgastes y la pieza posible roturas al ser expulsada.

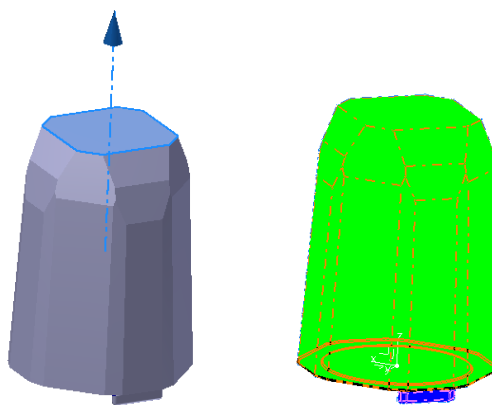


Img. 82. Visualización de ángulos en Catia

Como punto a destacar, se ha de tener en cuenta de que se deben realizar los análisis en ambos sentidos de la dirección de desmoldeo, porque los moldes se mueven en ambas trayectorias.

CAPACIDAD 1

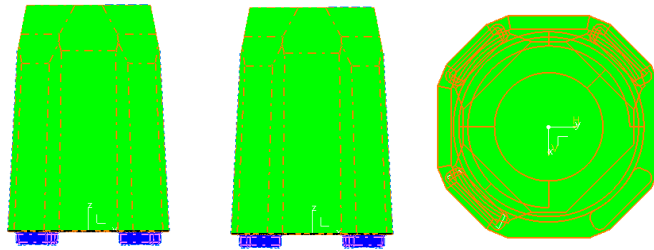
En primer lugar, se va a realizar el desmoldeo en la dirección que indica la cara exterior del embalaje. En la primera imagen (Img. 131) observamos esta dirección de desmoldeo, mientras que en la segunda (Img. 132) observamos el análisis de desmoldeo.



Img. 131 y 132

Los resultados obtenidos se muestran en las imágenes siguientes (Img. 133-135). Como podemos observar, las zonas que poseen ángulos de 2° o superior presentan el color verde establecido en la escala. Las zonas en azul

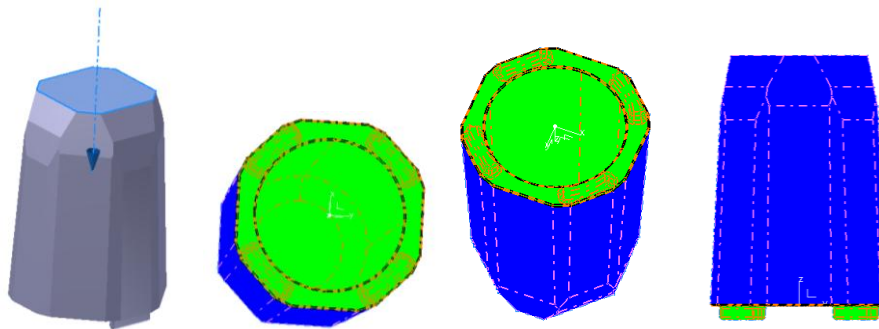
presentan ángulos por debajo de 0° ; esto ocurre porque el estudio se está realizando respecto a un sentido de desmoldeo.



Img. 133-135

En las imágenes superiores (Img. 133-135) se muestran el alzado, planta y perfil izquierdo del modelo. Observamos que la zona exterior se encuentra en color verde, lo que nos indica que se producirá la correcta expulsión del molde sin riesgos sobre el embalaje o sobre el molde. Los ángulos establecidos para este modelo, concretamente entre 2 y 3 grados, aseguran que la expulsión de la pieza del molde se realizará de una manera totalmente factible.

Como se indicó anteriormente, se ha de realizar el estudio en el sentido opuesto al anterior, como se indica en la imagen siguiente (Img.. 136):



Img. 136-139

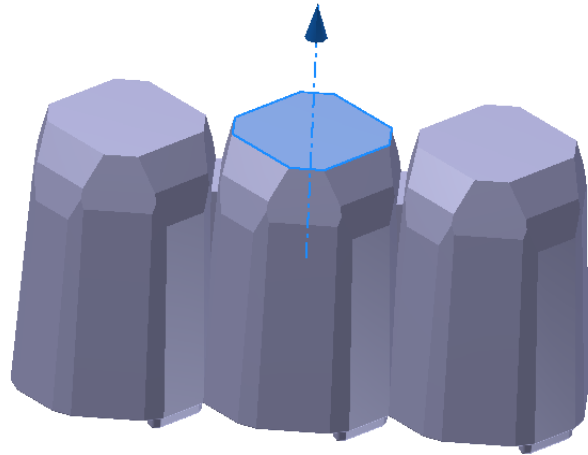
Observamos que el interior se encuentra en verde (Img. 137-139), por lo que no ofrecerá problemas a la hora de ser expulsado. A las pestañas también se le ha aplicada un ángulo de 2° para facilitar el desmoldeo. Al tratarse de un sistema de cierre, debe existir un ajuste lo más tolerable posible, por lo que podríamos pensar que sería mejor realizar las pestañas sin ángulo de desmoldeo. Sin embargo, se ha de considerar que son zonas críticas, de dimensiones reducidas, por lo que si no existe un ángulo de desmoldeo, es posible que se produzca una rotura durante la expulsión de la pieza.

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

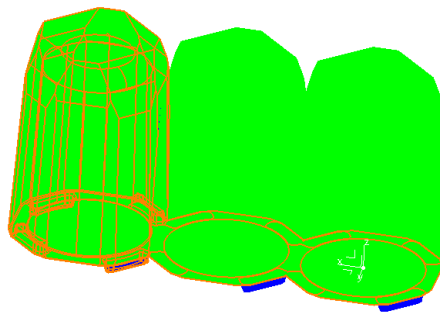
CAPACIDAD 3

A pesar de que tras añadir módulos al embalaje para aumentar su capacidad no debería crear problemas durante el desmoldeo, siempre es conveniente asegurarse de la correcta expulsión de la pieza.

El sentido de desmoldeo es indicado por la flecha de la imagen derecha. *Img. 140*

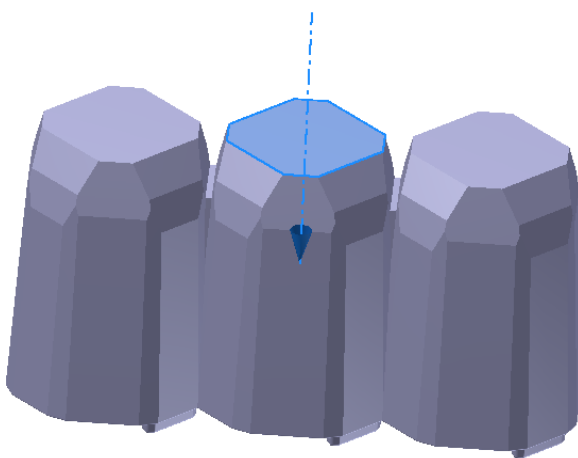


Los resultados obtenidos están representados en la imagen inferior (*Img. 141*):



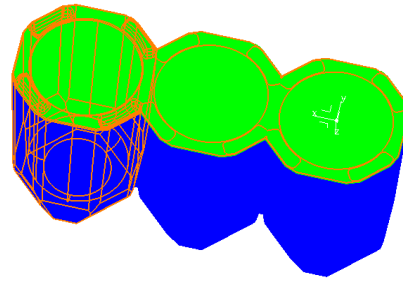
Img. 141

Los colores verdes en la simulación indican que el embalaje no tendrá ningún problema durante el desmoldeo en el primer sentido.

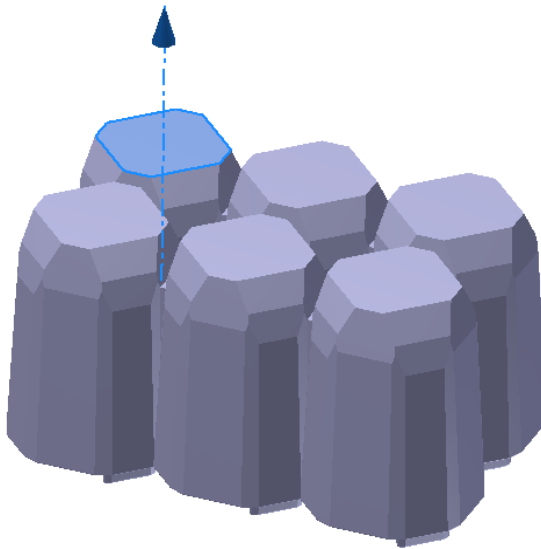


Ahora se realizan las mismas simulaciones para el sentido contrario de desmoldeo. El sentido en este caso es el contrario, y viene indicado por la flecha azul, como indica la imagen izquierda (*Img. 142*).

Al igual que en el caso anterior, el embalaje no presenta ninguna complicación a la hora de su expulsión del molde. (Img. 143)

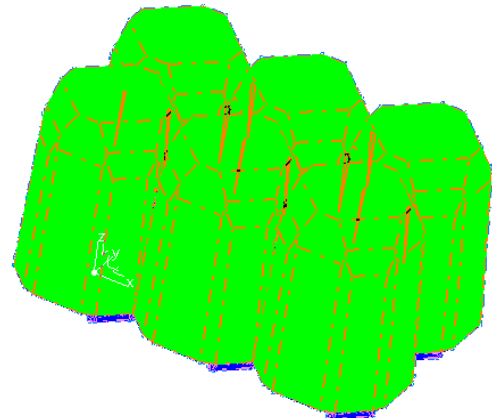


CAPACIDAD 6



El esquema izquierdo nos indica la dirección y sentido de desmoldeo para este ensayo. (Img. 144)

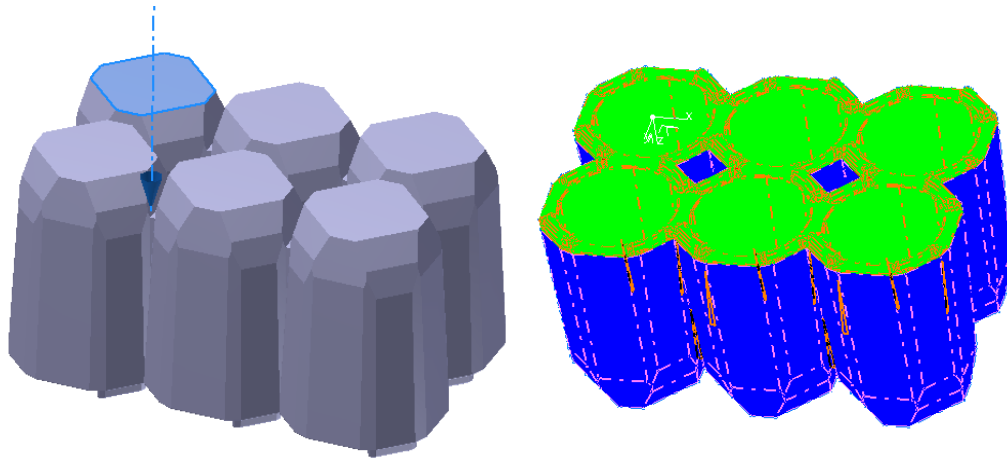
La imagen coloreada inferior (Img. 145) nos indica los ángulos que poseen las diferentes superficies para el sentido de este caso. Podemos observar que no existe problema alguno durante la expulsión del molde.



Img. 145

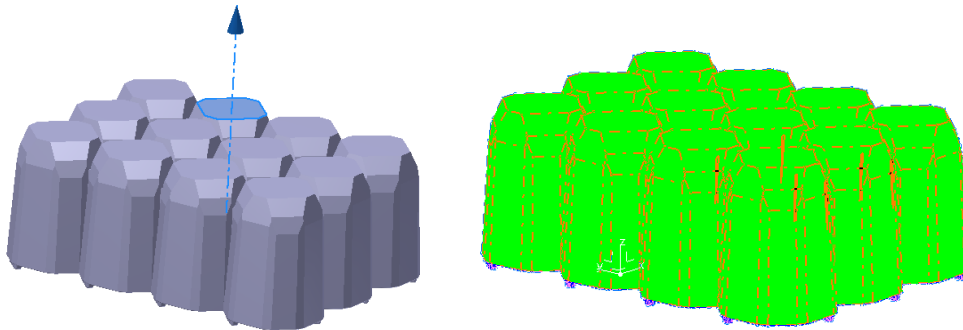
3. APLICACIÓN PRÁCTICA

Las imágenes inferiores nos señalan el sentido de expulsión del embalaje y su correcto desmoldeo (Img 146 y 147).

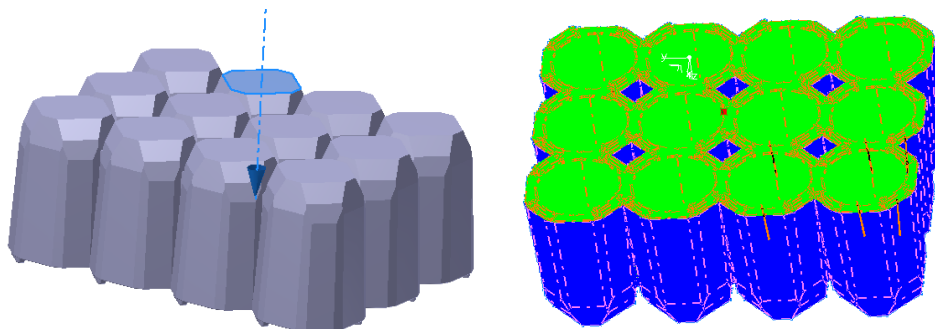


CAPACIDAD 12

Repetiendo los mismos pasos que en los anteriores estudios, obtenemos que no existirá problema en ninguna sentido cuando se lleve a cabo la expulsión de la pieza.



Img. 148-149. Primer sentido de expulsión



Img. 150-151. Sentido opuesto

RESULTADOS DE ESTUDIO DE DESMOLDEO

Tras la realización de este estudio, podemos decir que efectivamente no existirá ningún riesgo a la hora de desmoldear la pieza diseñada. Como se indicó anteriormente, conocer esto es esencial para el desarrollo de proyectos de este tipo.

3.3.5. ANÁLISIS ELEMENTOS FINITOS

La forma de resolver muchos de los problemas que se plantean en la Ingeniería viene determinada por la herramienta a utilizar: el ordenador. En muchos casos, la resolución analítica de problemas complejos puede resultar prácticamente imposible, o por lo menos poco eficiente, frente a la resolución de estos problemas mediante métodos numéricos. La simulación numérica intenta reproducir la realidad a partir de la resolución numérica, mediante ordenador, de las ecuaciones matemáticas que modelan dicha realidad. Por tanto, la exactitud de la simulación será tan exacta como lo sean las ecuaciones de partida, el método matemático que las procesa y la capacidad de los ordenadores para resolverlas.

Gracias a la simulación numérica, es posible generar sólidos de aspecto casi real, comprobar su comportamiento bajo diversas condiciones de trabajo, estudiar el movimiento conjunto de grupos de sólidos, etc, problemas que mediante otro tipo de cálculos serían muy difíciles de obtener. Esto facilita un estudio más profundo de un producto un producto, herramienta o elemento estructural antes de que exista físicamente, siendo posible detectar a priori muchos de los problemas que, de otro modo, se hubieran detectado en el servicio real, con las dificultades y costes que esto ocasiona.

El método de los elementos finitos (MEF, FEM o FEA) es una de las más importantes técnicas de simulación, y probablemente la más utilizada en las aplicaciones industriales de cálculo del comportamiento físico. Esta técnica se emplea en una multitud de problemas de la física y mecánica.

No hay que perder de vista que existen diferencias entre los resultados obtenidos y la realidad. El modelo utilizado por estos programas es una aproximación a una realidad que suele ser mucho más compleja. Por ello, siempre será necesaria alguna comprobación experimental para aprobar los resultados de la simulación.

El proceso recomendado para llevar a cabo cualquier tipo de ensayo de elementos finitos, es el siguiente:

Paso 1. Planificación del trabajo.

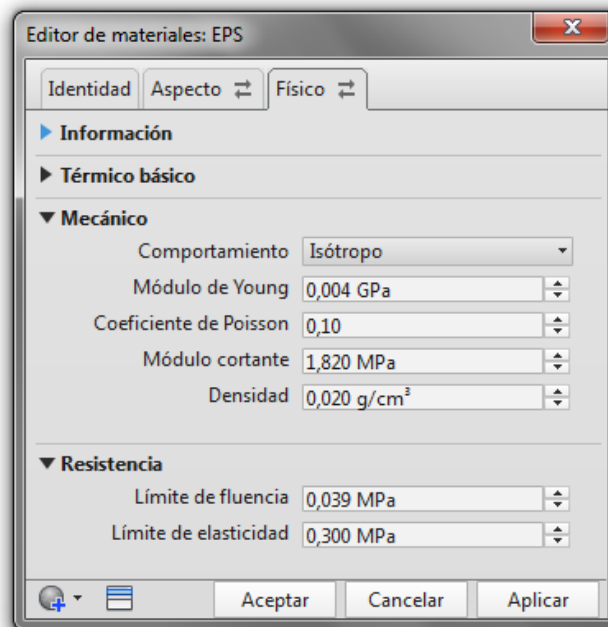
Se debe establecer un plan de acción que se va a aplicar al modelo a estudiar. En este caso, el modelo será sometido a una serie de ensayos estáticos con el fin de comprobar que efectivamente el diseño que posee es correcto para los requerimientos que se le han establecido. Estos ensayos irán desde cargas más bajas a cargas que hagan fallar el embalaje.

Paso 2. Especificación de la geometría.

Nuestro modelo CAD está realizado mediante Catia V5, y a pesar de que los ensayos se van a realizar con el software Autodesk Inventor Professional 2015, no surge ningún error en la compatibilización de los archivos.

Paso 3. Aplicación del material

Aplicación del material. Autodesk Inventor posee bibliotecas de materiales, pero cuando se tratan de materiales muy característicos o que no tienen muchas posibilidades, los datos aportados por el programa no son suficientes. Por ello, hay que realizar un estudio de las propiedades del material del que será realizado nuestro modelo. Ajustándonos al catálogo del proveedor de la materia prima, los valores seleccionados en nuestro caso han sido los siguientes:



Img. 152. Características EPS

Paso 4. Restricciones.

La aplicación de las condiciones de contorno de movimiento sobre la geometría es esencial para cualquier cálculo de elementos finitos. Establece las restricciones necesarias para llevar a cabo el ensayo, de manera que se asemeje en la mayor medida de lo posible a la realidad.

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

Paso 5. Cargas.

Aplicación de las condiciones de contorno de carga sobre la geometría. Establecen los esfuerzos a los que será sometido el modelo durante el ensayo. Los diferentes ensayos que se realicen variarán estas condiciones, desde valores bajos hasta valores más críticos.

Paso 6. Especificación de la malla.

Puede parecer lógico que la malla que posea más elementos será la que ofrezca un mejor resultado. Esto no siempre ocurre, ya que hay que buscar la malla que mejor se ajuste a cada modelo, independientemente del número de elementos. Generalmente se busca la malla con el menor número de elementos que aporte los resultados más correctos. Allá donde las variaciones geométricas sean fuertes se exigirá una malla fina, por el contrario donde sean suaves, se podrá emplear una gruesa. Si los elementos de la malla son lineales, la malla debe ser más fina que si son parabólicos. Normalmente el mejor compromiso entre eficacia y precisión, para uso general, se encuentra en los elementos parabólicos.

Emplearemos el refinamiento progresivo, que consisten en empezar con un modelo muy simplificado, y, progresivamente, se va afinando a medida que el proceso de diseño avanza, de modo que los resultados de una análisis sirven para mejorar el siguiente. Este aumento progresivo de la densidad de malla da la información sobre la convergencia de la solución, por lo que la automatización de este proceso puede ser de gran ayuda. Que la gráfica que define el ensayo converja es un punto a favor que indica que el método llevado a cabo por el software es correcto.

Paso 7. Chequeo de la malla

En cuanto a la comprobación de la malla, los programas disponen de herramientas para valorar la distorsión del elemento, es decir, la diferencia entre el elemento “padre” y el real.

Existen distintos valores admisibles para cada distorsión según el tipo de elemento, su formulación, y la zona en la que se encuentre. Aunque los programas chequeen el grado de distorsión y presenten un mensaje si supera cierto valor preseleccionado, es responsabilidad del usuario determinar el grado de distorsión permisible en su aplicación concreta.

Paso 8. Verificación de las propiedades físicas y del material.

Las propiedades que debemos conocer dependen del tipo de análisis a efectuar. El número de valores a dar de cada propiedad depende de si el material es isótropo, ortótropo, anisótropo e incluso no homogéneo. Es de

destacar la necesidad de tomar especial cuidado con el tema de las unidades a la hora de definir las características del material, pues en este punto suelen cometerse errores.

Los programas suelen disponer de una librería de materiales, pero debemos asegurarnos que sus datos corresponden con los de nuestro material real.

Paso 9. Resolución.

Esta fase requiere mucha menos información del usuario que la definición de la malla y es fundamentalmente el ordenador quien realiza el trabajo.

Al margen de las verificaciones realizadas en la fase de definición de la malla y las que se realizarán después del análisis para verificar la validez de los resultados, durante el análisis se realizan verificaciones de consistencia de los datos y del comportamiento numérico.

Los errores pueden ser de dos tipos: errores fatales que abortan el proceso o mensajes de aviso que indican posibles inconsistencias. Es responsabilidad del usuario comprobar que dichos mensajes puedan ser ignorados.

Paso 10. Validación de los resultados.

Una vez realizado el cálculo, se deben estudiar los resultados. Es un error relativamente frecuente el que los usuarios depuran la malla antes de realizar el análisis y luego aceptan los resultados sin un análisis crítico equivalente. Existe la gran tentación de aceptar los resultados como válidos, sin ninguna comprobación, tras el esfuerzo empleado en obtenerlos.

En muchos casos, es posible que la malla empleada no dé los resultados suficientemente precisos o que, a pesar del cuidado puesto, se haya escapado un error en la fase de definición del modelo.

Esto significa que el usuario tiene la responsabilidad final de verificar los resultados obtenidos.

En la práctica, debe invertirse tanto tiempo en procesar los resultados y verificar su validez como en preparar los datos para el análisis. Incluso sería conveniente que esta tarea la realizase una segunda persona no directamente implicada en el análisis.

La validación puede realizarse por diferentes caminos, normalmente en función de la complejidad y responsabilidad del análisis. La mejor validación es la que contrasta los resultados del modelo con resultados obtenidos de análisis experimentales. Esto no siempre es posible, sobre todo en etapas iniciales del proceso de diseño, por lo que hay que recurrir a otros procedimientos.

Generalmente los resultados de los desplazamientos son precisos aún con mallas groseras. La representación de los desplazamientos se hace a una escala muy aumentada, lo que puede producir en algunos casos

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

visualizaciones extrañas que el usuario debe identificar como exageraciones de la realidad.

Uno de los objetivos de un análisis por elementos finitos es mostrar la distribución de tensiones a lo largo de la estructura. El usuario valora, de algún modo, la magnitud de las tensiones, a fin de establecer si la estructura podrá soportar las cargas de trabajo durante toda la vida de servicio. En general existirán diversos casos de carga que en principio no serán evaluados de la misma manera. Deberá distinguirse entre condiciones normales de funcionamiento y condiciones extremas, pudiendo exigirse análisis distintos para cada caso.

La naturaleza de la aproximación, mediante el método de los desplazamientos, hace que la convergencia de las tensiones tienda a ser peor que la de los desplazamientos durante un ensayo.

En nuestro caso los resultados que nos interesan son los desplazamientos y las tensiones que sufre el modelo.

- $\delta_z \text{ máx}$ el desplazamiento máximo en el eje vertical z
- $\sigma_{VM \text{ máx}}$ es la tensión de Von Mises en el punto indicado. Efectivamente en algunos casos esta corresponderá con la tensión máxima, y en otros no. Esto depende del criterio del diseñador. Esta tensión deberá ser comparada con el límite elástico, según el criterio de plastificación de Von Mises, y nos indicará si el material plastifica.

$$\sigma_{VM} \leq \sigma_e \quad (32)$$

Siendo el límite elástico para el EPS $\sigma_e = 0,3 \text{ Mpa}$.

Este punto estará dividido en tres secciones a su vez, dependiendo de cómo es estudiado el embalaje.

- Por pieza
- Por elemento del embalaje
- Por conjunto

1. ENSAYOS EN PIEZA UNITARIA

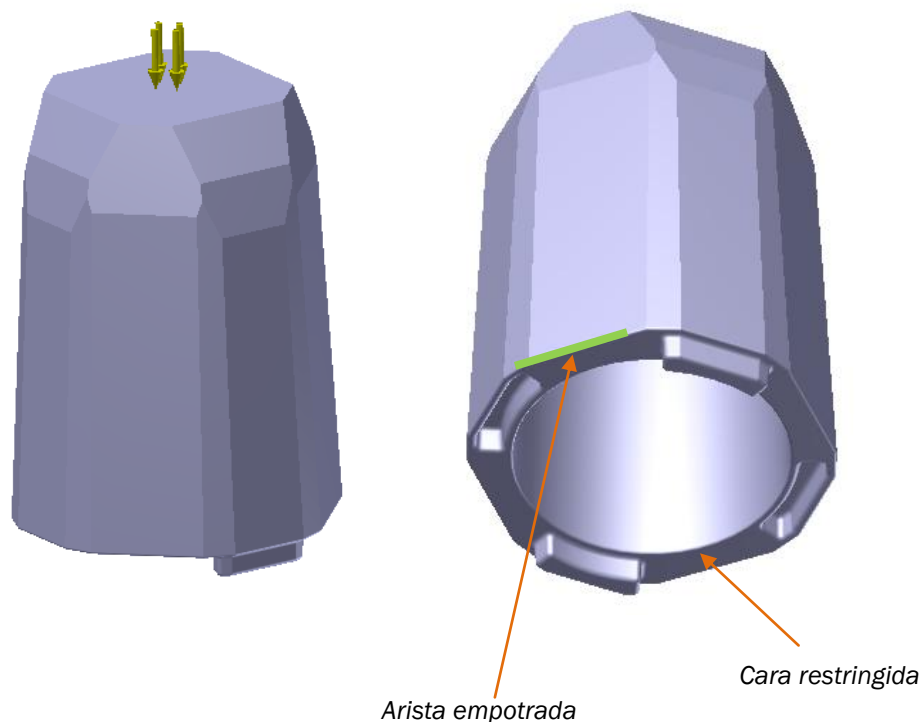
1.1. Aplicación de carga en superficie superior

En el primer ensayo, vamos a estudiar cómo reacciona el embalaje si está sometido a una carga estática en su parte superior. En dos ensayos diferentes, se aplicarán dos cargas de valor desigual; una coincidente con 2 embalajes iguales llenos de sus respectivos artículos y otro con la carga proveniente de un peso de 20 kg.

Condiciones de contorno

Como condiciones de contorno en este ensayo establecemos una restricción sin fricción en la cara inferior del botellero, es decir, que restrinja el movimiento en el eje vertical, pero no el giro ni el movimiento en el plano horizontal. Es necesario añadir una arista empotrada en esta sección. La presión es aplicada en la cara superior de la tapa. En este momento sólo trabajamos con una única parte del empaque, ya que de este modo se simplifica el estudio, obteniendo resultados semejantes que si trabajáramos con un conjunto creado por ambas partes.

Presión aplicada sobre la cara superior



-Ejemplo a): Comportamiento de embalaje si en su parte superior se colocan dos empaques llenos.

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

Para el cálculo de la presión a la que es sometida esa zona, debemos calcular el peso del embalaje. Calculando el volumen del embalaje, y conociendo su densidad (20 kg/m^3), mediante la fórmula $m = \rho \cdot v$, obtenemos que:

$$m_{emb} = 20 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 1786 \text{cm}^3 \cdot \frac{1 \text{m}^3}{1000000 \text{cm}^3} = 0,035 \text{ kg}$$

Por lo tanto, la masa total será la suma de la masa del embalaje y la de la botella:

$$M = m_{emb} + m_{botella} = 1,6 \text{ kg} + 0,035 \text{ kg} = 1,635 \text{ kg} \approx 1,7 \text{ kg}$$

La presión ejercida sobre la zona superior del embalaje vendrá dada por el área y la masa calculada anteriormente.

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{2 \cdot 1,7 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{0,006688 \text{ m}^2} = 5 \text{ kPa}$$

-Ejemplo b): Sometemos al embalaje a un peso de 20 kg en su cara superior. El ensayo es igual que el ejemplo 1, pero variando el valor de la carga. La presión sobre esta cara será:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{20 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{0,006688 \text{ m}^2} = 29,3 \text{ kPa}$$

Resultados

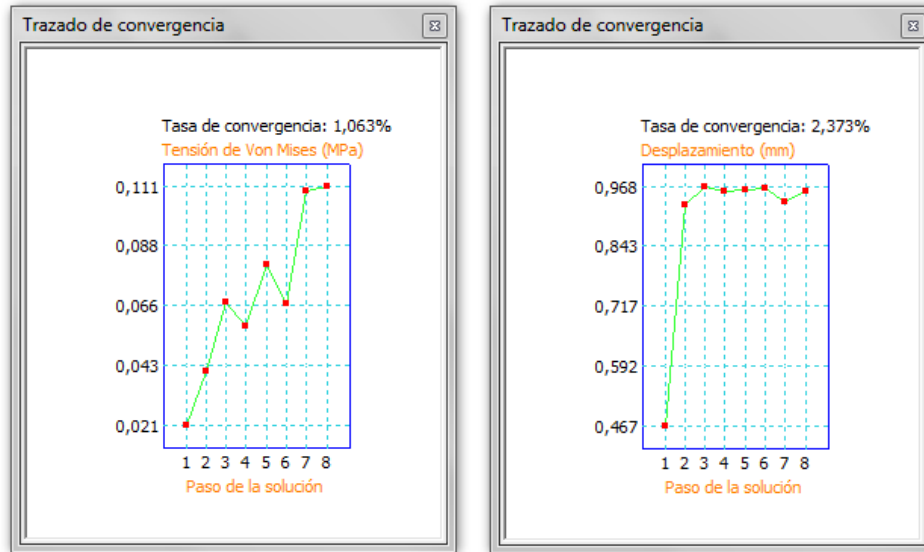
Los resultados obtenidos mediante las mallas seleccionadas son los siguientes:

	Carga	Tipo de elemento utilizado	Malla utilizada (nº nodos)	δ_z máx (mm)	σ_{VM} máx (Mpa)	¿Plastifica?
Ejemplo a) (2*1,7 kg)	5 kPa	Tetraedro parabólico	23329 nodos	0,961 5 mm	0,0438 Mpa	No
Ejemplo b) (20 kg)	29,3 kPa	Tetraedro parabólico	88626 nodos	5,803 mm	0,2611 Mpa	No

El valor de la tensión de Von Mises en ambos ejemplos, nos indicaría que no se produciría una plastificación del material, ya que:

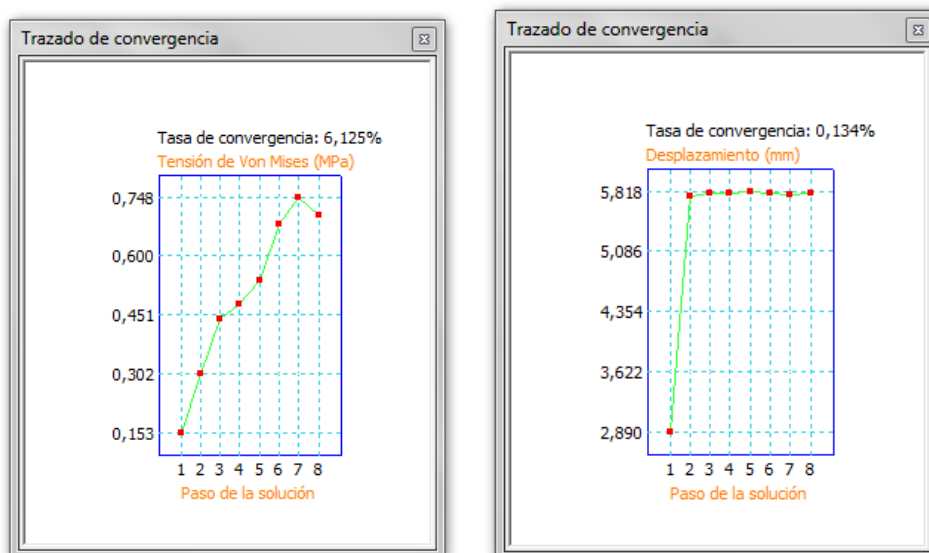
$$\begin{aligned} \sigma_{VM} &\leq \sigma_e \\ 0,0438 \text{ Mpa} &\leq 0,3 \text{ Mpa} \\ 0,2611 \text{ Mpa} &\leq 0,3 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Además, la malla empleada en este caso ofrece buena convergencia tanto en el cálculo desplazamientos como en el de la tensión de Von Mises.



Convergencia de tensión de Von Mises y desplazamiento para el ejemplo a)

En el ejemplo b), a pesar de que teóricamente no se produce plastificación, hay que tener en cuenta la convergencia de la tensión que ofrece el ensayo, y la gran sollicitación a la que se ha sometido al modelo en este caso (20 kg). Los semejantes valores de la tensión de Von Mises y límite elástico, además de la convergencia de la tensión de Von Mises, nos hace ser precavidos frente a cargas de valores homólogos, debido a una posible plastificación.

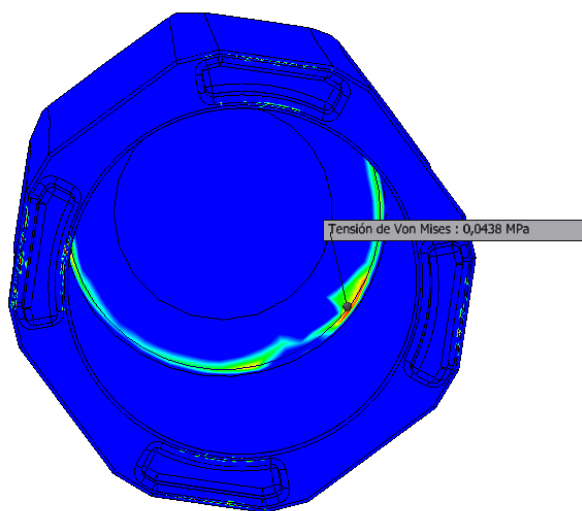
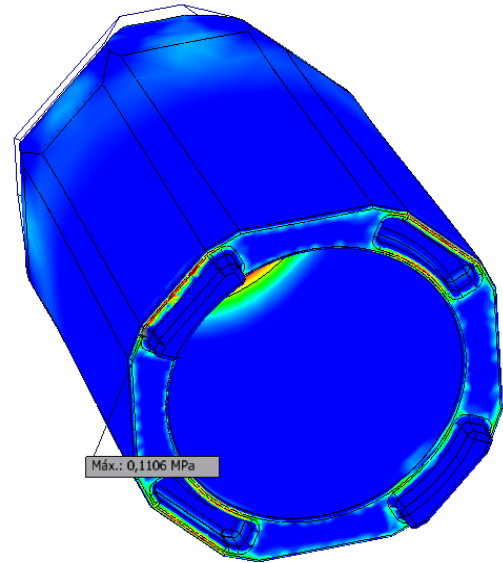


Convergencia de tensión de Von Mises y desplazamiento para el ejemplo b)

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

Tensiones y desplazamientos máximos

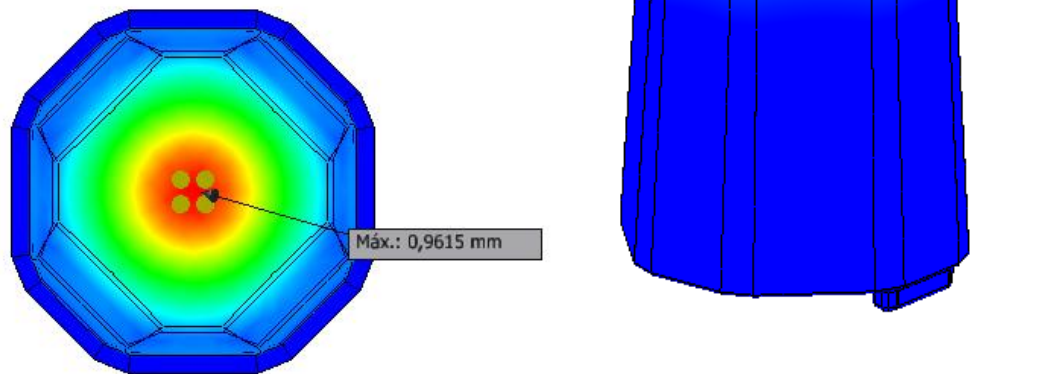
Cuando realizamos ensayos de elementos finitos, las condiciones de contorno deben asemejarse en la medida de lo posible a cómo ocurre en la realidad. Sin embargo, en muchos casos no es posible duplicar estas características. En este caso, hemos establecido una zona empotrada porque era necesaria para establecer todos los requerimientos para poder realizar el ensayo. En la realidad, suponer un empotramiento es un hecho que nos hará obtener tensiones mucho más críticas en estas zonas; nuestro botellero nunca poseerá una zona totalmente fija mientras se esté empleando como embalaje, a diferencia de cómo hemos establecido en el modelo de elementos finitos. También se ha de recordar de que el embalaje se está estudiando por partes, y no de manera conjunta. Esto influirá también en las tensiones. En el modelo, la tensión de Von Mises máxima se encontrará en el punto indicado en la imagen derecha. Desde mi punto crítico, en un entorno real, las tensiones no se encontrarán en ese punto, ya que en esa zona habrá un sistema “agujero-eje” y existirá una continuidad en el modelo pero sí una discontinuidad en la materia prima.



Por este planteamiento, las tensiones que consideraremos máximas serán las que se encuentren en la zona superior del botellero, es decir, las indicadas en la imagen izquierda.

Esto ocurre, como es de esperar, tanto en el ejemplo a) como en el ejemplo b), por lo que ambos han sido sometidos a la misma metodología crítica.

Los desplazamientos máximos se obtienen en la zona donde se aplica la carga, como se observa en la imagen izquierda e inferior. Donde se localiza el máximo desplazamiento y su valor representan resultados lógicos.



Las zonas en las que encontramos las tensiones y los desplazamientos máximos coinciden en ambos casos. Es lógico ya que lo único que se ha variado en ambos ensayos es el valor de la carga a la que se somete el embalaje. En el caso b) ya obtenemos valores más elevados, y la tensión de Von Mises se encuentra cercana al límite elástico.

Tras un análisis de elementos finitos siempre debe haber la opinión de una persona cualificada que efectivamente acepte los resultados. En este caso debido a la obtención de valores racionales, y de gráficas convergentes, los valores proporcionados los tomamos como válidos.

Conclusiones

Hay que tener en cuenta, que en la realidad, no en todos los casos el embalaje actuará del mismo modo. Cuando se transporte una botella alta, si el desplazamiento que sufre el embalaje llega esta está, la plancha de EPS va a sufrir una compresión en la dirección opuesta a la fuerza ejercida. La resistencia de una botella a la compresión es muy alta, por lo que si una carga estática llega al artículo, el desplazamiento no aumentará, ni tampoco habrá riesgo de rotura. Sin embargo, si la botella posee una altura menor, su geometría no impedirá que el embalaje siga deformándose.

En el ejemplo a) la sollicitación a la que fue sometido era baja, por lo que el embalaje no presentó ningún problema. Respecto al ejemplo b), los valores de tensiones obtenidos se acercan más al límite elástico. La convergencia que muestra el ejemplo b) nos hace dudar sobre la veracidad de los

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

resultados. Hay que tener en cuenta que, un peso de 20 kg sometido a un embalaje de un objeto que se considera frágil, no va a ocurrir por norma general durante un transporte o almacenaje.

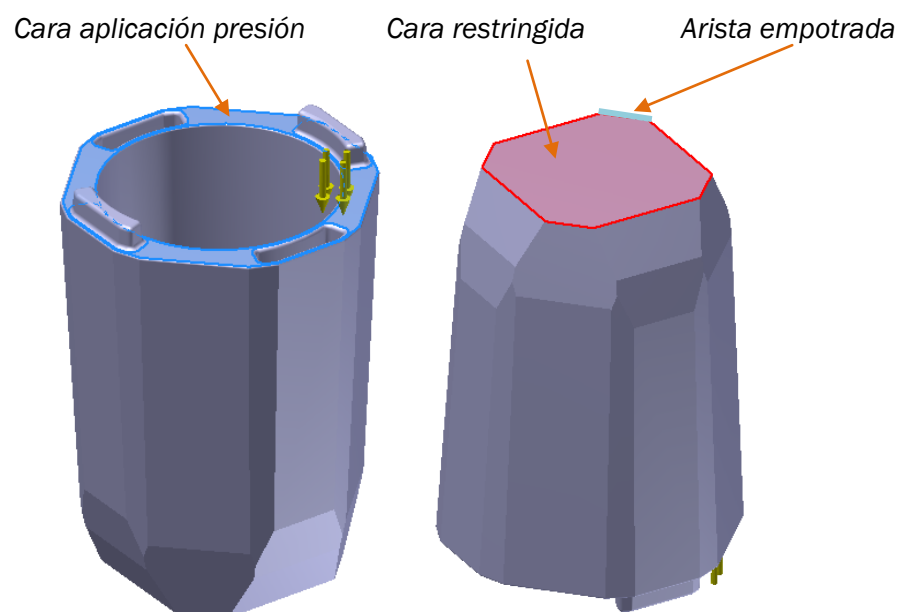
Otro dato a tener en cuenta es que se ha realizado una simplificación de la realidad para disminuir la dificultad del ensayo. Posteriormente se realizarán ensayos a todo el conjunto, ya que existen elementos, como el caso de las pestañas, que es necesario estudiar en operaciones de apilamiento.

1.2. Aplicación de carga en superficie media

En este ensayo, la carga será aplicada sobre la superficie de la que nacen las pestañas.

Condiciones de contorno

En este caso modificaremos las condiciones de contorno. Daremos la vuelta al modelo, de manera que la restricción de movimiento vertical se encuentre en la cara exterior del empaque. En esta misma cara se le aplicará un empotramiento. La carga se aplicará por la superficie desde la que nacen las pestañas. De este modo, intentaremos reproducir las particulares que sufre la parte inferior del embalaje, cuando se trata del conjunto compuesto por las dos semipartes.



-Ejemplo a): Suponemos el peso de dos embalajes llenos situados sobre esa cara.

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{2 \cdot 1,7 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{0,002689 \text{ m}^2} = 12,4 \text{ kPa}$$

-Ejemplo b): Suponemos un peso de 20 kg sobre la cara indicada. En cuestión se repetirá el ejemplo a), variando la carga sometida al embalaje. Las condiciones de contorno de restricciones permanecerán iguales.

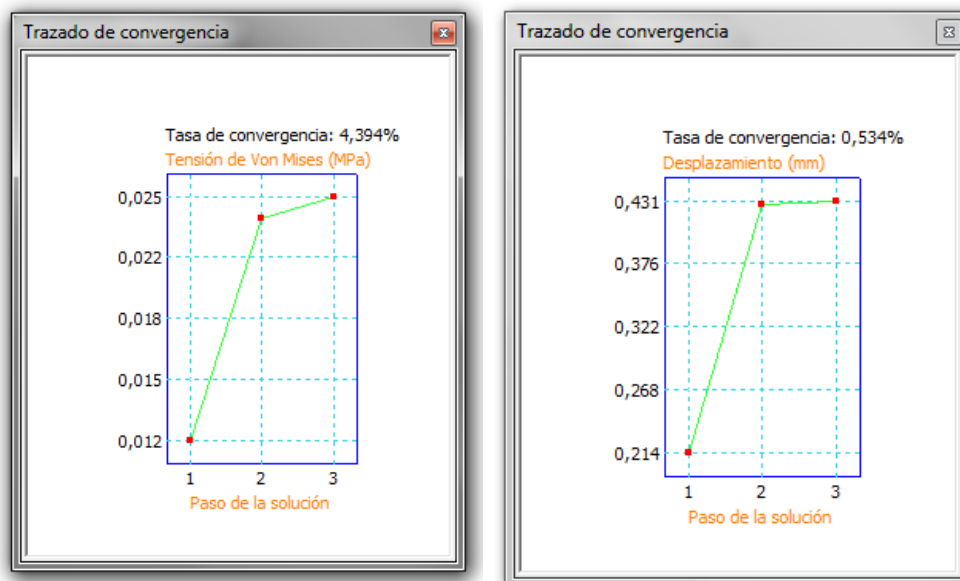
$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{20 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{0,002689 \text{ m}^2} = 72,9 \text{ kPa}$$

Resultados

Los resultados obtenidos en el ensayo se encuentran recogidos en la siguiente tabla:

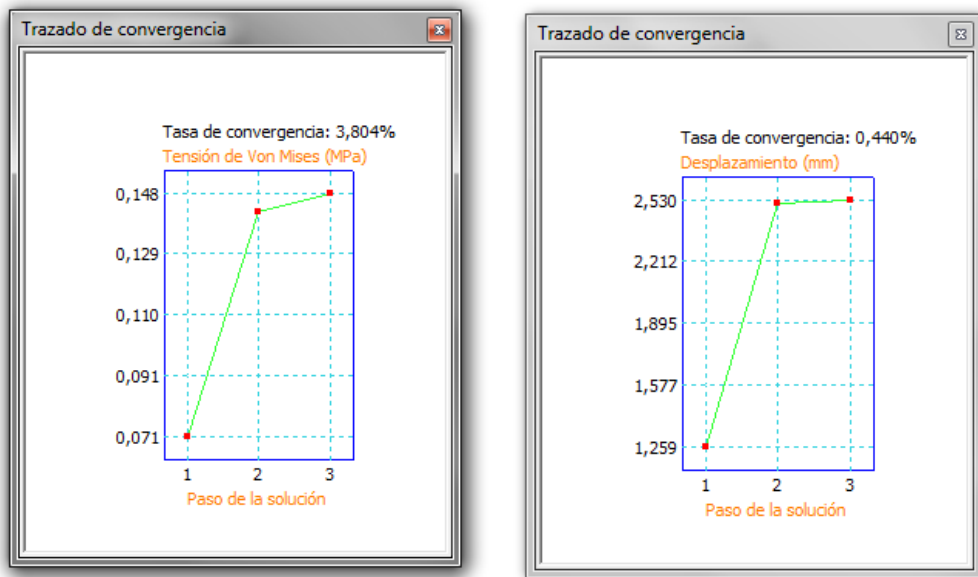
	Carga	Tipo de elemento utilizado	Malla utilizada (nº nodos)	δ_z máx (mm)	σ_{VM} máx (Mpa)	¿Plástica?
Ejemplo a) (2*1,7 kg)	12,4 kPa	Tetraedro parabólico	412364 nodos	0,4305 mm	0,02491 Mpa	No
Ejemplo b) (20 kg)	72,9 kPa	Tetraedro parabólico	407326 nodos	2,53 mm	0,1484 Mpa	No

En ninguno de los ejemplos se produciría la plastificación del material. Las convergencias obtenidas para ambos ensayos son correctas.



Convergencia de tensión de Von Mises y desplazamiento para el ejemplo a)

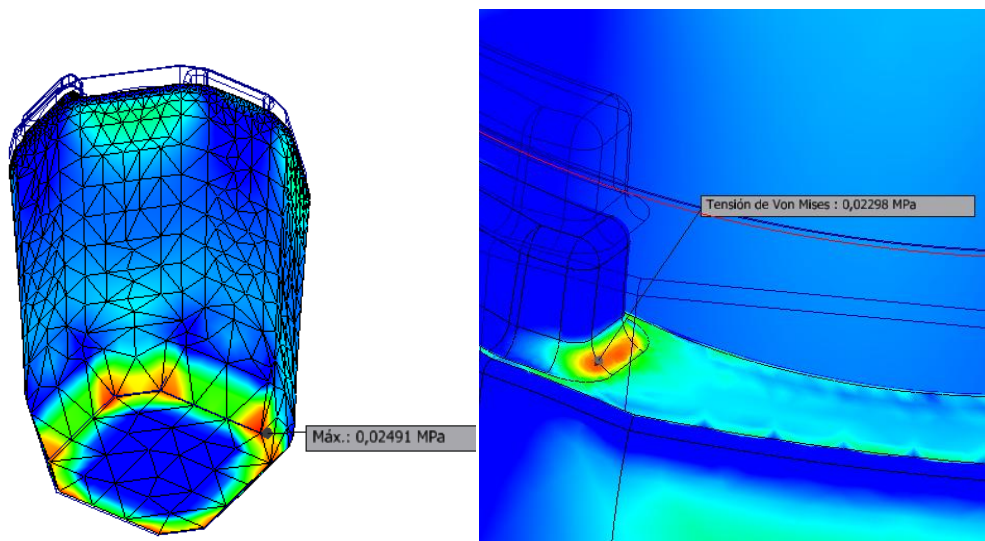
3. APLICACIÓN PRÁCTICA



Convergencia de tensión de Von Mises y desplazamiento para el ejemplo b)

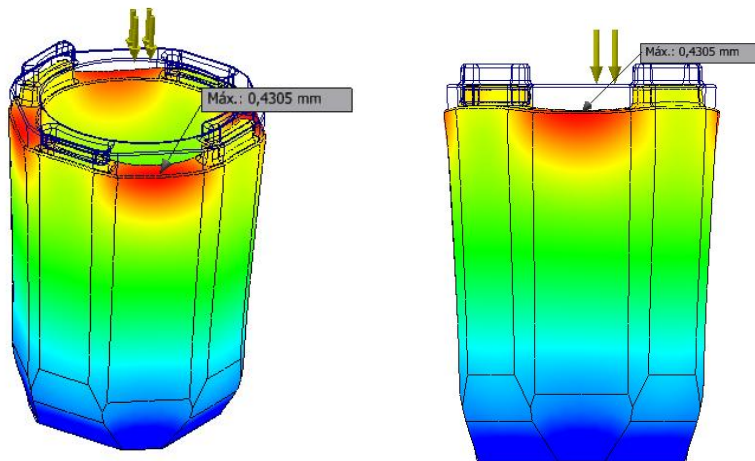
Tensiones y desplazamientos máximos

Las tensiones máximas se sitúan sobre las esquinas de la cara exterior, como se observa en la imagen. En las zonas de las pestañas también encontramos tensiones más altas que en el resto del modelo, pero inferiores que en la esquina exterior.



Tensiones máximas de Von Mises y tensiones en la zona de las pestañas

Los desplazamientos máximos se sitúan sobre la superficie sometida. Es un hecho razonable, al igual que la forma que toma el embalaje tras ser sometido a la simulación.

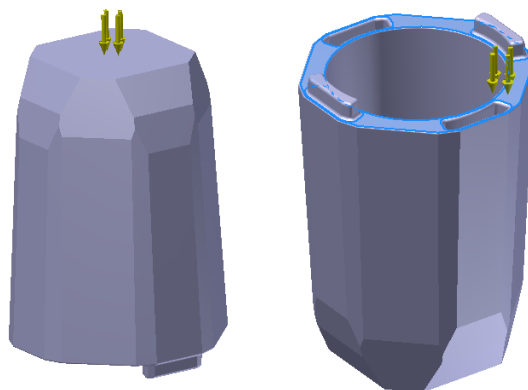


Desplazamientos máximos

Conclusiones

Los pesos aplicados en los apartados 1.1 y 1.2 son iguales, y obtenemos que en ambos casos no plastifica. Hay que tener en cuenta que, al haber aplicado una presión, va a depender de la superficie en la que sea aplicada. Por lo tanto, los desplazamientos y tensiones serán más críticas en el caso en el que la superficie de aplicación de la carga sea menor, porque estará más concentrada (ensayo 1.2)

Esto nos hace deducir que el embalaje aguanta más cuando las cargas son aplicadas o transmitidas desde la parte media del mismo. Esto ocurrirá cuando esté funcionando el conjunto de tapa y base.



Ensayo 1.1/Ensayo 1.2

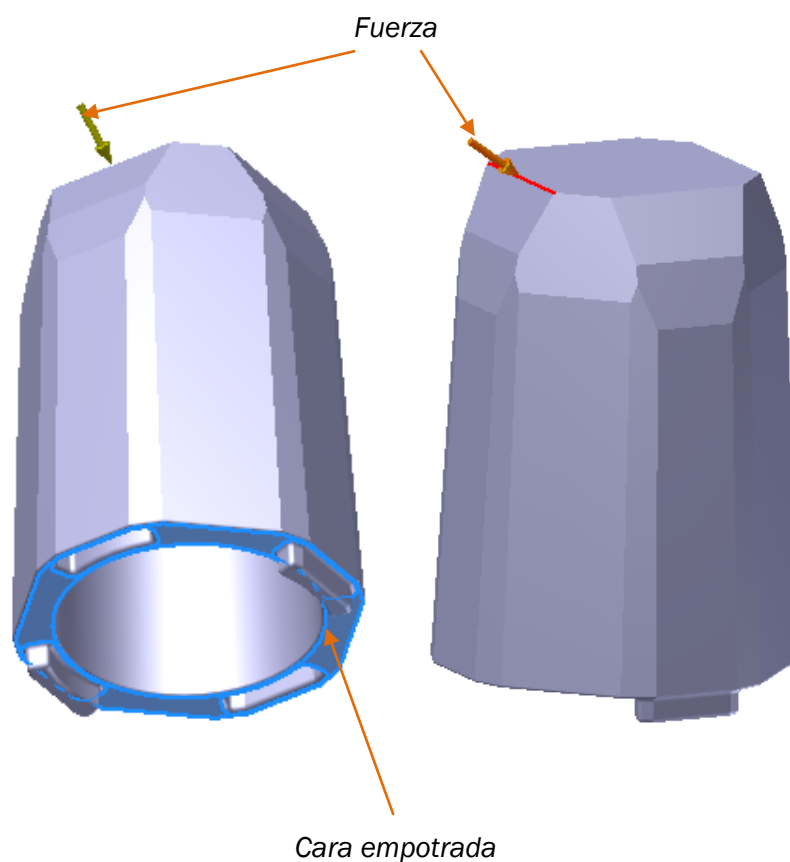
3. APLICACIÓN PRÁCTICA

1.3. Aplicación de fuerza en arista

En este caso se aplicará una fuerza sobre una arista de la base del botellero. Estáticamente, estas características es muy difícil que se den en la realidad, pero su estudio nos aportará datos que nos ayudarán a conocer la forma de actuar del embalaje frente a diferentes esfuerzos.

Condiciones de contorno

Se fija la superficie donde se encuentran las pestañas. Esta condición no se dará en la realidad, pero es necesario estipularla para obtener resultados convergentes. La fuerza se aplica a la arista señalada desde un plano perpendicular a la misma.



-Ejemplo a). La fuerza estará compuesta por las componentes siguientes:

$$|F_x|=10 \text{ N}$$

$$|F_y|=10 \text{ N}$$

$$|F_z|=10 \text{ N}$$

-Ejemplo b). Las componentes de la fuerza serán:

$$|F_x|=30 \text{ N}$$

$$|F_y|=30 \text{ N}$$

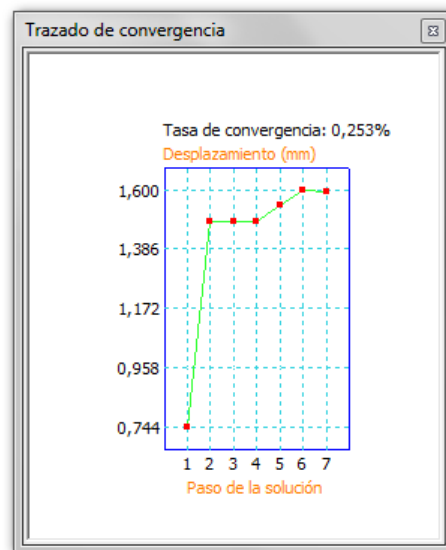
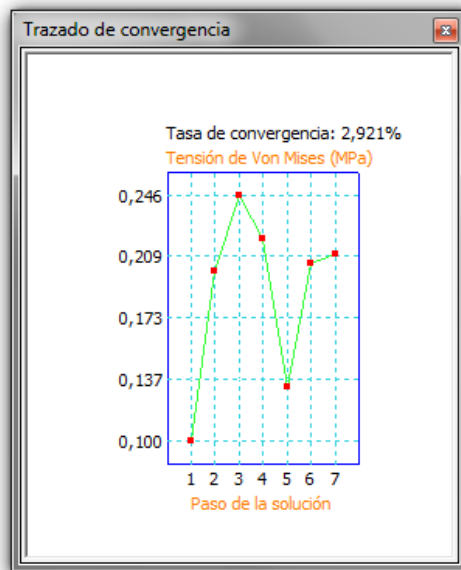
$$|F_z|=30 \text{ N}$$

Resultados

Los resultados obtenidos en el ensayo se encuentran recogidos en la siguiente tabla:

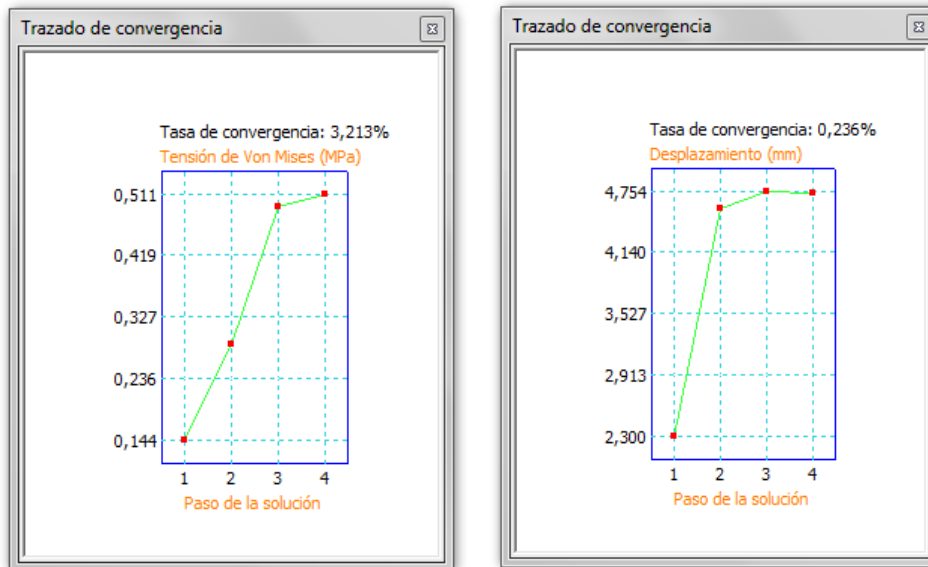
	Fuerza	Tipo de elemento utilizado	Malla utilizada (nº nodos)	$\delta_{\text{máx}}$ (mm)	σ_{vm} (Mpa)	¿Plastifica?
Ejemplo a)	17,32 N	Tetraedro parabólico	19306 nodos	1,584 mm	0,101 Mpa	No
Ejemplo b)	51,96 N	Tetraedro parabólico	20397 nodos	4,473 mm	0,276 Mpa	No

Las tasas de convergencia obtenidas son correctas.



Tasas de convergencias para el ejemplo a)

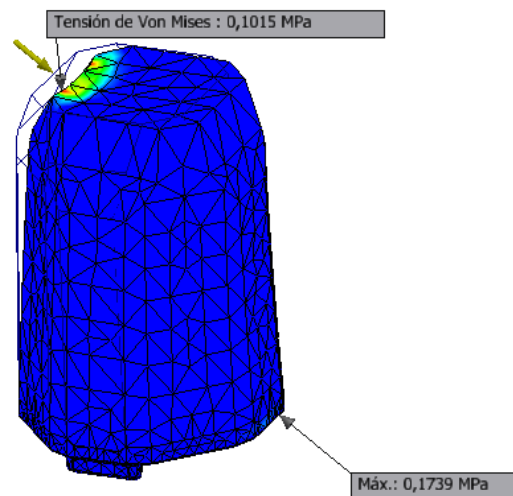
3. APLICACIÓN PRÁCTICA



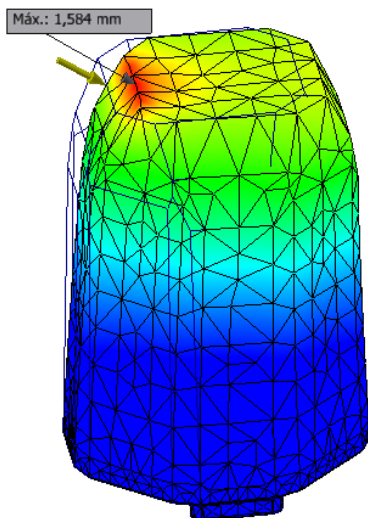
Tasas de convergencias para el ejemplo b)

Tensiones y desplazamientos máximos

Las tensiones máximas se sitúan en la zona que posee una restricción fija. Como se explicaron en apartados anteriores, los empotramientos son restricciones muy críticas, y en nuestro caso, nunca encontraremos situaciones tal que estas. Por ello la tensión de Von Mises nos interesará tomarla en el punto en el que se aplica la fuerza.



Simulación tensión máxima de Von Mises



En el caso de los desplazamientos, su valor máximo se localiza en la zona en la que se produce la aplicación de la fuerza.

Simulación desplazamiento máximo

Conclusiones

El embalaje ha respondido de forma correcta a las sollicitaciones a las que ha sido sometido. Para cargas superiores a las del *ejemplo b)*, seguramente el embalaje sufriría una plastificación.

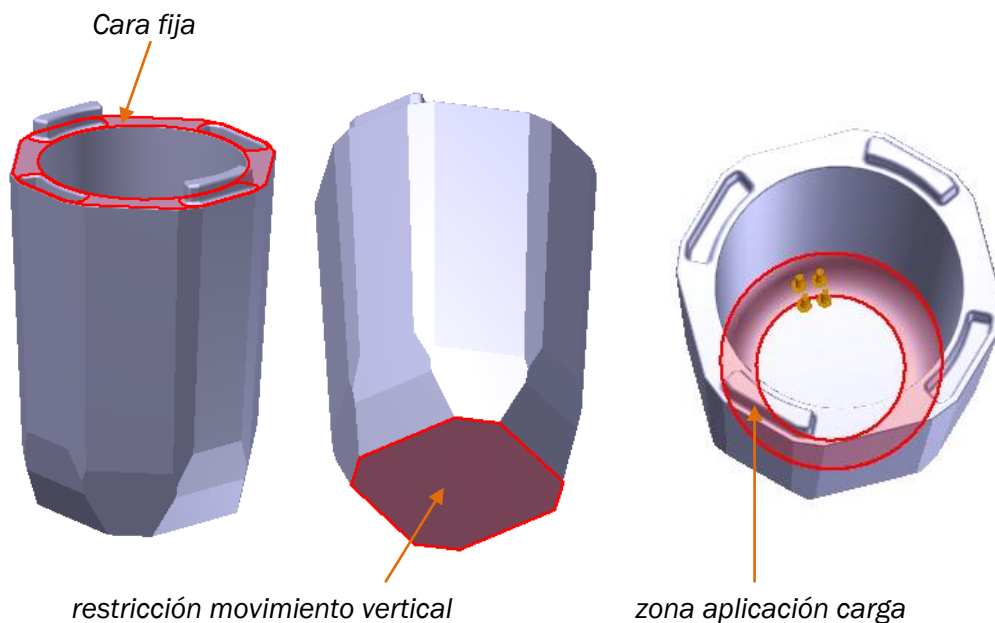
No se debe olvidar que son estimaciones de los valores de la realidad, son valores aproximados, pero no justos de la carga que va a soportar. Con ellos nos hacemos una idea de lo que llega a soportar el embalaje.

1.4. Aplicación de carga sobre la base del embalaje

En este ensayo se busca comprobar que el espesor de la base del embalaje soporta la carga de la botella (1,6 kg); supondremos que el botellero se encuentra situado sobre el suelo.

Condiciones de contorno

Se establece en la base una restricción que no permita el movimiento en el eje vertical, pero sí en el resto de ejes, al igual que el giro. La parte de las pestañas se fija. La carga será aplicada sobre el redondeo interno del embalaje



La carga aplicada en la zona señalada será de

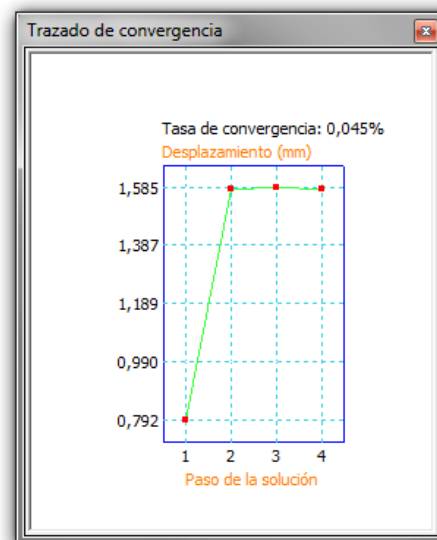
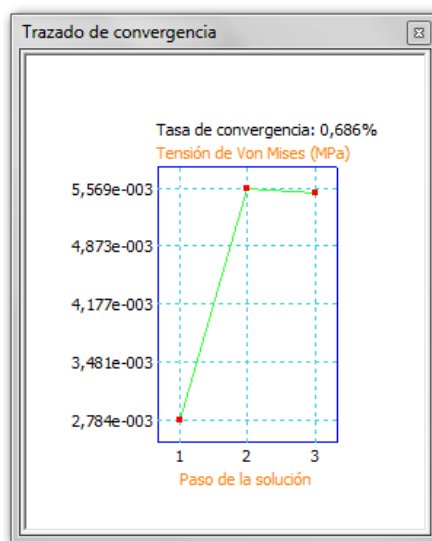
$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{1,6 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{5,781 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2} = 2,71 \text{ kPa}$$

Resultados

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

	Carga	Tipo de elemento utilizado	Malla utilizada (nº nodos)	$\delta_{\text{máx}}$ (mm)	$\sigma_{\text{VM máx}}$ (Mpa)	¿Plastifica?
Ejemplo 1.4	2,71 kPa	Tetraedro parabólico	18691 nodos	0,03903 mm	0,005531 Mpa	No

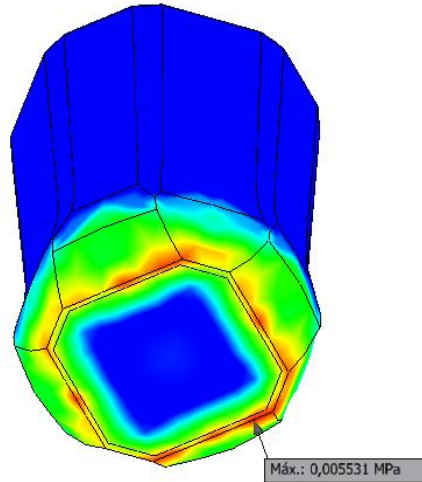
El modelo ofrece una convergencia muy correcta en la tensión de Von Mises. La tasa de convergencia en el desplazamiento es peor, pero como el interés principal de estos ensayos es conocer si plastifica o no el diseño, no existe mayor riesgo.



Tensiones y desplazamientos máximos

Las tensiones máximas aparecen en la zona de la restricción sin fricción. Es lógica la concentración en esta zona, ya que es la que sufre la compresión de la botella.

Tipo: Tensión de Von Mises
Unidad: MPa
29/11/2016, 9:26:38
0,005531 Máx.
0,004425
0,003319
0,002213
0,001108
0,000002 Mín.

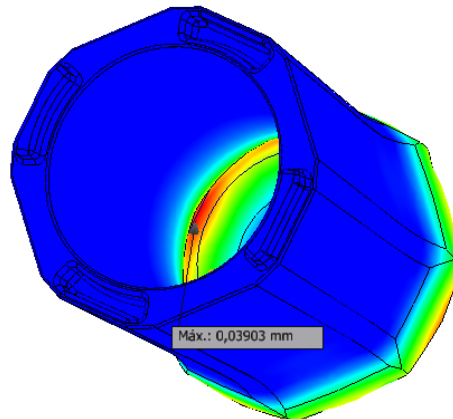


Tensión de Von Mises máxima



Los desplazamientos se sitúan sobre la zona interior del botellero, donde fue aplicada la carga.

Tipo: Desplazamiento
Unidad: mm
29/11/2016, 9:28:16
0,03903 Máx.
0,03122
0,02342
0,01561
0,00781
0 Mín.



Desplazamiento



máximo

Conclusiones

El material no sufre plastificación; además el límite para que esto ocurra es lejano a las sollicitaciones que van a ser aplicadas de esta forma. No existe riesgo de una plastificación cuando la botella se encuentre situada sobre el botellero.

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

2. ENSAYOS POR ELEMENTOS

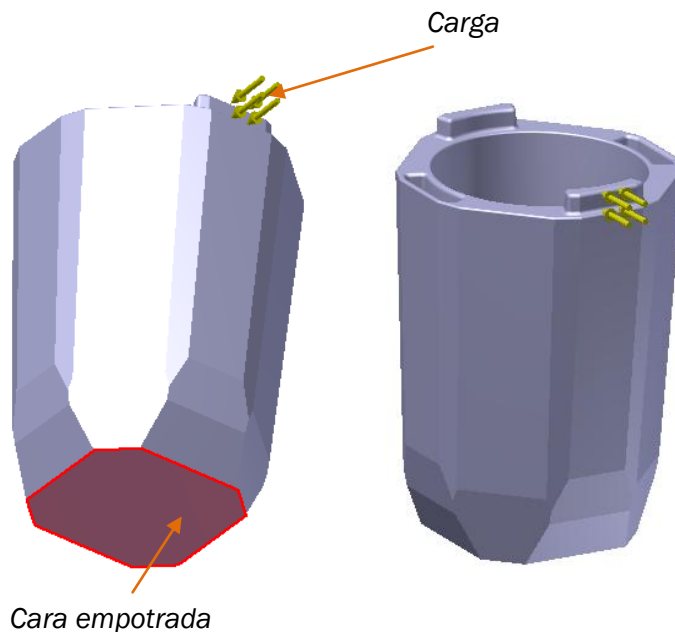
2.1. Deformación lateral de pestañas

En este caso, la zona sometida a ensayo será la concerniente a las pestañas. Son elementos muy importantes para este embalaje. Además son los elementos más sensibles. Las esquinas con redondeos poseen mejores resistencias a flexión, pero los radios que pueden aplicar no son siempre los más altos.

Una pestaña sometida a compresión de este tipo de material va a aguantar solicitaciones muy altas. Pero no siempre estarán sometidas a compresión. En el peor de los casos serán sometidas a esfuerzos de flexión, debido a que el EPS no tiene buena resistencia a la flexión.

Condiciones de contorno

La presión se aplicará sobre la cara exterior de la pestaña. La base del embalaje se considera totalmente fija.



-Ejemplo a): La carga que aplicaremos será:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{0,5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{0,000188 \text{ m}^2} = 21 \text{ kPa}$$

-Ejemplo b): La carga aplicada triplicará la del ejemplo anterior

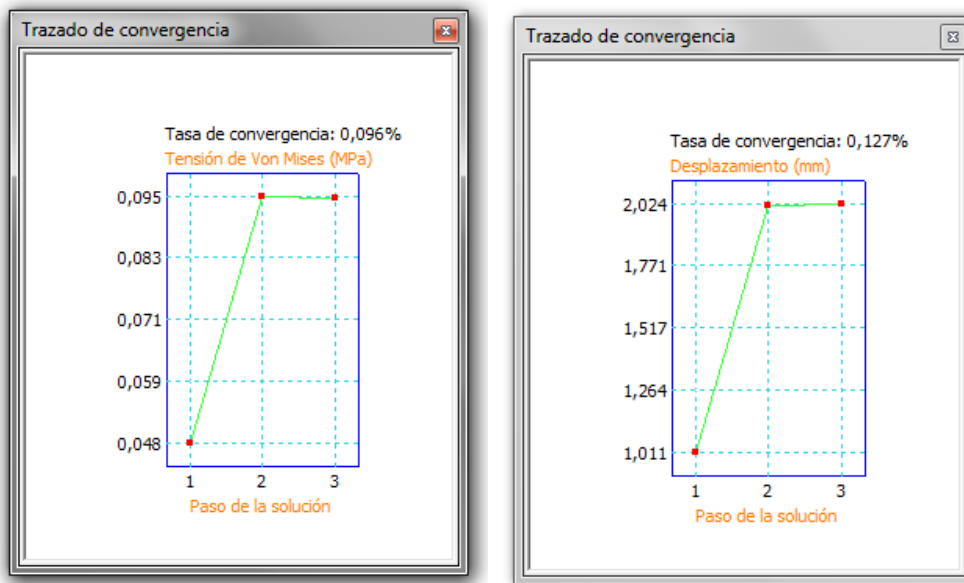
$$= \frac{F}{A} = \frac{1,5 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{0,000188 \text{ m}^2} = 63 \text{ kPa}$$

Resultados

Los resultados obtenidos en el ensayo se encuentran recogidos en la siguiente tabla:

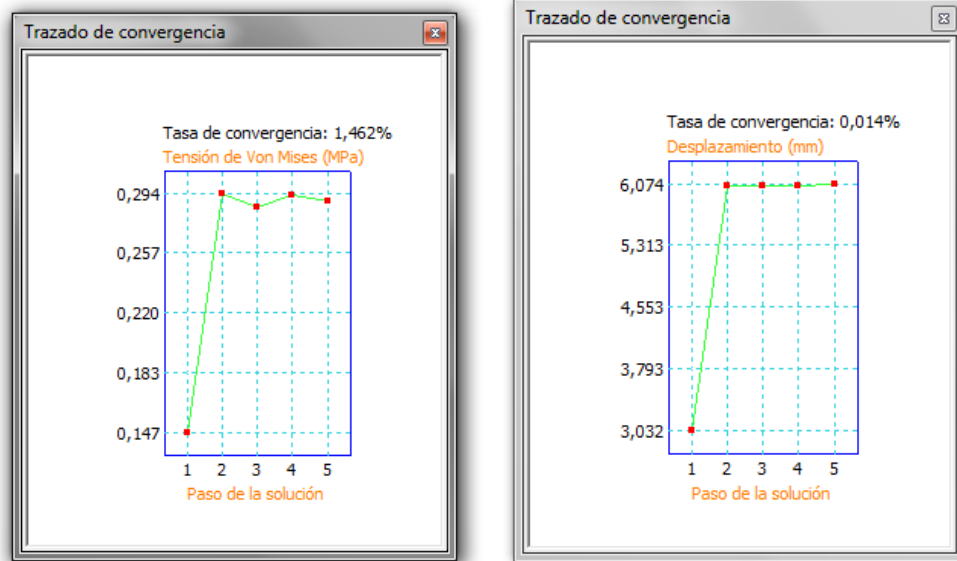
	Carga	Tipo de elemento utilizado	Malla utilizada (nº nodos)	$\delta_{\text{máx}}$ (mm)	$\sigma_{\text{VM máx}}$ (Mpa)	¿Plastifica?
Ejemplo a) (0,5 kg)	21 kPa	Tetraedro parabólico	18770 nodos	2,024 mm	0,09508 Mpa	No
Ejemplo b) (1,5 kg)	63 kPa	Tetraedro parabólico	20397 nodos	6,074 mm	0,2892 Mpa	No

En ninguno de los casos se produce la plastificación del material. Además las graficas que aportan la convergencia del método aporta valores muy correctos.



Convergencias de tensión de Von Mises y desplazamiento para el ejemplo a)

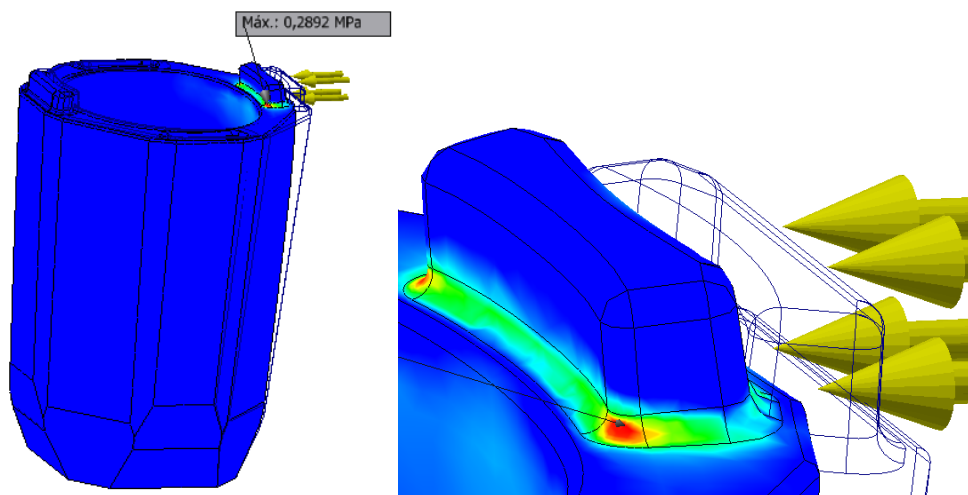
3. APLICACIÓN PRÁCTICA



Convergencias de tensión de Von Mises y desplazamiento para el ejemplo b)

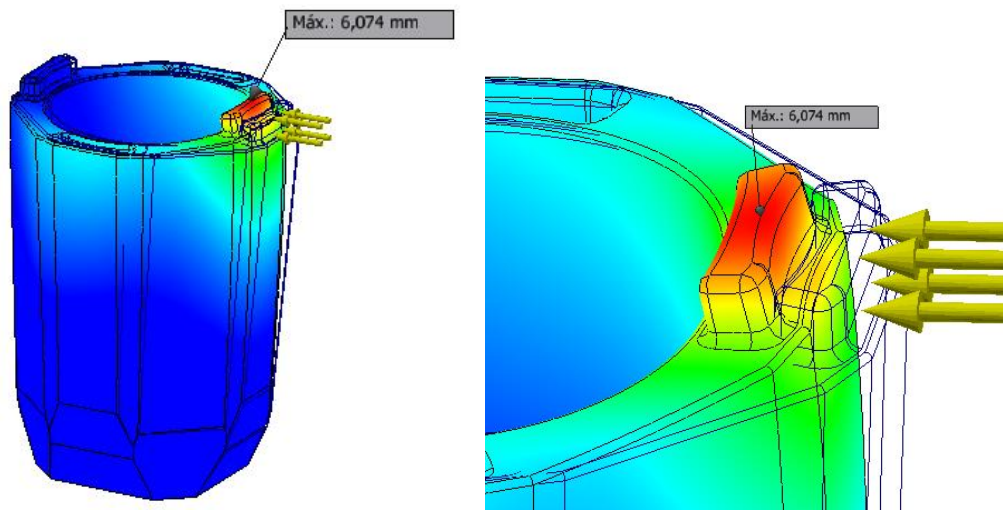
Tensiones y desplazamientos máximos

Las tensiones de Von Mises máximas se localizan en una zona muy concentrada, en el borde de la pestaña. Donde encontramos estas tensiones, el material esta casi totalitariamente sometido a un esfuerzo de compresión. Posiblemente aplicando una carga como la mostrada, existirían más probabilidades de rotura en la zona donde es aplicada la cara, justo donde nace la pestaña, ya que se encontraría sometida a flexión.



Tensiones máximas de Von Mises

Los desplazamientos de mayor valor se sitúan sobre la cara superior de la arista, ya que es la más alejada del cuerpo del embalaje.



Desplazamientos máximos

Conclusiones

En el diseño de elementos salientes o tetones, es de gran importancia tener en cuenta los redondeos, ya que evitan acumulaciones tensionales. De este modo, el material responderá de mejor manera frente a las variadas sollicitaciones. Además, en materiales de células circulares, los redondeos no solo favorecen la distribución de tensiones, sino que también ayudan en la inyección de la materia prima.

Hay que tener en cuenta que un ensayo de este tipo no se va a dar en la realidad. La carga no va a estar aplicada justamente en esa zona, sino que lo más lógico será que la carga la sufra el lateral del embalaje, y parte de esa carga llegue a las pestañas. Son ensayos críticos, que a pesar de que en un primer momento hace creer que estas pestañas no tienen la geometría correcta, tras establecer el criterio anterior, se puede afirmar de que la forma de responder de esta espuma de plástico celular es la correcta.

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

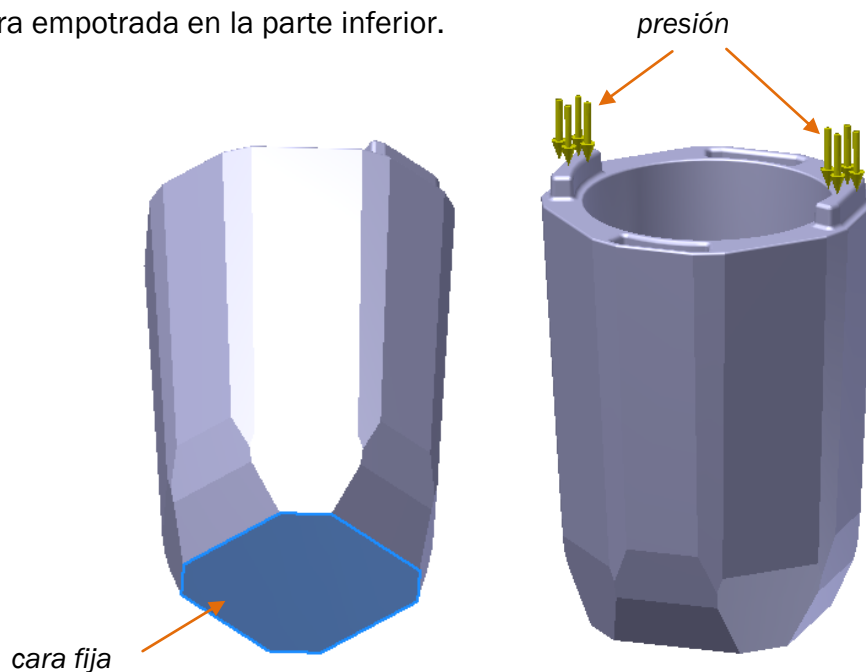
2.2. Ensayo de compresión en pestañas

Como se determinó en capítulos anteriores, esta espuma celular posee muy buena resistencia a compresión. La geometría indica que las pestañas poseen una altura menor que el agujero donde irán ensambladas, por lo que bajo condiciones muy extrañas se dará la compresión vertical de las pestañas. A pesar de ello, es necesario el estudio de cada elemento que compone el sistema de embalaje.

Por lo tanto, las pestañas serán sometidas a un ensayo a compresión vertical.

Condiciones de contorno

Las condiciones de contorno que se establecen son una presión vertical sobre la cara superior de la pestaña. La restricción del modelo será una cara empotrada en la parte inferior.



-Ejemplo a). La carga aplicada en cada saliente será de:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{2 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{0,000155 \text{ m}^2} = 0,126 \text{ Mpa}$$

-Ejemplo b). La carga de compresión aplicada sobre la cara de la pestaña será:

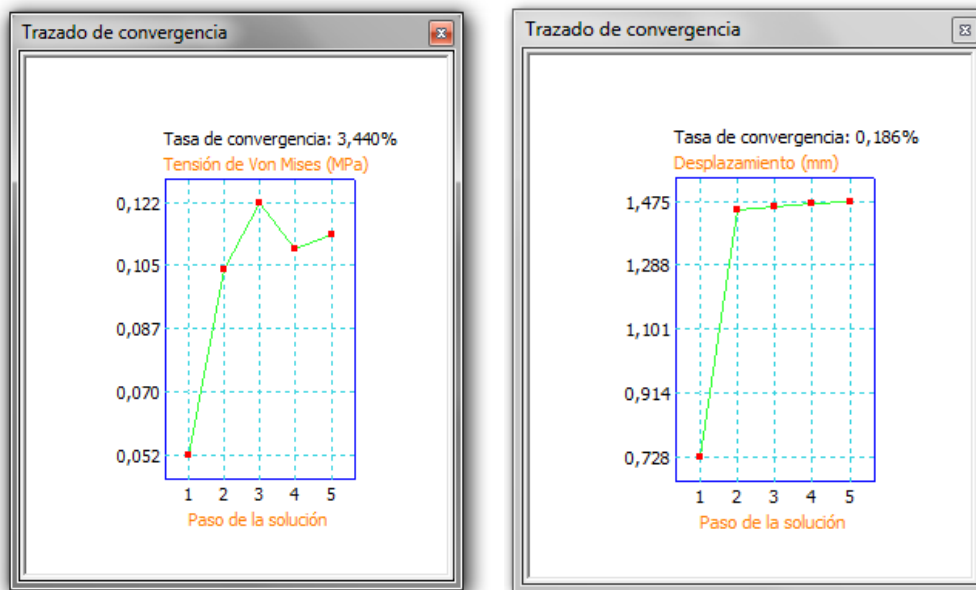
$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{6,3 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{0,000155 \text{ m}^2} = 0,4 \text{ Mpa}$$

Resultados

Los resultados obtenidos en el ensayo se encuentran recogidos en la siguiente tabla:

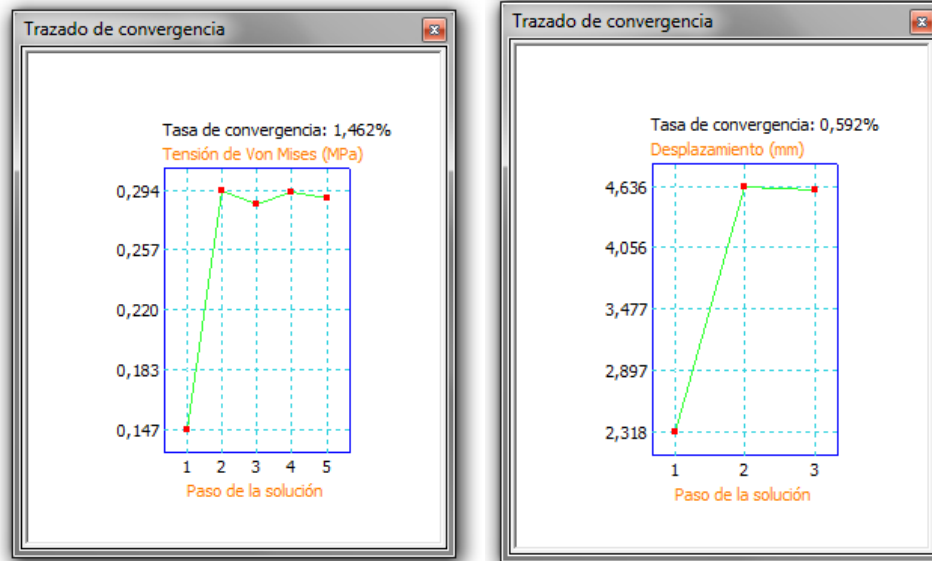
	Carga	Tipo de elemento utilizado	Malla utilizada (nº nodos)	$\delta_{\text{máx}}$ (mm)	$\sigma_{\text{VM máx}}$ (Mpa)	¿Plastifica?
Ejemplo a)	0,126 Mpa	Tetraedro parabólico	23909 nodos	1,475 mm	0,1135 Mpa	No
Ejemplo b)	0,4 Mpa	Tetraedro parabólico	18682 nodos	4,609 mm	0,3099 Mpa	Sí

En el primer ejemplo no se produce la plastificación del material del embalaje, a diferencia que en el caso b), cuyo valor supera al límite elástico por poco.



Convergencias para el ejemplo a)

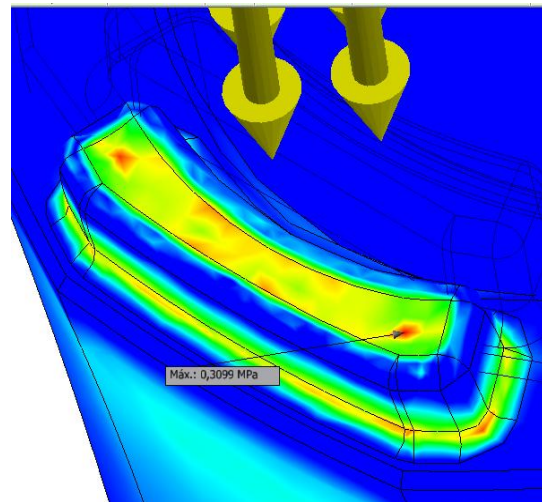
3. APLICACIÓN PRÁCTICA



Convergencias para el ejemplo b)

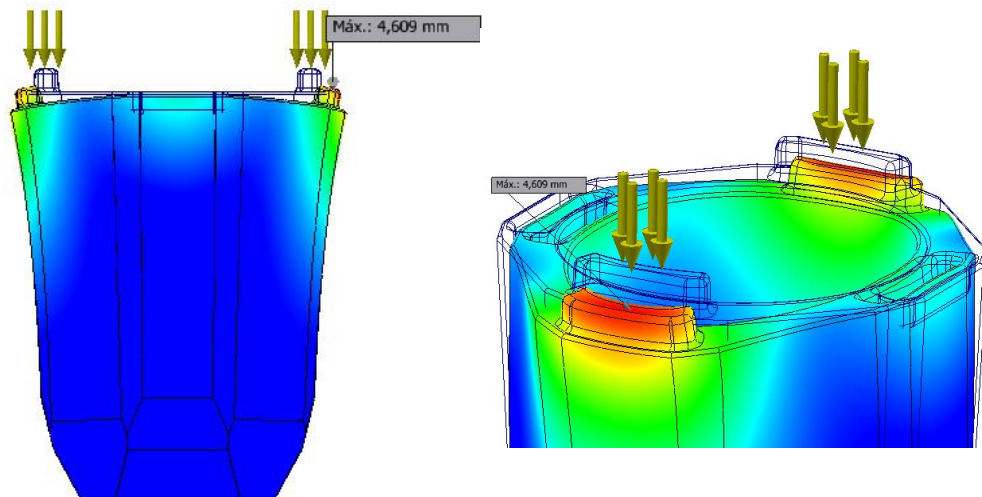
Tensiones y desplazamientos máximos

Las tensiones máximas se sitúan sobre la cara de aplicación de la carga. En la zona redondeada de donde nace la pestaña también existe una concentración de tensiones. Gracias a los redondeos, las tensiones de esa superficie no son tan críticas, ya que estos ayudan en la distribución de cargas. La imagen de la derecha muestra el punto exacto donde la tensión de Von Mises es máxima.



Lógicamente, al haber aplicado otra carga de manera simétrica, los puntos simétricos a este también poseerán tensiones homólogas.

Los desplazamientos de mayor valor mayor se encuentran en la zona media de la pestaña.



Simulación de los desplazamientos

Conclusiones

Una carga aplicada explícitamente de forma compresiva sobre las pestañas del embalaje no se dará por norma general durante la utilización del embalaje. A pesar de ello, toda información es válida para prever la forma de actuación de nuestro producto.

La representación de la deformación del cuerpo muestra que al aplicar cargas de ese modo, se va a producir un pandeo del embalaje.

En este caso se aplicaron dos cargas de valor muy diferente, para obtener valores desiguales. En el primer caso no se produce una plastificación, a diferencia del segundo. En este segundo ejemplo, el límite elástico es superado por poca diferencia, por lo que podemos afirmar que para cargas inferiores a 6,3 kg, aplicadas de la forma indicada, no se produciría una rotura del embalaje (suponiendo que el ensayo calculado por el software sea correcto).

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

3. ENSAYOS POR CONJUNTO

3.1. Botellero con capacidad una botella

-Ensayo de apilamiento

En este momento se comenzará a estudiar el botellero en conjunto. El ensayo al que se le someterá en este caso será a una serie de embalajes apilados en su parte superior.

Supondremos varios botelleros llenos apilados verticalmente, de tal manera que el inferior tenga que soportar todo el peso. Para ello, deberemos calcular el peso del embalaje. A partir de la fórmula $\rho = \frac{m}{V}$, obtenemos:

$$m = \rho \cdot V = 20 \frac{kg}{m^3} \cdot 892,284579cm^3 \cdot \frac{1m^3}{1000000cm^3} = 17,8g$$

Como un embalaje está compuesto por dos partes, la masa total del mismo será de:

$$m_e = 2 \cdot 17,8g = 35,7 g$$

El empaque se completará con 1 botella, de un peso aproximado de 1,6 kg.

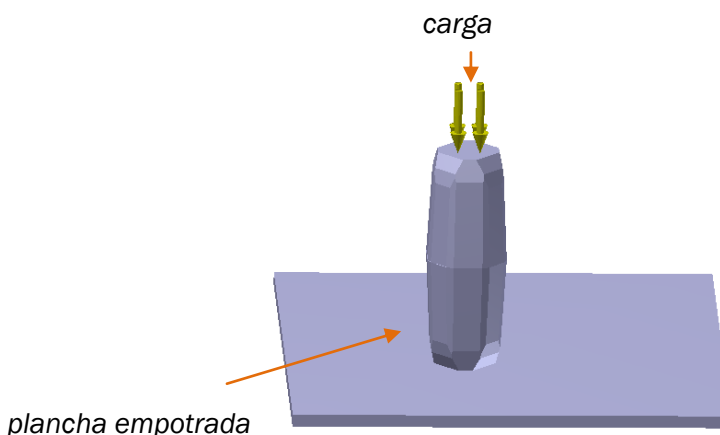
$$m_b = 1,6 kg$$

La masa total del embalaje lleno será:

$$m_t = m_e + m_b = 0,0357 kg + 1,6 kg = 1,64 kg$$

Condiciones de contorno

Se establece un empotramiento en una plancha que actúa como suelo. La carga se aplica sobre la cara superior del embalaje. El embalaje reposa sobre la plancha anteriormente mencionada.



-Ejemplo a): Apilamiento de dos conjuntos.

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{1,64 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{0,006688 \text{ m}^2} = 2,4 \text{ kPa}$$

-Ejemplo b): Apilamiento de tres conjuntos

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{2 \cdot 1,64 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{0,006688 \text{ m}^2} = 4,8 \text{ kPa}$$

-Ejemplo c): Apilamiento de cuatro conjuntos

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{3 \cdot 1,64 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{0,006688 \text{ m}^2} = 7,2 \text{ kPa}$$

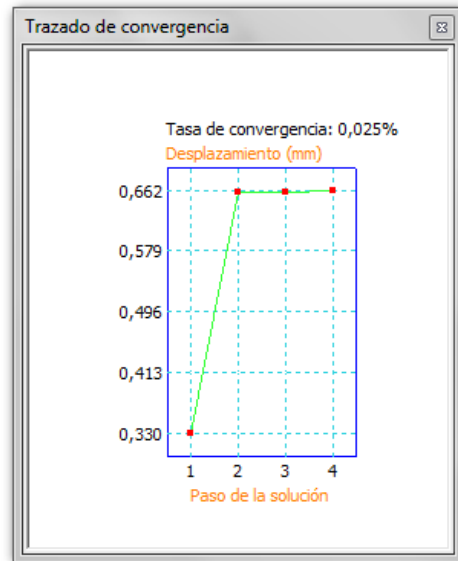
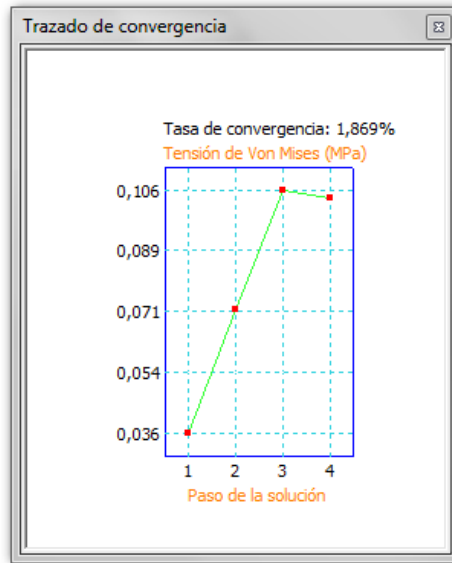
Resultados

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

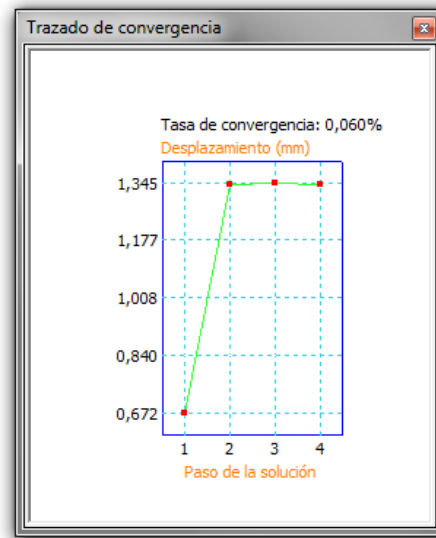
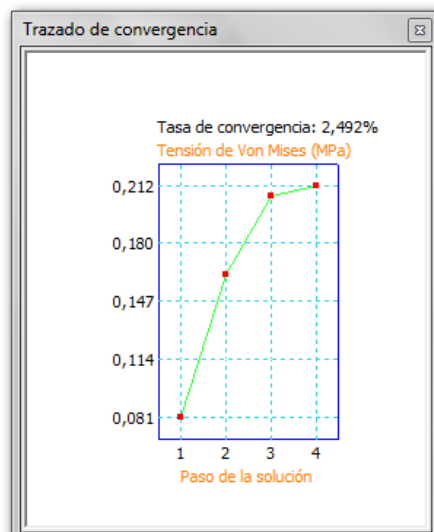
	Carga	Tipo de elemento utilizado	Malla utilizada (nº nodos)	$\delta_{\text{máx}}$ (mm)	$\sigma_{\text{VM máx}}$ (Mpa)	¿Plastifica?
Ejemplo a)	2,4 kPa	Tetraedro parabólico	41646 nodos	0,6616 mm	0,1044 Mpa	No
Ejemplo b)	4,8 kPa	Tetraedro parabólico	156935 nodos	1,344 mm	0,2124 Mpa	No
Ejemplo c)	7,2 kPa	Tetraedro parabólico	154027 nodos	1,967 mm	0,3019 Mpa	Sí

Las tasas de convergencia ofrecidas en cada uno de los ejemplos son muy correctas. El peor valor (2,492%) lo encontramos en el ejemplo b), en la tasa de convergencia de la tensión de Von Mises. A pesar de ello, es un valor que podemos tomar sin riesgo como válido.

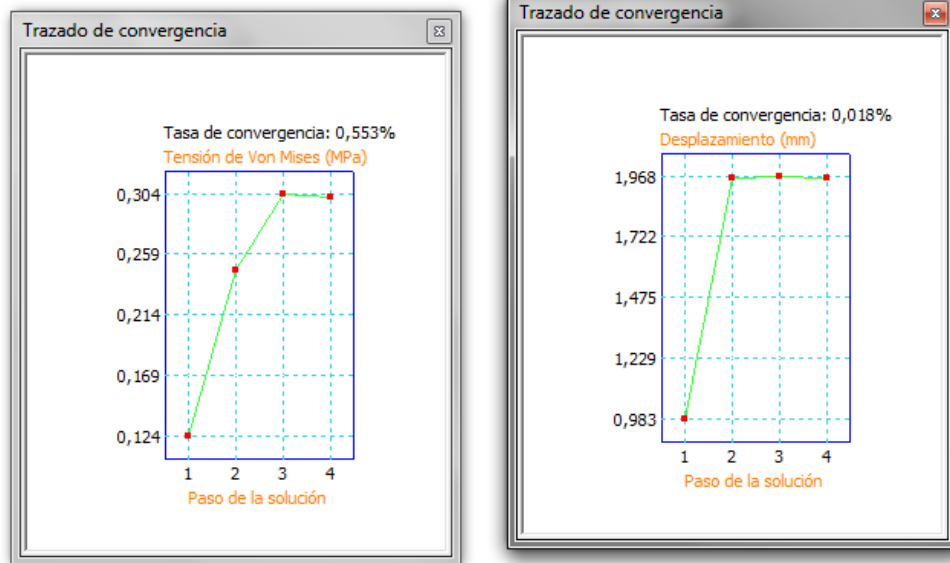
3. APLICACIÓN PRÁCTICA



Tasas de convergencia para el ejemplo a)



Tasas de convergencia para el ejemplo b)

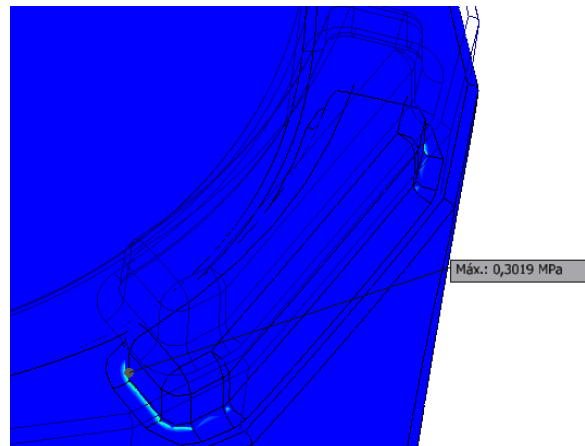


Tasas de convergencia para el ejemplo c)

Tensiones y desplazamientos máximos

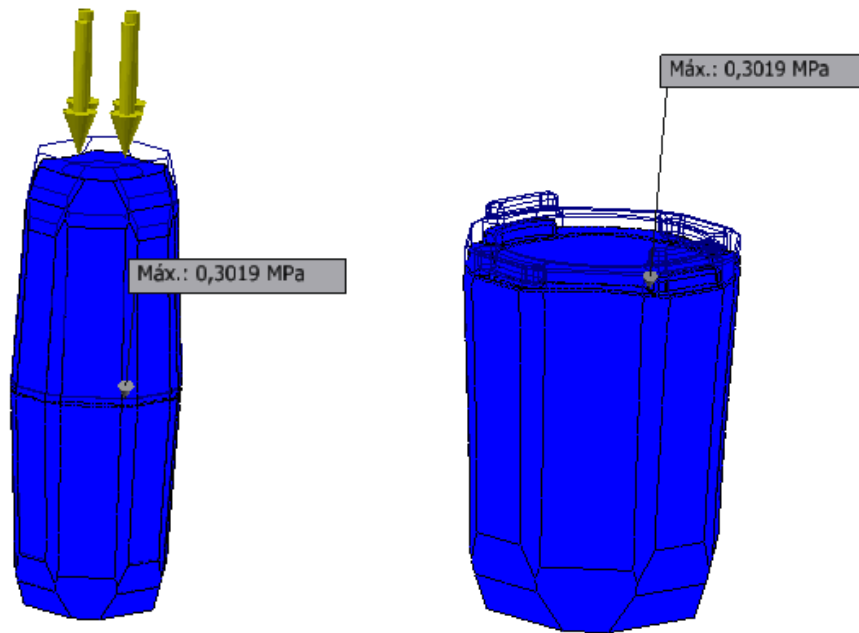
Las tensiones máximas de Von Mises son localizadas en la zona de las pestañas, en la parte inferior del embalaje. La tensión se transmite desde la parte superior del embalaje a la inferior, a través de las pestañas. Como estos son elementos pequeños, con bajos radios de acuerdo, la acumulación de tensiones es mayor.

Es común aumentar los radios de acuerdo en las geometrías con el fin de distribuir más uniformemente las tensiones por todo el embalaje. Esto ayudará a que el embalaje soporte mayores cargas.



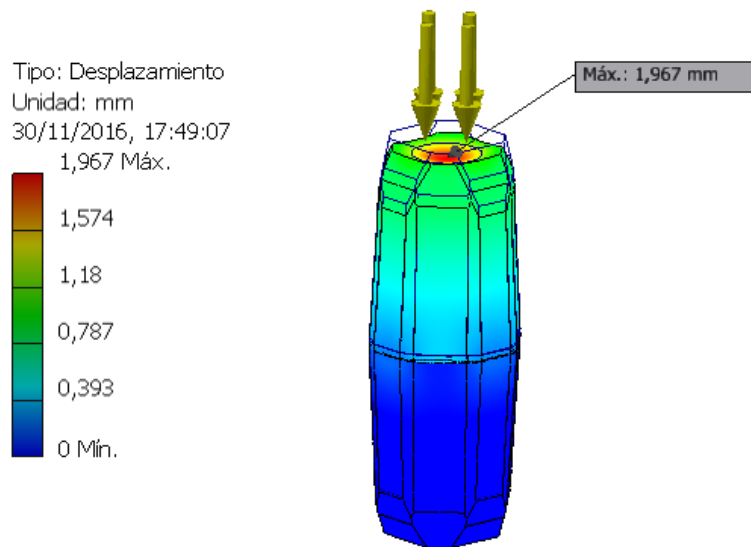
Zona de máxima tensión de Von Mises

3. APLICACIÓN PRÁCTICA



Zona de máxima tensión de Von Mises

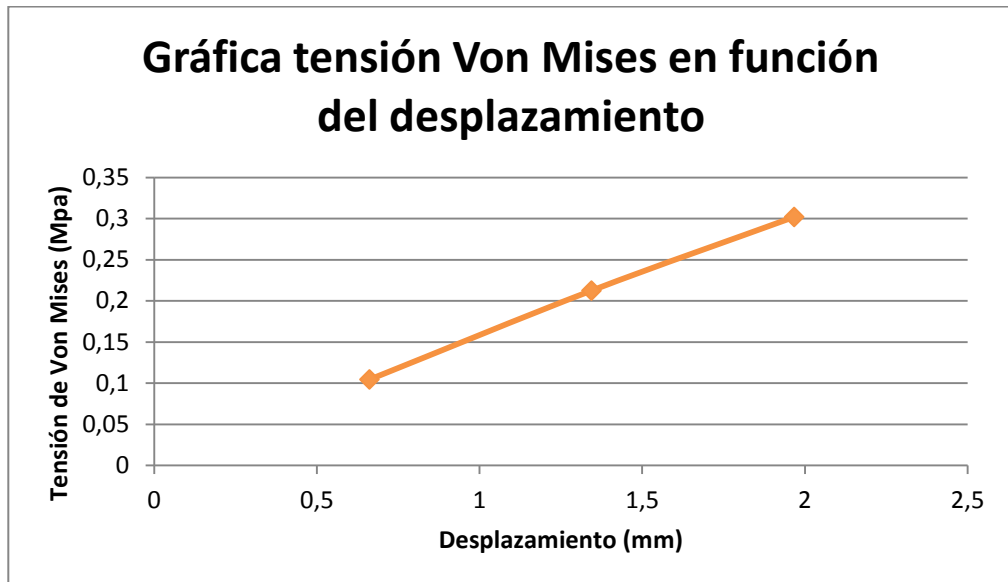
Los desplazamientos máximos se encuentran en la zona donde es aplicada la carga. Son distribuidos uniformemente desde esta zona hasta la parte inferior del embalaje, donde no existe ningún desplazamiento.



Desplazamiento máximo

Conclusiones

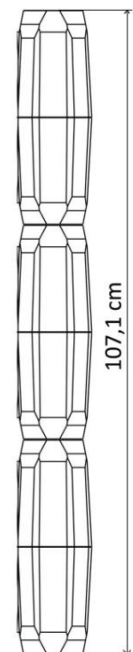
La gráfica inferior indica que los ensayos son casi lineales. Gracias a esto, podremos conocer comportamientos para diferentes entradas sin necesidad de llevar a cabo un ensayo.



La cantidad de embalajes llenos apilables asciende a un grupo de 3 unidades. Para el caso de 4 unidades, los ensayos han establecido que se producirá una plastificación del material, por lo que no es recomendable.

Los botelleros de una cavidad generalmente no serán apilados, ya que, cuando se coloca uno encima de otro, la inestabilidad del grupo aumenta, pudiéndose producir la caída del grupo. Por lo tanto, los botelleros para un único artículo no suelen ser apilados por problemas de estabilidad.

En ensayos posteriores, observaremos, que la cantidad de embalajes llenos (para capacidades superiores a una unidad) que se pueden apilar, aumenta. Esto se debe a la introducción de elementos como nervios que hacen posible la unión de diferentes cavidades, aportando así resistencia.



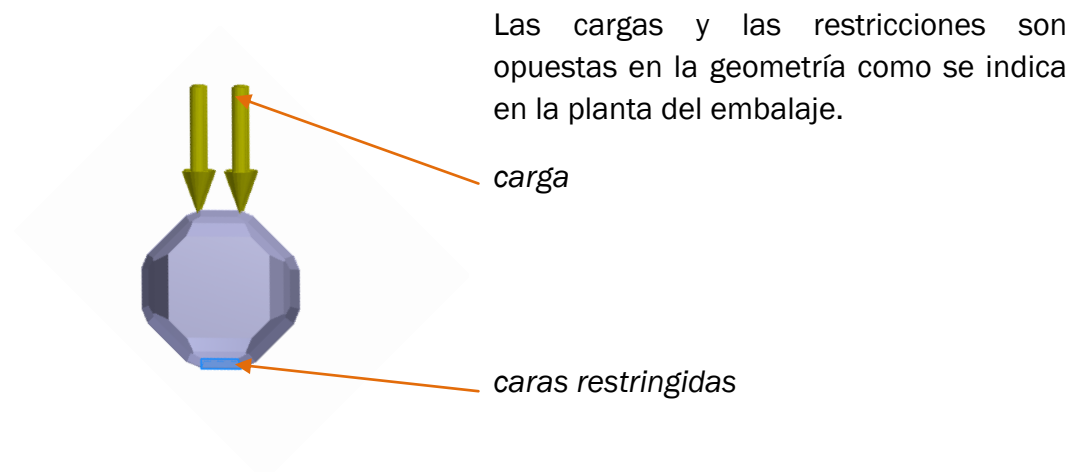
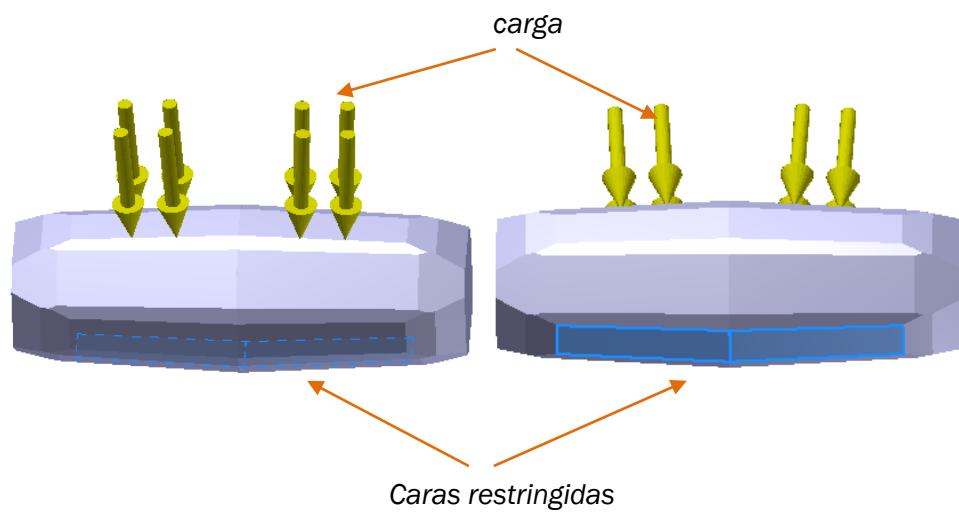
3. APLICACIÓN PRÁCTICA

-Ensayo de carga lateral

Aplicamos una carga sobre el lateral del embalaje, coincidente con sucesivos embalajes, con el fin de saber cuál es el límite de peso antes de que el material plastifique. Debido a la geometría que posee el embalaje, el apilamiento lateral no va a ser posible.

Condiciones de contorno

La carga será aplicada en las dos superficies laterales indicadas del embalaje. Las restricciones establecidas en las caras indicadas no permiten el movimiento en el eje vertical, pero si en el plano horizontal y los giros.



-Ejemplo a): la carga aplicada sobre ambas caras será equivalente a el peso de un embalaje unitario lleno, es decir, 1,64 kg.

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{1,64 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{2 \cdot 0,004217 \text{ m}^2} = 1,9 \text{ kPa}$$

-Ejemplo b): la carga aplicada sobre ambas caras será equivalente a el peso de dos embalaje unitario lleno, o lo que es lo mismo, un peso de 3,28kg.

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{2 \cdot 1,64 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{2 \cdot 0,004217 \text{ m}^2} = 3,8 \text{ kPa}$$

-Ejemplo c): la carga aplicada sobre ambas caras será equivalente al peso de tres embalaje unitario lleno, es decir, 4,92 kg.

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{3 \cdot 1,64 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{2 \cdot 0,004217 \text{ m}^2} = 7,6 \text{ kPa}$$

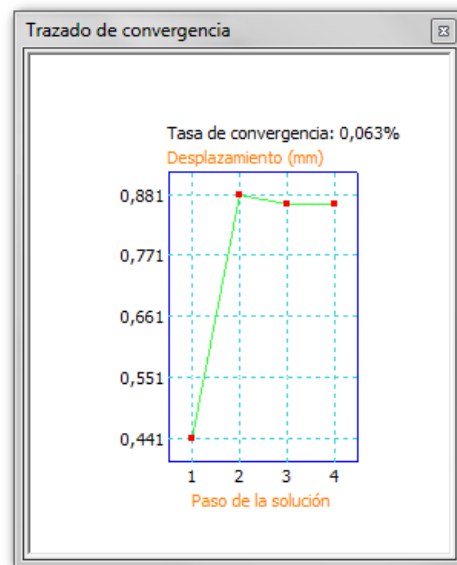
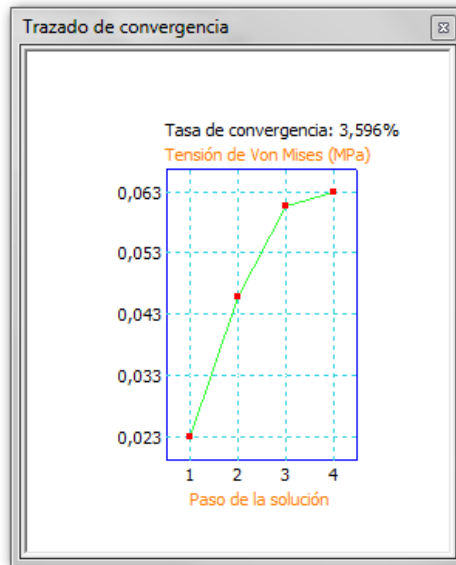
Resultados

Los resultados fueron:

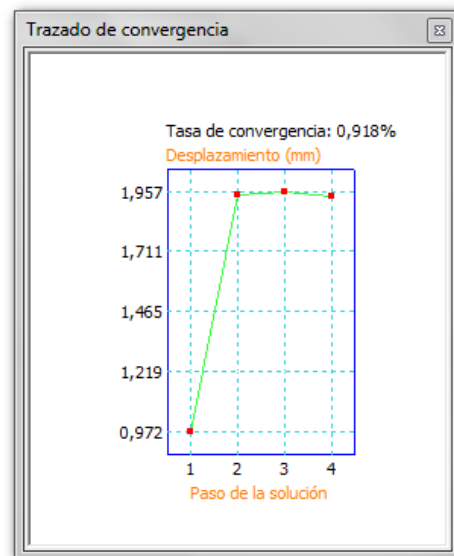
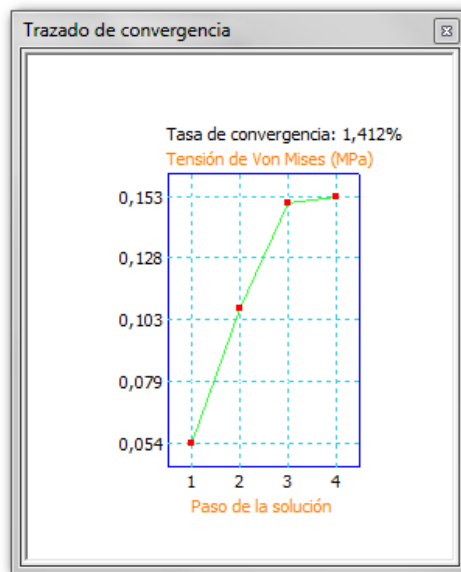
	Carga	Tipo de elemento utilizado	Malla utilizada (nº nodos)	$\delta_{\text{máx}}$ (mm)	$\sigma_{\text{VM máx}}$ (Mpa)	¿Plástica?
Ejemplo a)	1,9 kPa	Tetraedro lineal	153566 nodos	0,0634 1 mm	0,0865 9 Mpa	No
Ejemplo b)	3,8 kPa	Tetraedro parabólico	39904 nodos	1,939 mm	0,1529 Mpa	No
Ejemplo c)	7,6 kPa	Tetraedro parabólico	40167 nodos	3,885 mm	0,3183 Mpa	Sí

Las tasas obtenidas de convergencia son correctas.

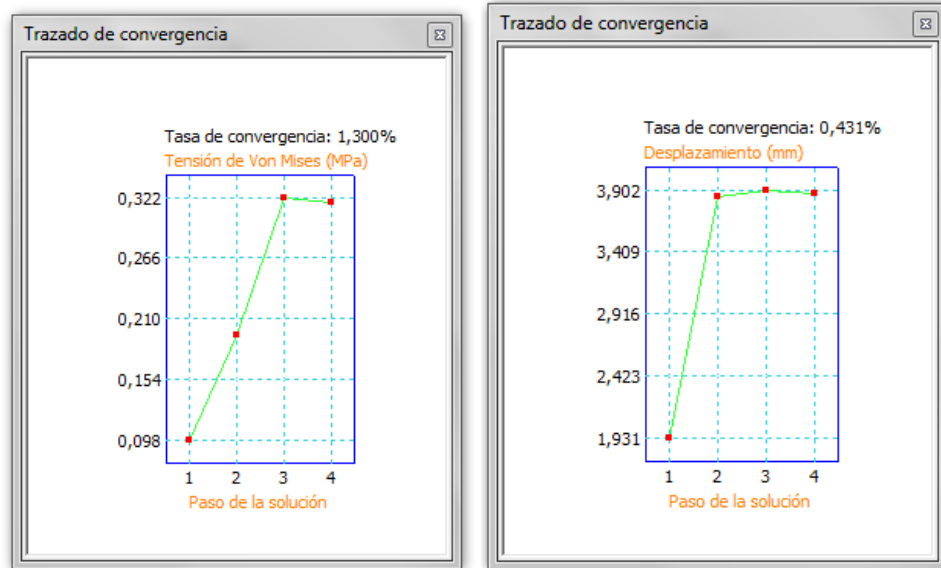
3. APLICACIÓN PRÁCTICA



Convergencias del ejemplo a)



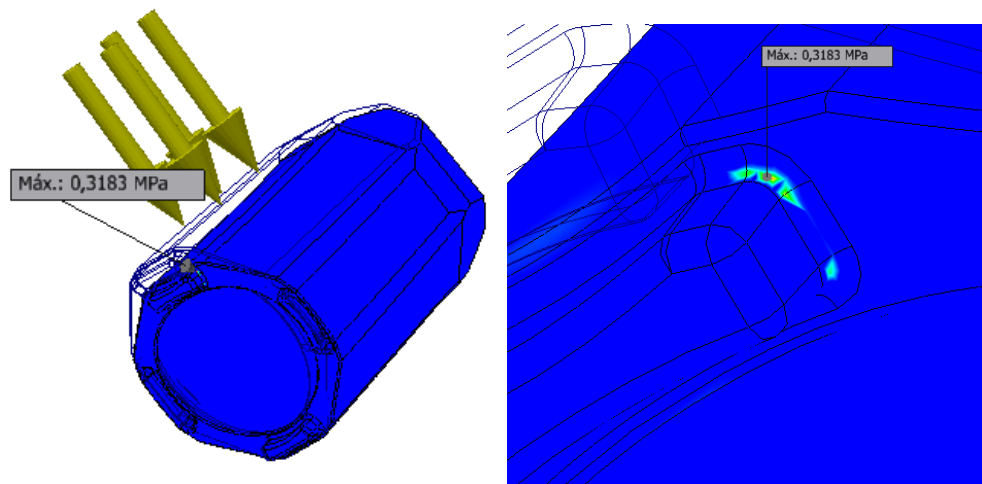
Convergencias del ejemplo b)



Convergencias del ejemplo c)

Tensiones y desplazamientos máximos

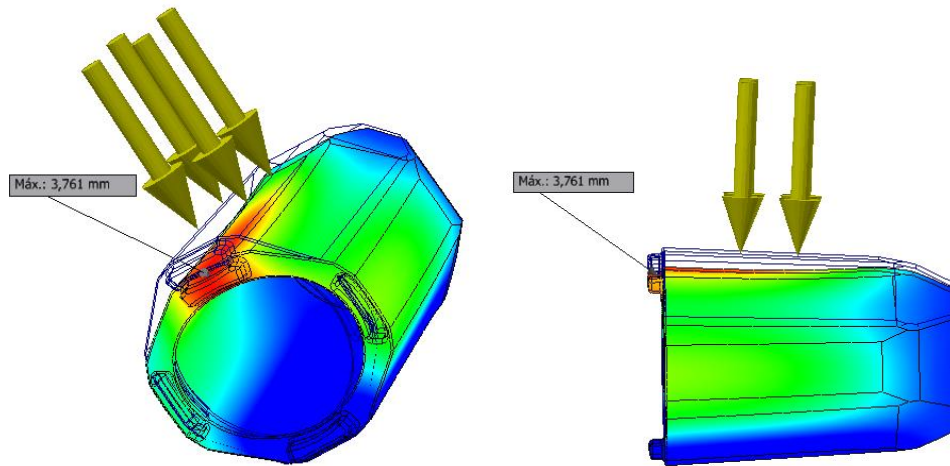
Las tensiones máximas de von Mises se sitúan en la zona desde la que nacen las pestañas. Hay que tener en cuenta que, gracias al redondeo, el valor es menor gracias a la distribución de tensiones que estos generan.



Zona de la tensión máxima de Von Mises

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

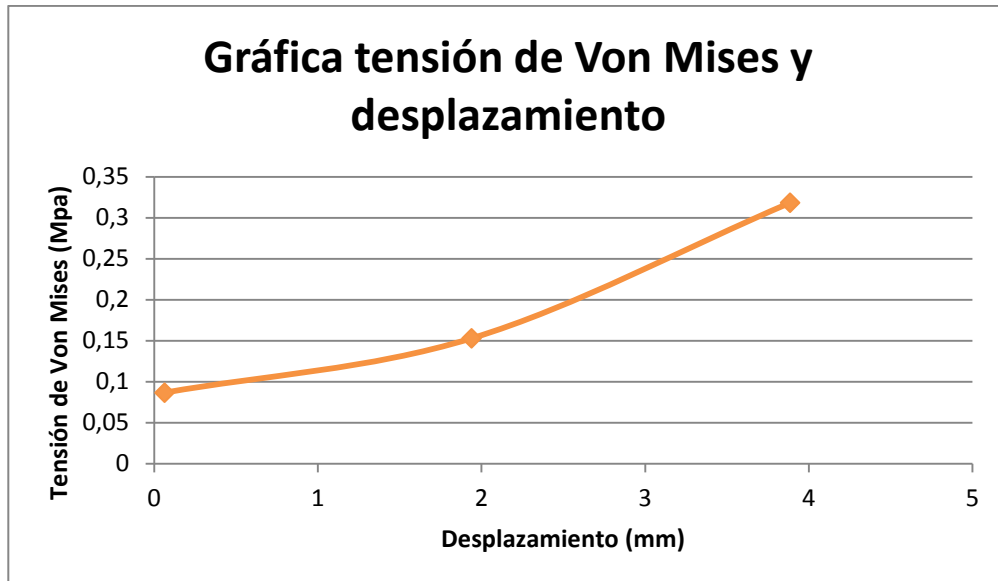
Los desplazamientos máximos del modelo se localizan junto a la franja de aplicación de la carga. Es un resultado lógico, ya que debido a las restricciones establecidas, los desplazamientos máximos no podrían localizarse en otra zona.



Simulación de desplazamientos

Conclusiones

Según el ensayo realizado anteriormente nuestro embalaje soporta la carga de dos embalajes llenos en su lateral. Hay que tener en cuenta que, en el ensayo llevado a cabo, el embalaje estudiado no contiene una botella en su interior, por lo que la resistencia que este ofrece será menor. Si el ensayo se hubiera realizado con la botella en su interior, los desplazamientos del modelo hubieran llegado hasta la botella, y a partir de este punto, no hubieran aumentado su valor, ya que la botella impide el desplazamiento. Por este motivo, podemos decir que, a pesar de que experimentalmente aguante el peso de dos embalajes llenos, en realidad, si el embalaje estudiado está lleno, las tensiones que sufra serán menores que las calculadas por el software de elementos finitos.



3.2. Botellero con capacidad para tres botellas

-Ensayo de apilamiento

En este punto comenzaremos a estudiar el botellero de capacidad 3. Recordemos que el botellero presenta un diseño modular, y a pesar de que los estudios anteriores no presentaron problemas para la correcta protección del elemento transportado, es necesario estudiar el resto de embalajes para las diferentes capacidades, ya que en ellos encontramos zonas de nuevas geometrías como puede ser el caso de las bandas de unión entre las diferentes cavidades.

Supondremos varios botelleros llenos apilados verticalmente sobre él, de tal manera que el inferior tenga que soportar todo el peso. Para ello, deberemos calcular el peso del embalaje. A partir de la fórmula $\rho = \frac{m}{V}$, obtenemos:

$$m = \rho \cdot V = 20 \frac{kg}{m^3} \cdot 2621,06033cm^3 \cdot \frac{1m^3}{1000000cm^3} = 52,4 g$$

Como un embalaje está compuesto por dos partes, la masa total del mismo será de:

$$m_e = 2 \cdot 52,4g = 104,8 g$$

El empaque se completará con 3 botellas, cuyos pesos aproximados suponemos que serán de 1,6 kg.

$$m_b = 3 \cdot 1,6 kg = 4,8 kg$$

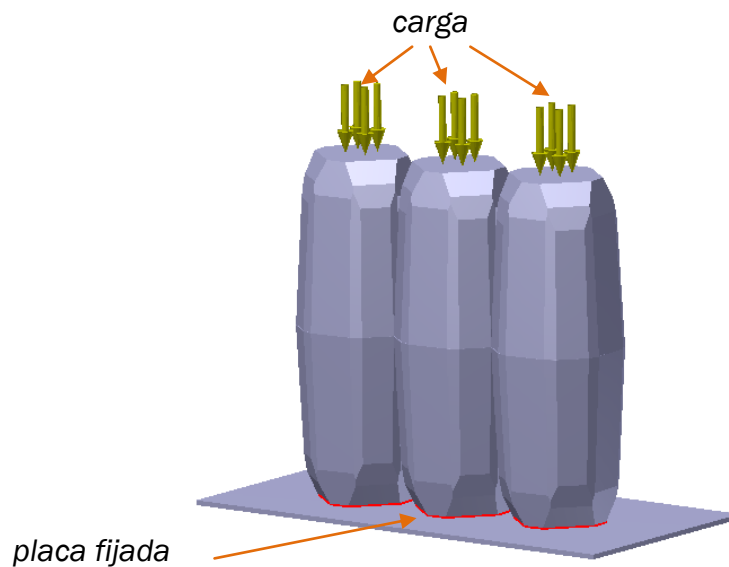
3. APLICACIÓN PRÁCTICA

La masa total del embalaje lleno será:

$$m_t = m_e + m_b = 0,1048 \text{ kg} + 4,8 \text{ kg} = 4,9 \text{ kg}$$

Condiciones de contorno

Como condiciones de contorno estableceremos una plancha como suelo totalmente fija que actuará como el suelo. El botellero estará apoyado sobre esta, de manera que se impida el movimiento en el eje vertical. Los giros y movimientos en el plano horizontal están permitidos.



-Ejemplo a): Apilamiento de dos conjuntos.

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{4,9 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{0,006688 \text{ m}^2} = 7,2 \text{ kPa}$$

-Ejemplo b): Apilamiento de tres conjuntos

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{2 \cdot 4,9 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{0,006688 \text{ m}^2} = 14,4 \text{ kPa}$$

-Ejemplo c): Apilamiento de cuatro conjuntos

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{3 \cdot 4,9 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{0,006688 \text{ m}^2} = 21,5 \text{ kPa}$$

-Ejemplo d): Apilamiento de cinco conjuntos

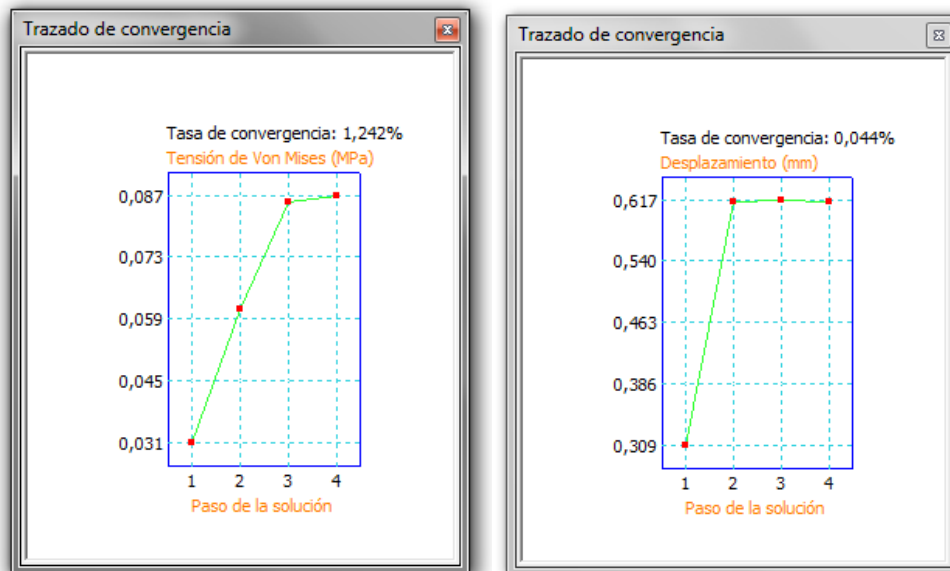
$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{4 \cdot 4,9 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{0,006688 \text{ m}^2} = 28,7 \text{ kPa}$$

Resultados

Los resultados fueron:

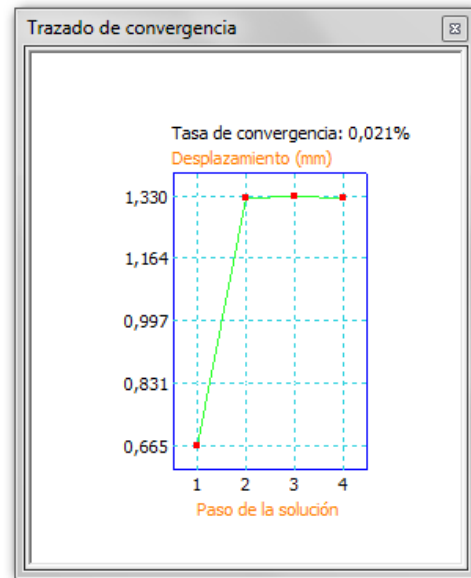
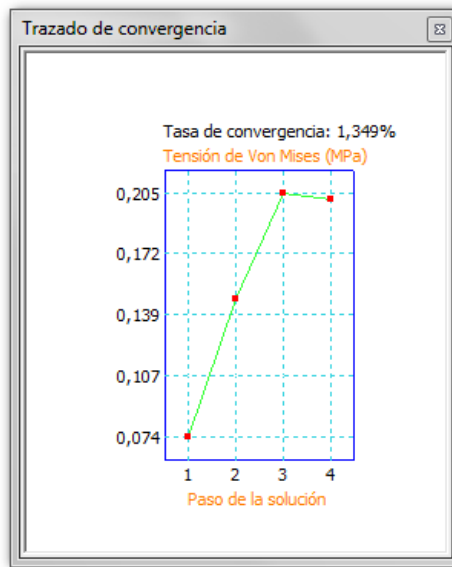
	Carga	Tipo de elemento utilizado	Malla utilizada (nº nodos)	$\delta_{\text{máx}}$ (mm)	$\sigma_{\text{VM máx}}$ (Mpa)	¿Plastifica?
Ejemplo a)	7,2 kPa	Tetraedro lineal	114670 nodos	0,671 mm	0,0867 1 Mpa	No
Ejemplo b)	14,4 kPa	Tetraedro parabólico	130614 nodos	1,33 mm	0,202 Mpa	No
Ejemplo c)	21,5 kPa	Tetraedro parabólico	121668 nodos	1,845 mm	0,2679 Mpa	No
Ejemplo d)	28,7 kPa	Tetraedro parabólico	122155 nodos	2,462 mm	0,3738 Mpa	Sí

Las tasas de convergencias obtenidas para todos los ensayos son muy correctas. En el ejemplo d), debido a que la tensión máxima de Von Mises supera al límite elástico del material se produciría una plastificación (caso de apilamiento de 5 unidades). Se debe puntualizar que hemos considerado las botellas de 1,6 kg y este peso supera la mayoría de las botellas más comercializadas.

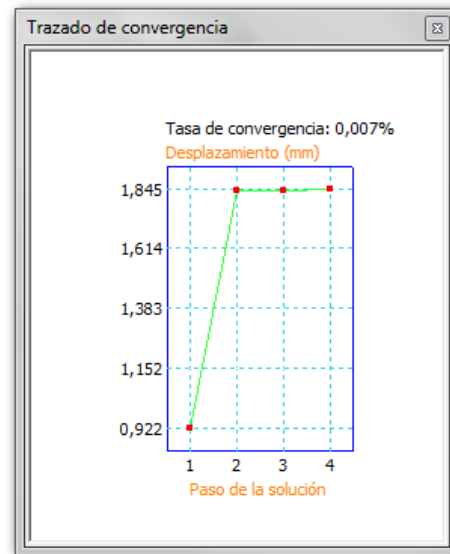
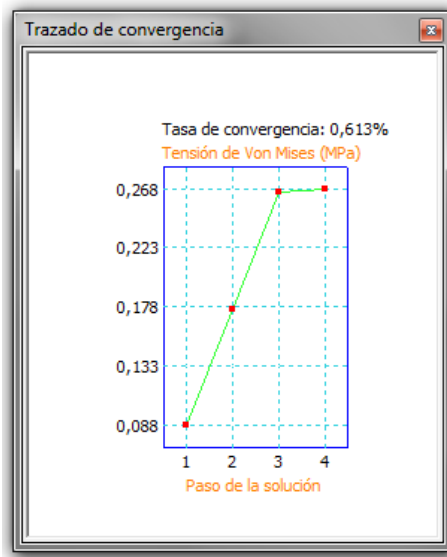


Tasas de convergencia para el ejemplo a)

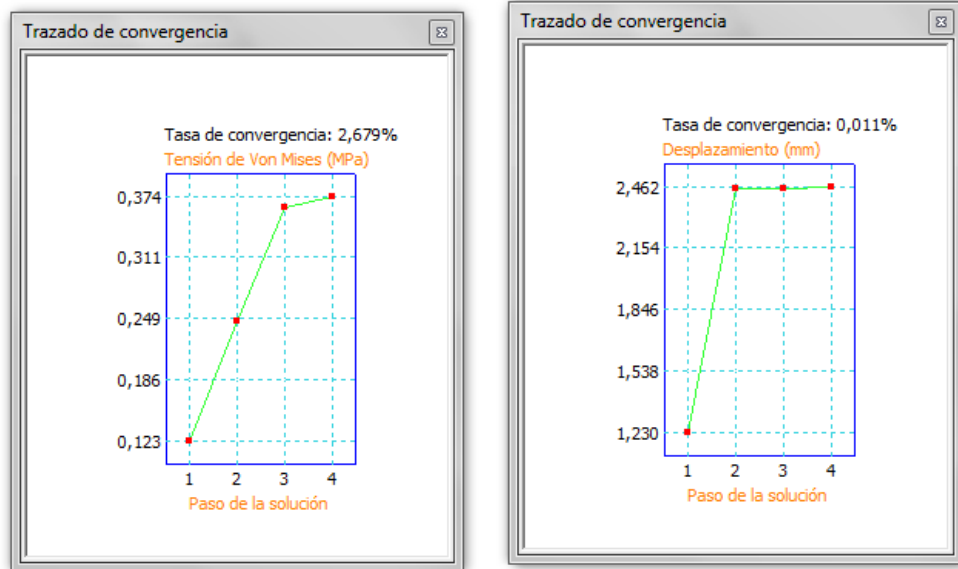
3. APLICACIÓN PRÁCTICA



Tasas de convergencia para el ejemplo b)



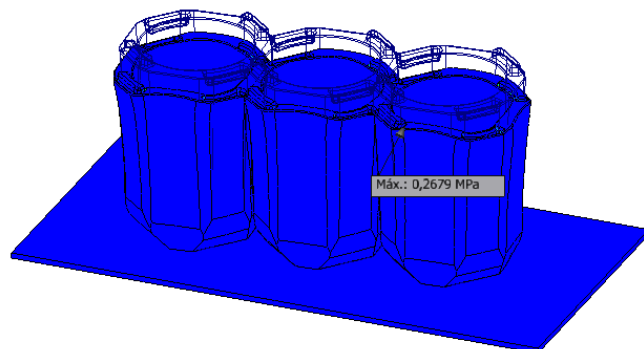
Tasas de convergencia para el ejemplo c)



Tasas de convergencia para el ejemplo d)

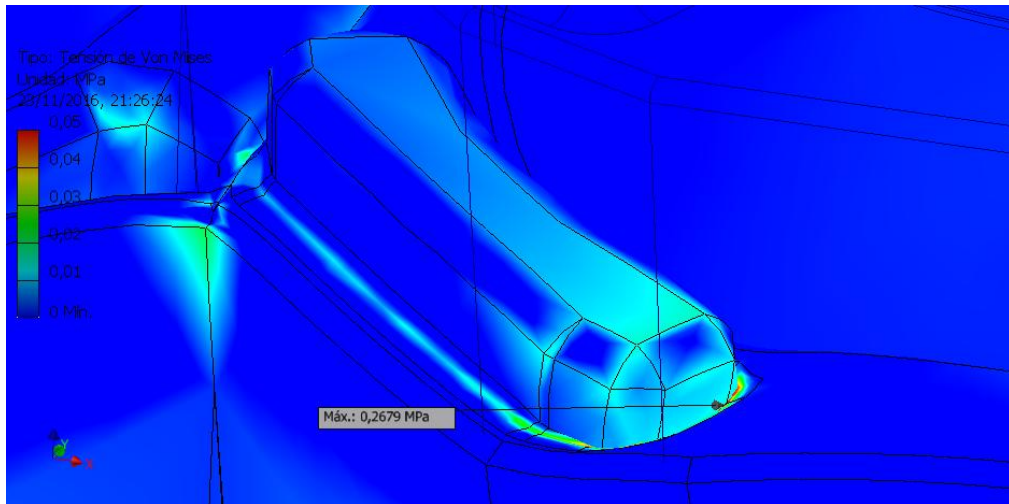
Tensiones y desplazamientos máximos

Las tensiones máximas se localizan en la zona de las pestañas, es decir, en la parte que está en contacto con la superficie. Esto tiene lógica porque



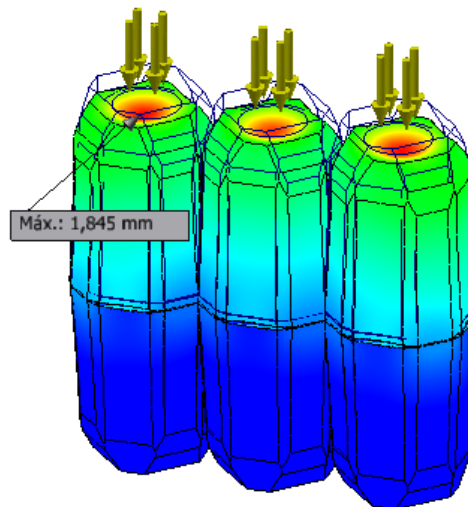
toda la carga de arriba es transferida desde la parte superior del embalaje hasta la parte inferior; y ambas partes del embalaje se encuentran en contacto mediante las pestañas. Estos salientes, debido a su geometría, acumulan más tensión que el resto del embalaje. El diseño se ha creado teniendo en cuenta estos parámetros y añadiendo radios de acuerdo para que estas tensiones que se acumulan en estos puntos se distribuyan de la manera más convenientemente posible para el embalaje.

3. APLICACIÓN PRÁCTICA



Tensión máxima de Von Mises indicada por una flecha

Los desplazamientos máximos los situamos sobre la zona de aplicación de la presión. Estos sufren una degradación desde la partes superior del embalaje hasta la inferior, en la que apenas se observa movimiento.



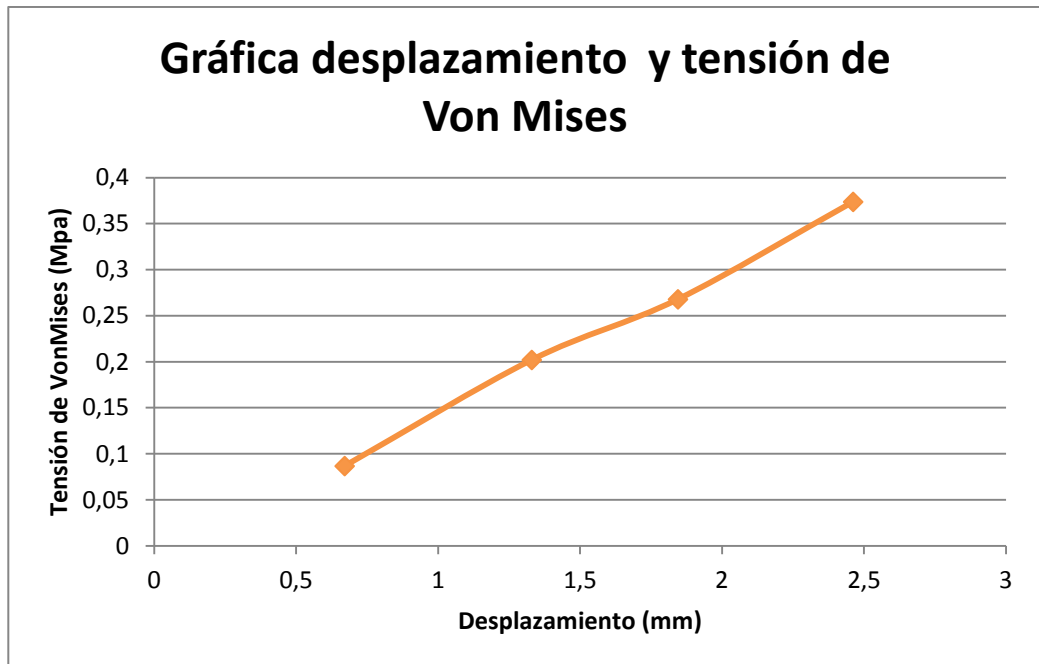
Desplazamiento máximo

Conclusiones

El botellero soporta los esfuerzos producidos por 4 unidades apiladas (imagen derecha), suponiendo que cada botella tiene un peso de 1,6 kg. El embalaje inferior deberá soportar toda la carga del conjunto, es decir, 3 botelleros con sus respectivas botellas. Para botellas de pesos inferiores, es posible que aumente la cantidad de embalajes llenos apilados sin condiciones negativas para ellos (las botellas más

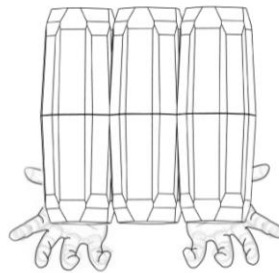
comercializadas, las bordalesas, poseen una masa de 1,2 kg). La experiencia indica que siempre los ensayos se han de llevar a los casos más críticos.

La gráfica siguiente indica que los resultados obtenidos siguen una distribución casi lineal.



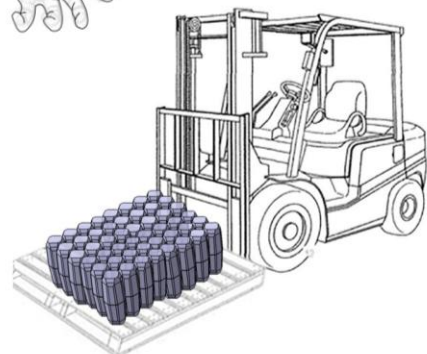
-Ensayo de levantamiento

En este caso vamos a estudiar cómo responde el embalaje al ser cogido por una persona, como indica el esquema inferior. La forma más común de levantar el empaque será cogerlo por los dos extremos, por lo tanto será necesario calcular si la flexión a la que va a ser sometido el embalaje es tolerable.



Por ello, y según lo expuesto arriba, suponiendo que cada conjunto pese en torno a 4,9 kg, una persona capacitada podrá levantar 5 conjuntos.

Para el caso de varios de estos embalajes apilados, deberán ser manipulados mediante sistemas de



3. APLICACIÓN PRÁCTICA

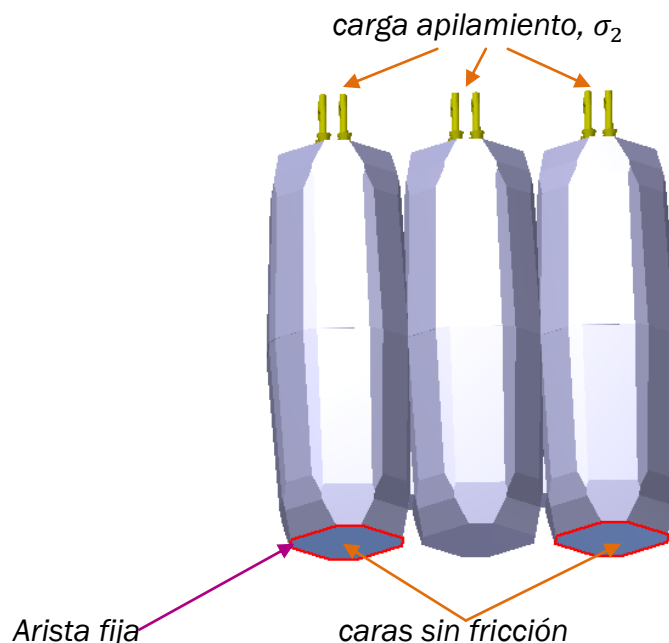
elevación como una carretilla. De este modo, los embalajes deberán reposar sobre un palé que soportará todo el peso de los botelleros.

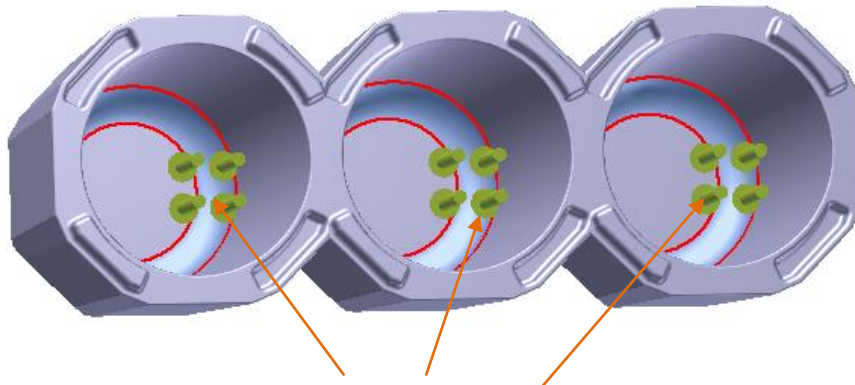
Las cargas aplicadas vendrán dadas en el primer caso por el peso de las botellas contenidas en el embalaje que se estudia, y en los casos sucesivos, se aplicará a mayores otra carga, proveniente de varios embalajes apilado en la parte superior del packaging estudiado.

Condiciones de contorno

Se establecen dos fijaciones que no permitan el movimiento en el eje vertical pero sí en el plano horizontal y el giro en las dos caras inferiores laterales. Como las restricciones establecidas no son suficientes para poder llevar a cabo el modelo, se empotra una arista lateral perteneciente a la base del embalaje.

Respecto a las cargas, se establecen dos tipos: por un lado las cargas provenientes de embalajes apilados en la parte superior, y por otro, la carga producida por las botellas contenidas en el embalaje estudiado. En el primer ejemplo, únicamente existirá la carga de las propias botellas del embalaje, puesto que consideraremos que no existe apilamiento de empaques. A partir del segundo ensayo, aparecerán las cargas mencionadas, que corresponderán los pesos de los embalajes superiores.





Cargas botellas embalaje estudiado, σ_1

-Ejemplo a): La carga se establece sobre las 3 caras internas de la base del embalaje; este caso se refiere al ensayo en que únicamente existe el embalaje a estudiar lleno. La carga a soportar por cada cavidad interior será:

$$\sigma_1 = \frac{F}{A} = \frac{4,9 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{3 \cdot 0,005781 \text{ m}^2} = 2,8 \text{ kPa}$$

-Ejemplo b): Supondremos dos unidades apiladas. El embalaje inferior estará sujeto por dos de sus extremos. El embalaje estará sometido a una carga por el peso de sus botellas, y otra carga proveniente de unidades superiores apiladas sobre el mismo.

- Carga base, $\sigma_1 = 2,8 \text{ kPa}$
- Carga tapa:

$$\sigma_2 = \frac{4,9 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{3 \cdot 0,006688 \text{ m}^2} = 2,4 \text{ kPa}$$

-Ejemplo c): Se apila otra unidad.

- Carga base, $\sigma_1 = 2,8 \text{ kPa}$
- Carga tapa:

$$\sigma_2 = \frac{2 \cdot 4,9 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{3 \cdot 0,006688 \text{ m}^2} = 4,8 \text{ kPa}$$

-Ejemplo d): Se apilan cuatro unidades en total.

- Carga base, $\sigma_1 = 2,8 \text{ kPa}$
- Carga tapa:

$$\sigma_2 = \frac{3 \cdot 4,9 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{3 \cdot 0,006688 \text{ m}^2} = 7,2 \text{ kPa}$$

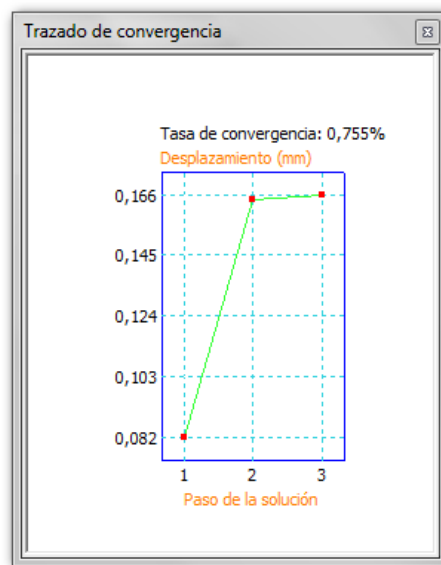
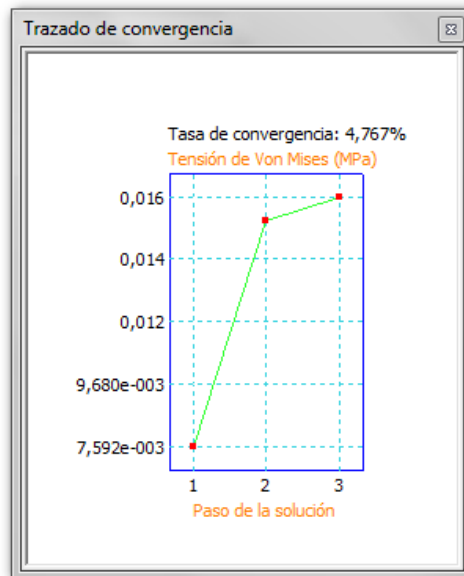
3. APLICACIÓN PRÁCTICA

Resultados

Los resultados obtenidos tras el ensayo fueron los siguientes:

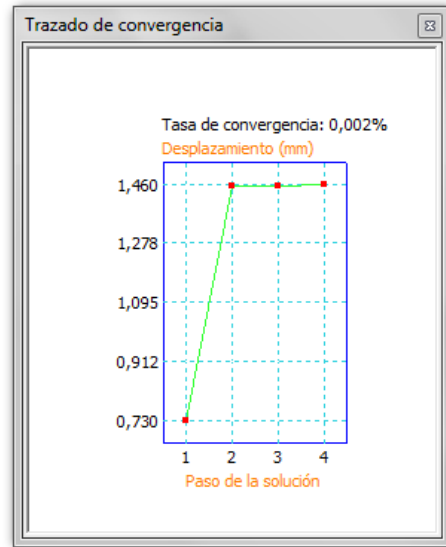
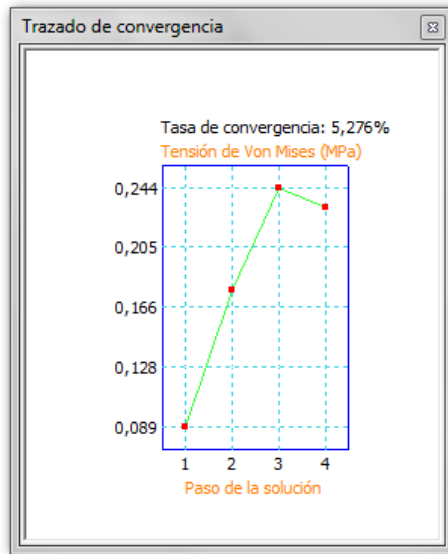
	Carga tapa	Tipo de elemento utilizado	Malla utilizada (nº nodos)	$\delta_{\text{máx}}$ (mm)	$\sigma_{\text{VM máx}}$ (Mpa)	¿Plastifica?
Ejemplo a)	0 kPa	Tetraedro lineal	416808 nodos	0,165 mm	0,01594 Mpa	No
Ejemplo b)	2,4 kPa	Tetraedro lineal	123280 nodos	0,808 mm	0,1485 Mpa	No
Ejemplo c)	4,8 kPa	Tetraedro parabólico	425383 nodos	1,585 mm	0,282 Mpa	No
Ejemplo d)	7,2 kPa	Tetraedro parabólico	420619 nodos	2,332 mm	0,3294 Mpa	Sí

La convergencia en los desplazamientos ofrece valores muy correctos, mientras que en la tensión de Von Mises presenta valores peores.

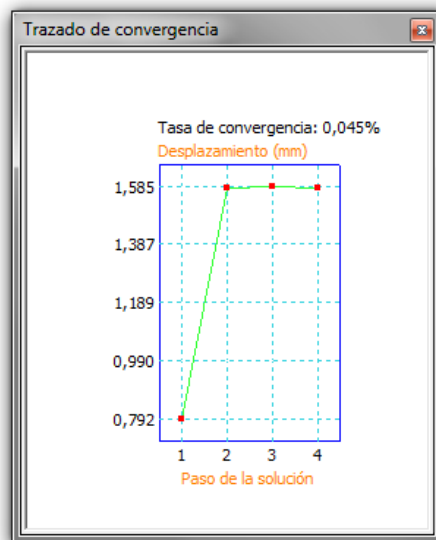
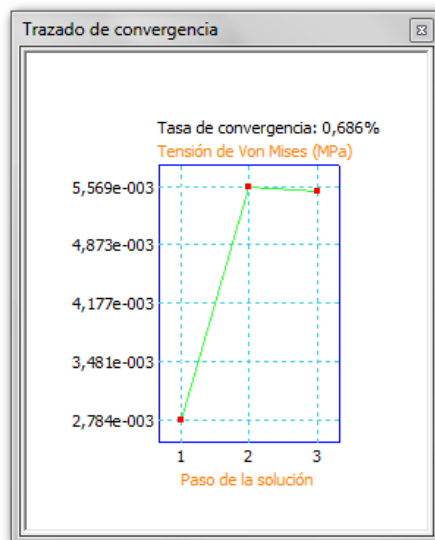


Convergencia obtenida para el ejemplo a)

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

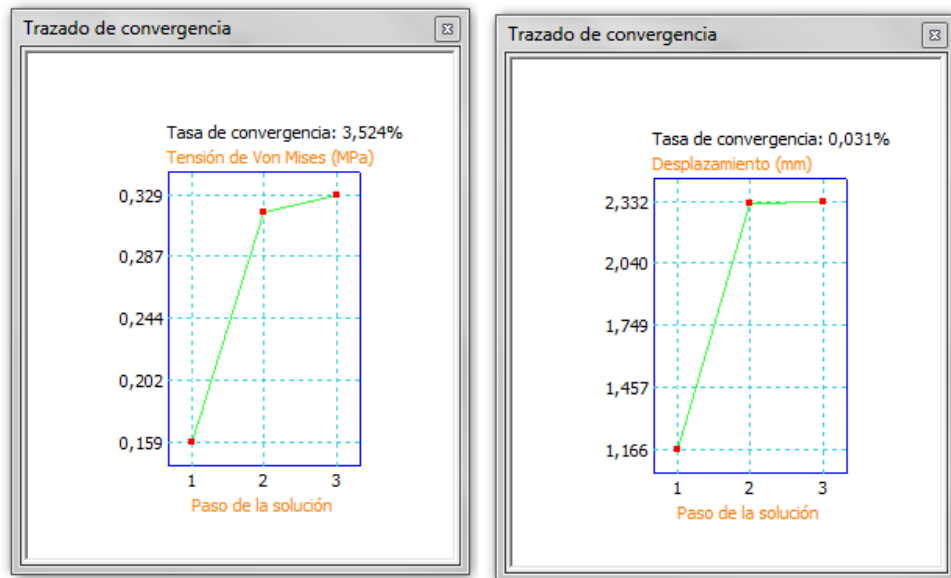


Convergencia obtenida para el ejemplo b)



Convergencia obtenida para el ejemplo c)

3. APLICACIÓN PRÁCTICA



Convergencia obtenida para el ejemplo d)

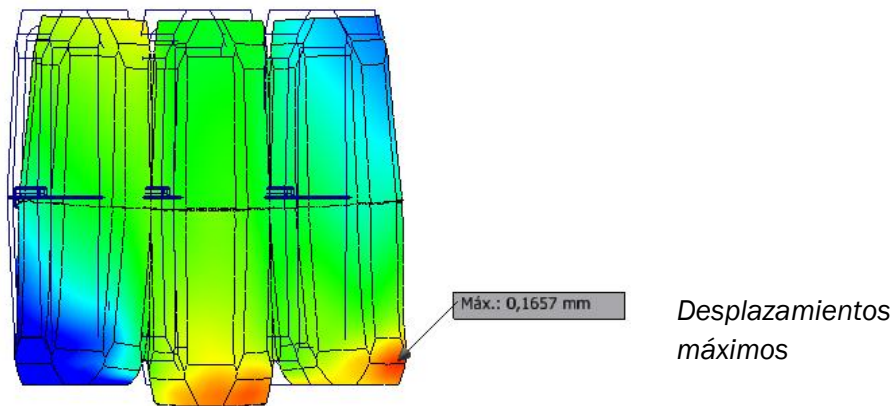
Tensiones y desplazamientos máximos

En el ejemplo a), las tensiones máximas se sitúan sobre los nervios del embalaje inferior. Exactamente la zona en la que las encontramos es una esquina que no posee radio de acuerdo. A pesar de ser una tensión muy baja, se realizará un redondeo en esa arista que permita la distribución de tensiones.

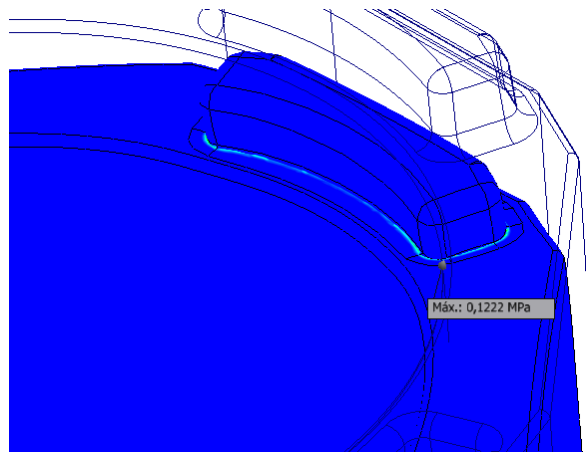


Tensión máxima de Von Mises

En ese caso, los desplazamientos se sitúan sobre la zona inferior del embalaje:



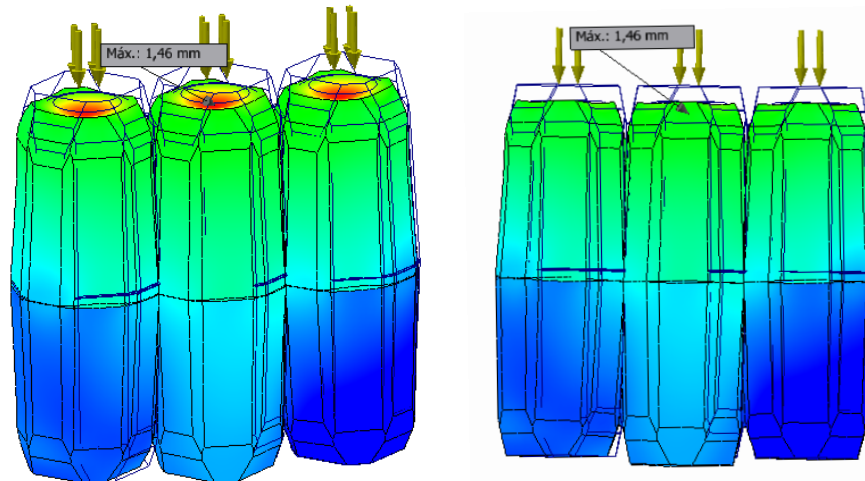
A partir del ejemplo b), las zonas donde se sitúan las tensiones máximas de Von Mises se encuentran en la zona de las pestañas de la parte inferior del embalaje, como se puede observar en la imagen (idéntico lugar que en los ensayo 3.2.1. ensayo de apilamiento). Las pestañas son zonas donde la concentración de tensiones es mayor, por lo que se debe hacer uso del empleo de radios de acuerdo. Si no existe limitación alguna, es mejor ayudarse de redondeos mayores. En la imagen izquierda observamos exactamente las zonas más sometidas.



Tensión máxima de Von Mises

A partir del ensayo b), los desplazamientos máximos se encuentran sobre la cara superior del embalaje, como indica las imágenes inferiores. Además, los desplazamientos obtenidos nos indican que en la cavidad del medio existe un mayor desplazamiento de la parte inferior (color cian), a diferencia de los laterales (azul oscuro); en la realidad, debido a las restricciones que hemos establecido, también habíamos supuesto que ocurriría un tipo de desplazamiento con esta forma.

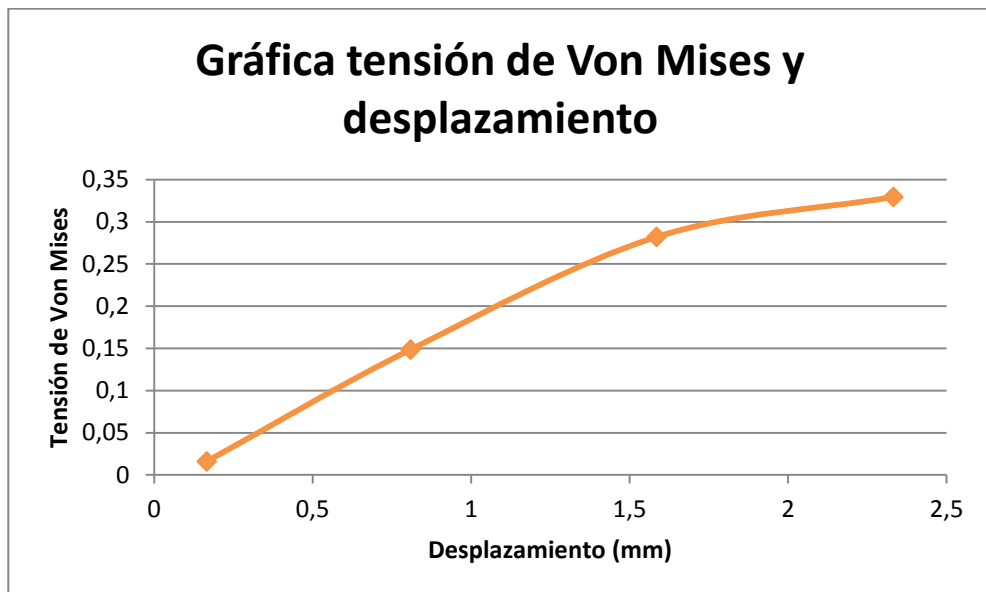
3. APLICACIÓN PRÁCTICA



Simulación de desplazamientos

Conclusiones

Los valores obtenidos no presentan ningún riesgo para la funcionalidad del embalaje. Los valores tan bajos de desplazamientos, junto a las tensiones de Von Mises inferiores al límite elástico del material, auguran un funcionamiento correcto del mismo.



Mediante este ensayo obtenemos que estando sometido el embalaje inferior a cierta flexión, la cantidad de embalajes apilados que este puede soportar es de 3; esta solución es inferior al ensayo de apilamiento en el que los embalajes reposan sobre una superficie plana. Esto se debe a que al estar sometido el embalaje inferior a flexión, el ensayo es mucho más crítico.

El embalaje más inferior es el único cuya tensión mayor de Von Mises se debe a una flexión de los nervios del material. Por ello, a partir de ir apilando más unidades, el ensayo se convertirá en el de apilamiento. Comparando los resultados de ambas tablas, observamos esta condición.

Se ha de tener en cuenta que, debido a las dimensiones del embalaje, suponer un apilamiento de 3 unidades, siendo levantado por una persona, podría producir una gran inestabilidad en el conjunto; esto produciría una caída, por lo que no se recomienda levantar más de conjuntos por un operario.

3.3. Botellero con capacidad para seis botellas

-Ensayo de apilamiento

A partir de este ensayo comienzan a realizarse los ensayos al botellero de capacidad 6 botellas. Supondremos varios botelleros llenos apilados verticalmente, de tal manera que el inferior tenga que soportar todo el peso. Las cargas irán aumentando a medida que se realizan los ensayos desde un botellero hasta sucesivas unidades.

Iremos cargando al embalaje a estudiar de botelleros llenos. Para ello, deberemos calcular el peso del embalaje. A partir de la fórmula $\rho = \frac{m}{V}$, obtenemos:

$$m = \rho \cdot V = 20 \frac{kg}{m^3} \cdot 5158,58244 cm^3 \cdot \frac{1m^3}{1000000cm^3} = 103,2 g$$

Como un embalaje está compuesto por dos partes, la masa total del mismo será de:

$$m_e = 2 \cdot 103,2g = 206,4 g$$

El empaque se completará con 6 botellas, cuyos pesos aproximados suponemos que serán de 1,6 kg.

$$m_b = 6 \cdot 1,6 kg = 9,6 kg$$

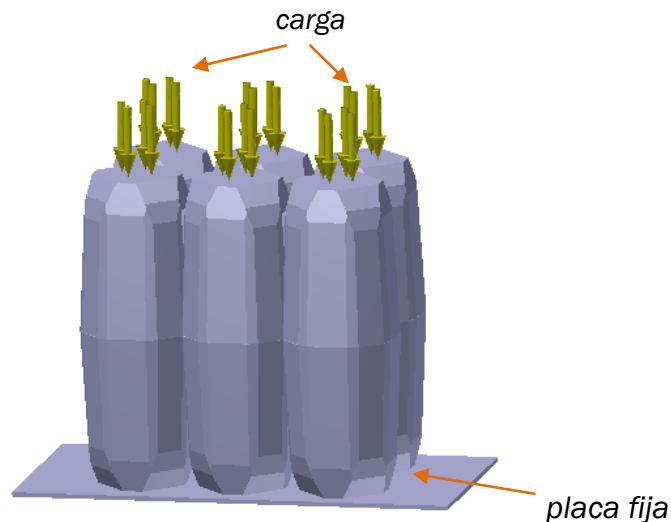
La masa total del embalaje lleno será:

$$m_t = m_e + m_b = 0,2064 kg + 9,6 kg = 9,8 kg$$

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

Condiciones de contorno

Como condiciones de contorno estableceremos una plancha como suelo totalmente fija. El botellero estará apoyado sobre esta, de manera que se impida el movimiento en el eje vertical. Los giros y movimientos en el plano horizontal están permitidos.



Ejemplo a): Apilamiento de dos conjuntos.

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{9,8 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{0,006688 \text{ m}^2} = 14,4 \text{ kPa}$$

Ejemplo b): Apilamiento de tres conjuntos

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{2 \cdot 9,8 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{0,006688 \text{ m}^2} = 28,7 \text{ kPa}$$

Ejemplo c): Apilamiento de cuatro conjuntos

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{3 \cdot 9,8 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{0,006688 \text{ m}^2} = 43,1 \text{ kPa}$$

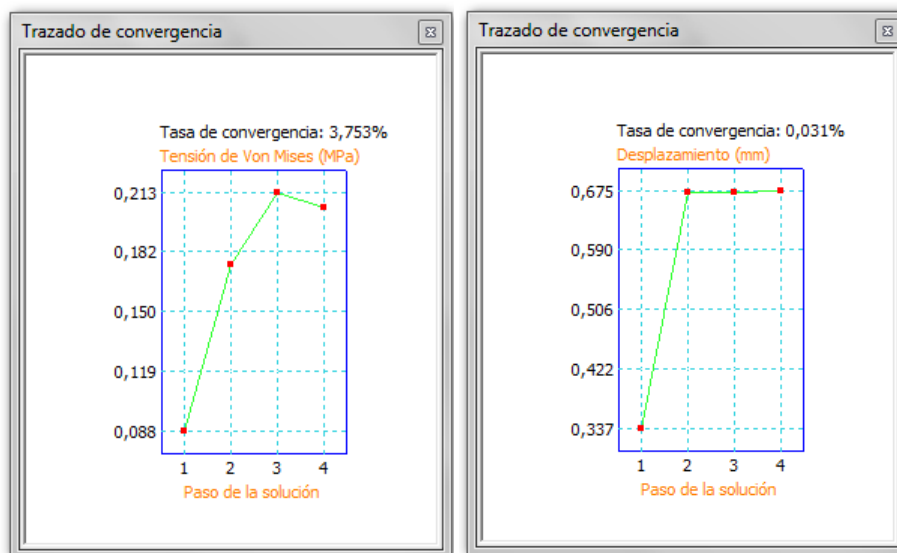
Ejemplo d): Apilamiento de cinco conjuntos

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{4 \cdot 9,8 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{0,006688 \text{ m}^2} = 57,4 \text{ kPa}$$

Resultados

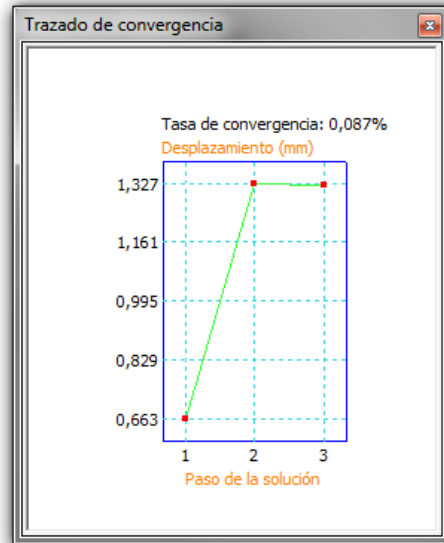
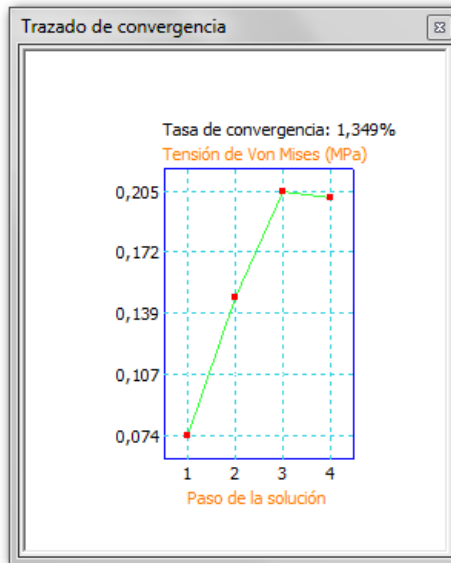
	Carga	Tipo de elemento utilizado	Malla utilizada (nº nodos)	$\delta_{\text{máx}}$ (mm)	$\sigma_{\text{VM máx}}$ (Mpa)	¿Plastifica?
Ejemplo a)	14,4 kPa	Tetraedro parabólico	843480 nodos	0,6746 mm	0,09931 Mpa	No
Ejemplo b)	28,7 kPa	Tetraedro parabólico	253541 nodos	1,326 mm	0,2171 Mpa	No
Ejemplo c)	43,1 kPa	Tetraedro parabólico	253140 nodos	2,002 mm	0,2925 Mpa	No
Ejemplo d)	57,4 kPa	Tetraedro parabólico	243598 nodos	3,982 mm	0,4738 Mpa	Sí

Las tasas de convergencias obtenidas para todos los ensayos revelan valores muy correctos. En el ejemplo d), debido a que la tensión máxima de Von Mises supera al límite elástico del material se produciría una plastificación (caso de apilamiento de 5 unidades). Se debe puntualizar que hemos considerado las botellas de 1,6 kg y este peso supera la mayoría de las botellas más comercializadas. Ocurre de la misma manera en el botellero de capacidad 3 unidades.

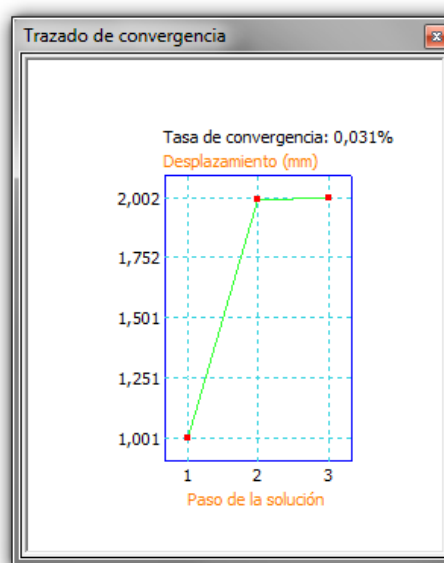
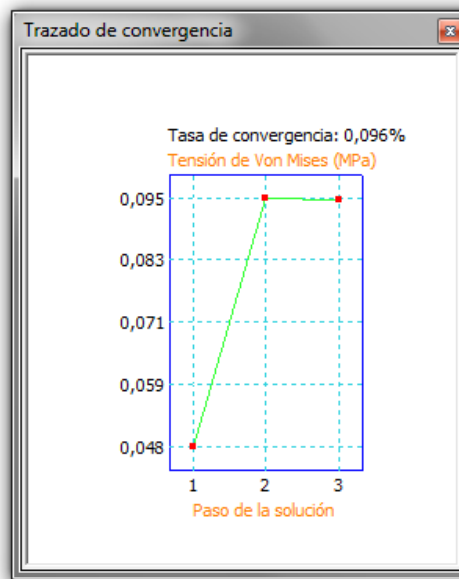


Tasas de convergencia para el ejemplo a)

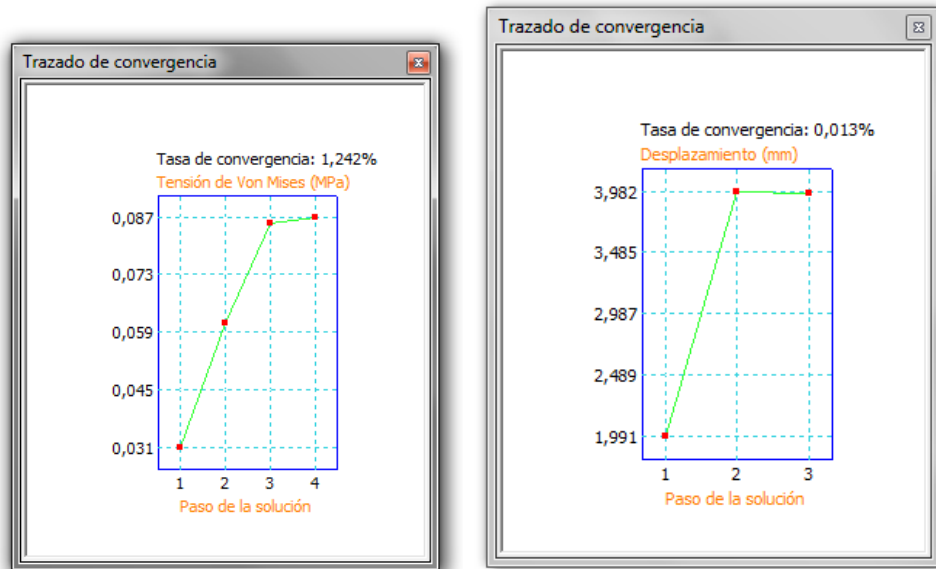
3. APLICACIÓN PRÁCTICA



Tasas de convergencia para el ejemplo b)



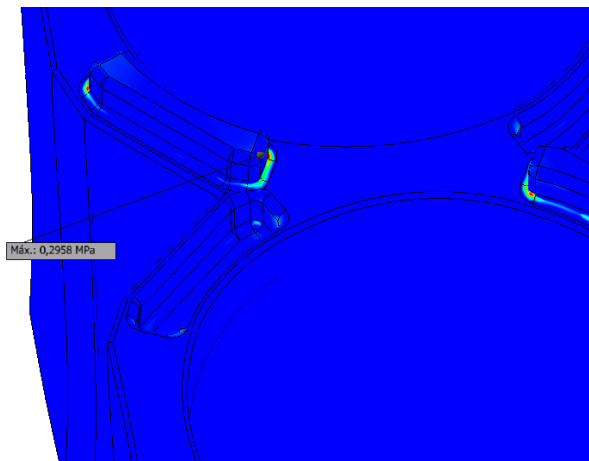
Tasas de convergencia para el ejemplo c)



Tasas de convergencia para el ejemplo d)

Tensiones y desplazamientos máximos

Las tensiones máximas se localizan en la zona de las pestañas, es decir, en la parte que está en contacto con la superficie. Ocurre del mismo modo que en el embalaje de capacidad 3. Las pestañas, debido a su geometría, acumulan más tensión que el resto del embalaje. El diseño se ha creado teniendo en cuenta estos parámetros y añadiendo radios de acuerdo contribuyendo a que estas tensiones acumuladas en estos puntos se distribuyan de la manera más convenientemente posible para el embalaje.

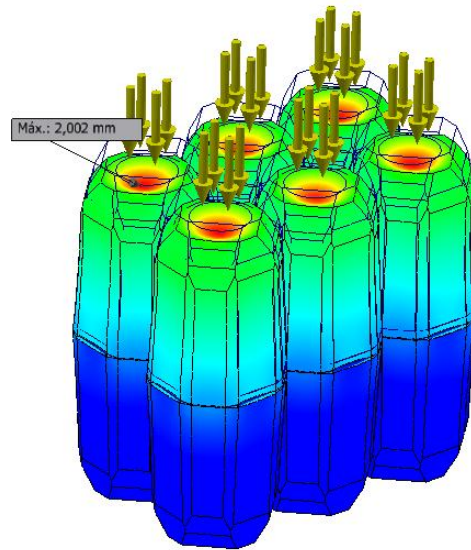


Tensión de Von Mises máxima

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

Los desplazamientos máximos los situamos sobre la zona de aplicación de la presión. Estos sufren una degradación desde la partes superior del embalaje hasta la inferior, en la que no se observa desplazamientos.

Desplazamiento máximo

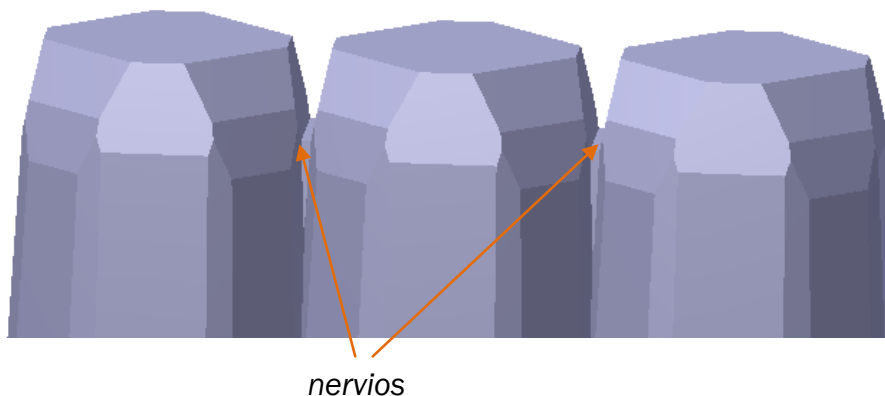


Conclusiones

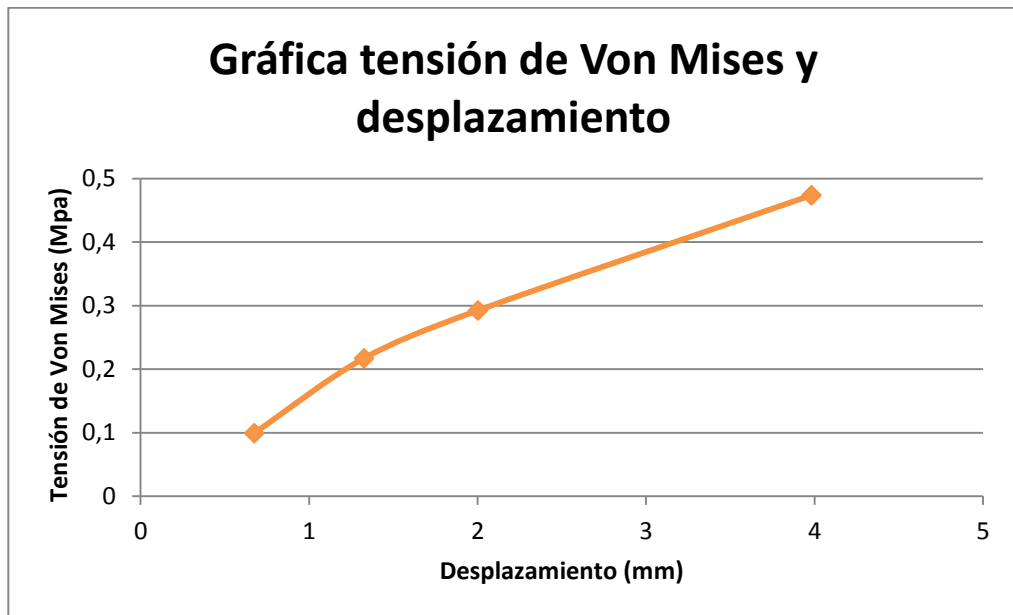
Del mismo modo que el botellero de capacidad 3 soporta el apilamiento de 3 unidades, el embalaje de capacidad 6 suporta otras 3 unidades. Al realizar los ensayos para el cuarto botellero apilado, ocurre la plastificación del material, a partir del criterio de Von Mises.

No se debe olvidar que los ensayos están realizados con botellas de pesos elevados, serán casos más críticos en la mayoría de los procesos. (Las botellas más comercializadas son las bordalesas, y éstas tienen pesos aproximados de 1,2 kg.)

Comparándolo con el ensayo de apilamiento realizado en el botellero de capacidad 1, resulta curioso que este soporte una altura menos. Esto ocurre porque cuando la capacidad es mayor, existen unos nervios que unen las diferentes cavidades de las botellas, aportando resistencia.



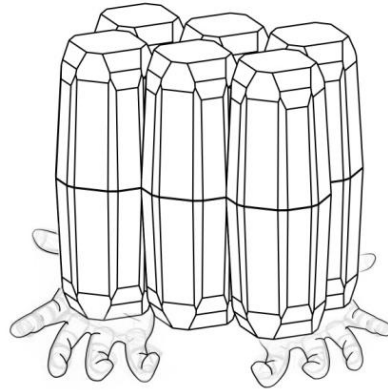
Observando la gráfica inferior, vemos que el comportamiento de la tensión y el desplazamiento frente a las diferentes sollicitaciones es casi lineal.



3. APLICACIÓN PRÁCTICA

-Ensayo de levantamiento

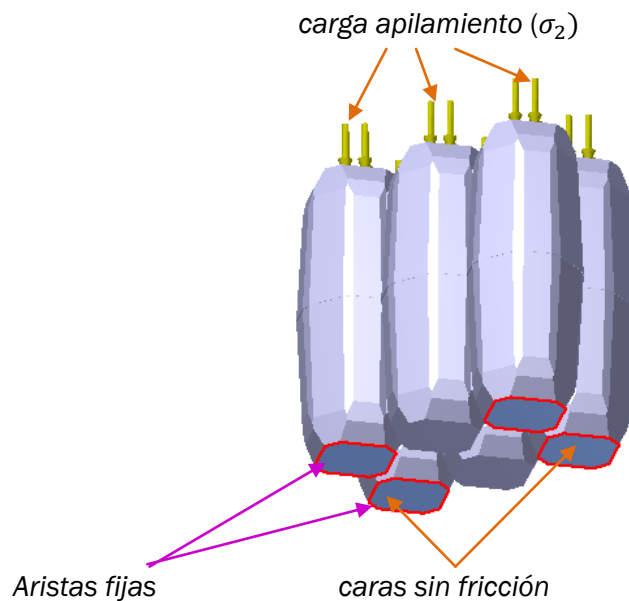
Vamos a someter a una posible flexión de la realidad al embalaje de capacidad 6 botellas. La forma más común de levantar el empaque será sostenerlo por los dos laterales.

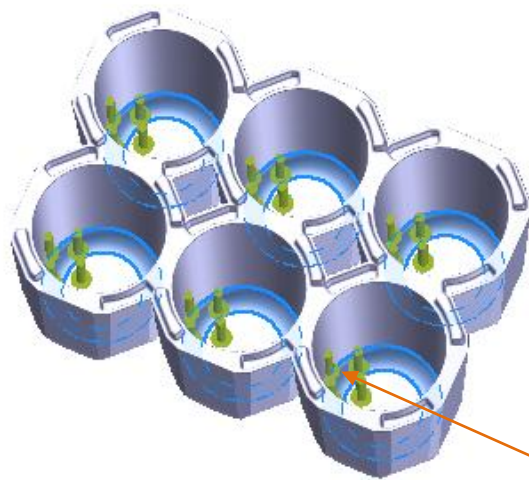


Un embalaje de este tipo lleno supone un peso de 9,8 kg, y siendo el límite 25 kg, un individuo podrá levantar dos botelleros llenos.

Condiciones de contorno

Se establecen cuatro fijaciones que no permitan el movimiento en el eje vertical pero sí en el plano horizontal y el giro en las dos caras inferiores laterales (caras sin fricción). Como las restricciones establecidas no son suficientes para poder llevar a cabo el modelo, se empotran dos aristas laterales pertenecientes a la base del embalaje (aristas fijas).





Cargas botellas (σ_1)

Las cargas se distribuirán del mismo modo que en el ensayo de embalaje para 3 botellas. Por un lado existirá la carga perteneciente al apilamiento de conjuntos (σ_2). Estas aparecerán a partir del segundo ejemplo, ya que en el primero únicamente se estudia la capacidad del embalaje de soportar el peso de sus botellas contenidas.

Por otro lado, aplicaremos la carga sobre el interior de la base del embalaje proveniente de las botellas contenidas por el embalaje a estudiar, σ_1 .

$$\sigma_1 = \frac{F}{A} = \frac{4,9 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{3 \cdot 0,005781 \text{ m}^2} = 2,8 \text{ kPa}$$

-Ejemplo a): Estudiamos como responde el botellero ante el peso de las botellas contenidas. La carga soportada por la base será $\sigma_1 = 2,8 \text{ kPa}$.

-Ejemplo b): En este caso se supondrán dos botelleros apilados. El peso en este caso será de 19,6 kg, valor próximo al límite recomendado para ser levantado por un varón (25 kg). Por este motivo, no se supondrá otro conjunto apilado, ya que para ser levantado por una persona supone un riesgo. En el caso de ser levantado con una carretilla elevadora, la carga estará situada sobre un palé, y las condiciones serán similares al ensayo de apilamiento realizado en el apartado anterior.

- La carga soportada por la base σ_1 , será de 2,8 kPa.
- La carga a soportar por la parte superior del embalaje será:

$$\sigma_1 = \frac{F}{A} = \frac{9,8 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{6 \cdot 0,006688 \text{ m}^2} = 2,4 \text{ kPa}$$

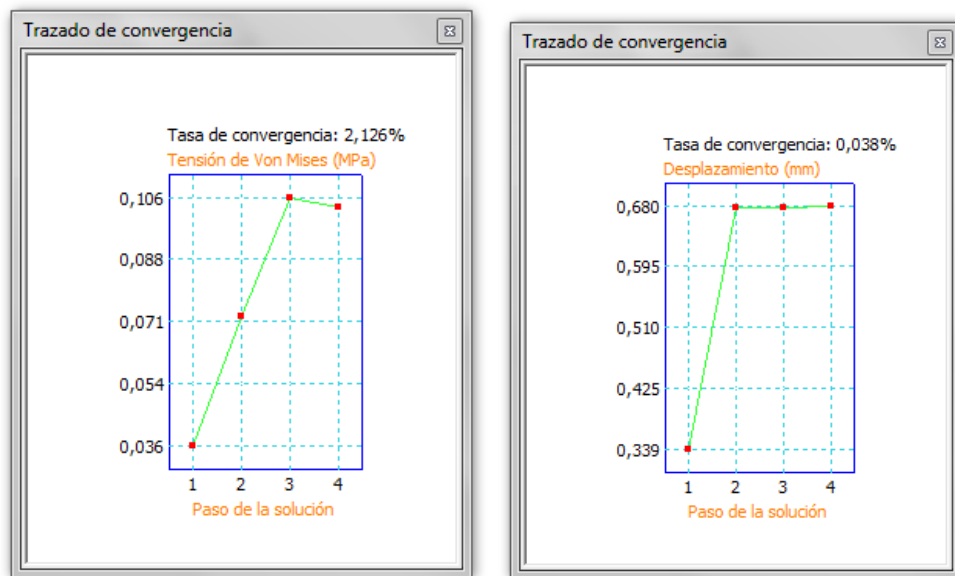
3. APLICACIÓN PRÁCTICA

Resultados

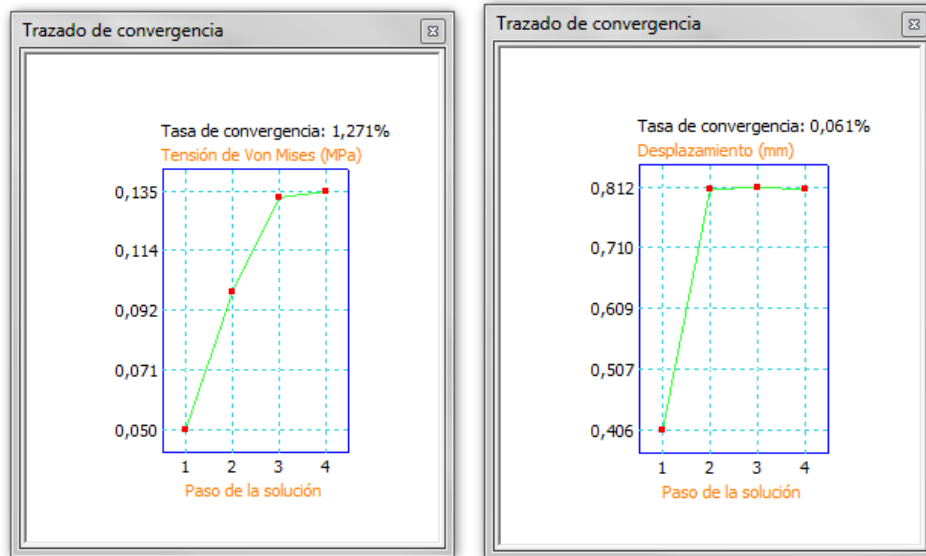
Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

	Carga tapa	Tipo de elemento utilizado	Malla utilizada (nº nodos)	$\delta_{\text{máx}}$ (mm)	$\sigma_{\text{VM máx}}$ (Mpa)	¿Plástica?
Ejemplo a)	0 kPa	Tetraedro lineal	257590 nodos	0,1694 mm	0,0115 Mpa	No
Ejemplo b)	2,4 kPa	Tetraedro lineal	249700 nodos	0,8111 mm	0,1351 Mpa	No

Las convergencias obtenidas, teniendo en cuenta la dificultad y el peso del archivo CAD, presentan tasas muy correctas.



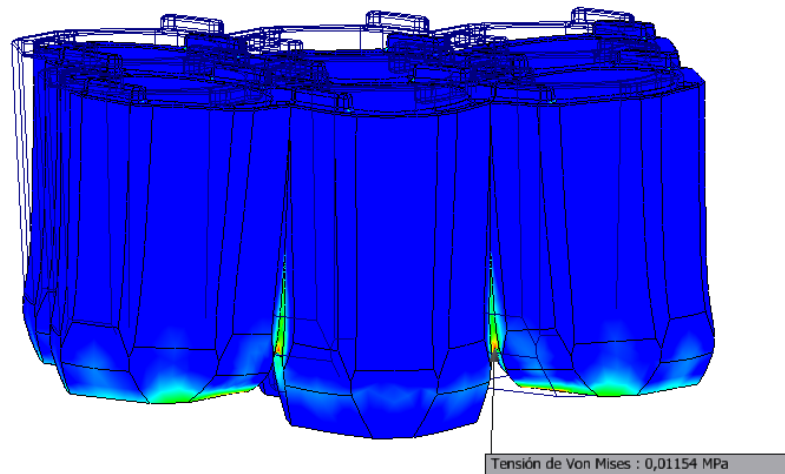
Tasa de convergencia para el ejemplo a)



Tasa de convergencia para el ejemplo b)

Tensiones y desplazamientos máximos

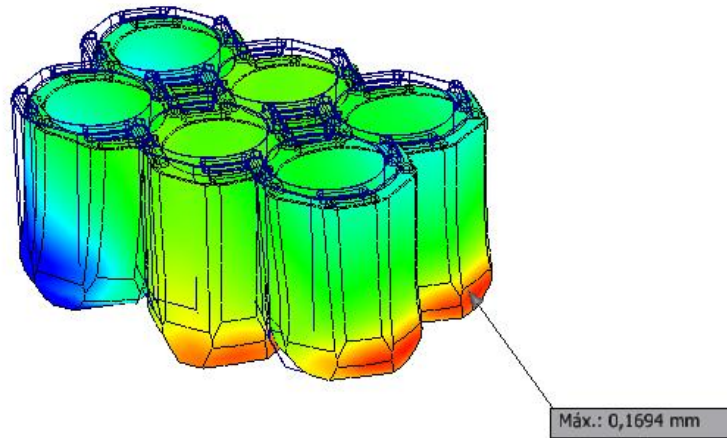
En el ejemplo a), del mismo modo que ocurre en el ensayo similar en el embalaje de capacidad 3, las tensiones máximas de Von Mises se localizan en la zona del nervio. Es un dato lógico, antes de realizar el ensayo, suponíamos que las tensiones máximas aparecerían en estos puntos, que son críticos en nuestro modelo porque están sometidos a flexión.



Máxima tensión de Von Mises en ejemplo a)

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

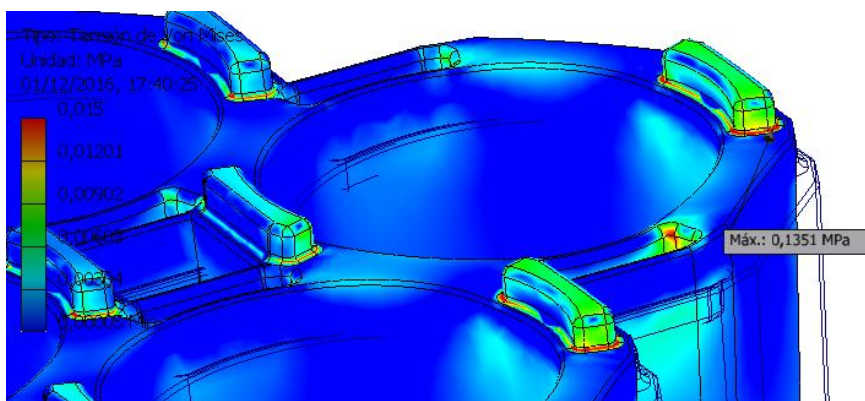
Los desplazamientos en este ensayo se localizan en la parte baja del embalaje, como se observa en la imagen inferior.



Máximo desplazamiento en ejemplo a)

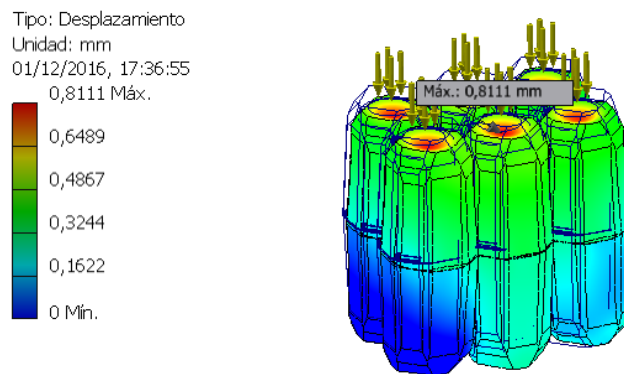
A partir del ejemplo b), las tensiones máximas de Von Mises se sitúan sobre la zona de las pestañas. Como ya se indicó, estos salientes son zonas donde la concentración de tensiones es mayor, por lo que se debe hacer uso del empleo de radios de acuerdo.

Las zonas donde se sitúan las tensiones máximas de Von Mises se encuentran en la zona de las pestañas de la parte inferior del embalaje, como se puede observar en la imagen. En la imagen izquierda observamos exactamente las zonas más sometidas. Las tensiones que aparecen a partir del pandeo del embalaje no suponen riesgo para el mismo.



Máxima tensión de Von Mises en ejemplo b)

Los desplazamientos máximos se encuentran sobre la cara superior del embalaje. También podemos observar, que los cuerpos centrales sufren un mayor desplazamiento en su zona inferior (color cian), a diferencia de los laterales, que presentan un color azul más negruzco. Esto se debe a las restricciones establecidas. Comparando estos resultados con lo que suponemos que podría ocurrir en la realidad, obtenemos la misma representación.



Máximo desplazamiento en ejemplo b)

Conclusiones

El embalaje funciona correctamente frente a las solicitaciones a las que ha sido sometido en este ensayo. Como se indicó anteriormente, hemos supuesto dos botelleros apilados; el inferior es sujetado por dos de sus extremos. El por qué no se ha seguido el estudio con 3 botelleros es porque existe un riesgo para el operario, al proceder al levantamiento de un peso tan elevado.

3.4. Botellero con capacidad para doce botellas

-Ensayo de apilamiento

Por último se realizarán ensayos para el botellero de capacidad 12. Al ser que de mayor capacidad, existe un mayor riesgo de pérdidas.

Iremos cargando al embalaje estudiado a sucesivos embalajes llenos como si estuvieran apilados, de manera que el inferior tenga que soportar todo el peso

Para ello, deberemos calcular el peso del embalaje. A partir de la fórmula

$$\rho = \frac{m}{V}, \text{ obtenemos:}$$

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

$$m = \rho \cdot V = 20 \frac{kg}{m^3} \cdot 10233,315968 cm^3 \cdot \frac{1m^3}{1000000cm^3} = 204,6 g$$

Como un embalaje está compuesto por dos partes, la masa total del mismo será de:

$$m_e = 2 \cdot 204,6 g = 409,3 g$$

El empaque se completará con 12 botellas, cuyos pesos aproximados suponemos que serán de 1,6 kg.

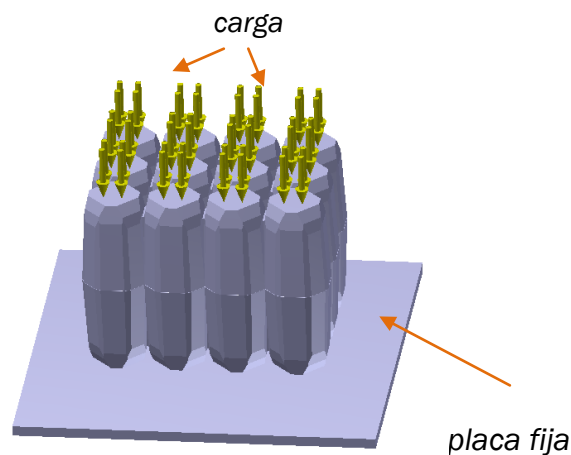
$$m_b = 12 \cdot 1,6 kg = 19,2 kg$$

La masa total del embalaje lleno será:

$$m_t = m_e + m_b = 0,4093 kg + 19,2 kg = 19,6 kg$$

Condiciones de contorno

Como condiciones de contorno estableceremos una plancha como suelo totalmente fija, como si se tratara del suelo. El botellero reposará sobre esta, de manera que se impida el movimiento en el eje vertical. Los giros y movimientos en el plano horizontal están permitidos.



-Ejemplo a): Apilamiento de dos conjuntos.

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{19,6 kg \cdot 9,8 m/s^2}{0,006688m^2} = 28,7 kPa$$

-Ejemplo b): Apilamiento de tres conjuntos

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{2 \cdot 19,6 kg \cdot 9,8 m/s^2}{0,006688m^2} = 57,4 kPa$$

-Ejemplo c): Apilamiento de cuatro conjuntos

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{3 \cdot 19,6 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{0,006688 \text{ m}^2} = 86,1 \text{ kPa}$$

-Ejemplo d): Apilamiento de cinco conjuntos

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{4 \cdot 19,6 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{0,006688 \text{ m}^2} = 114,8 \text{ kPa}$$

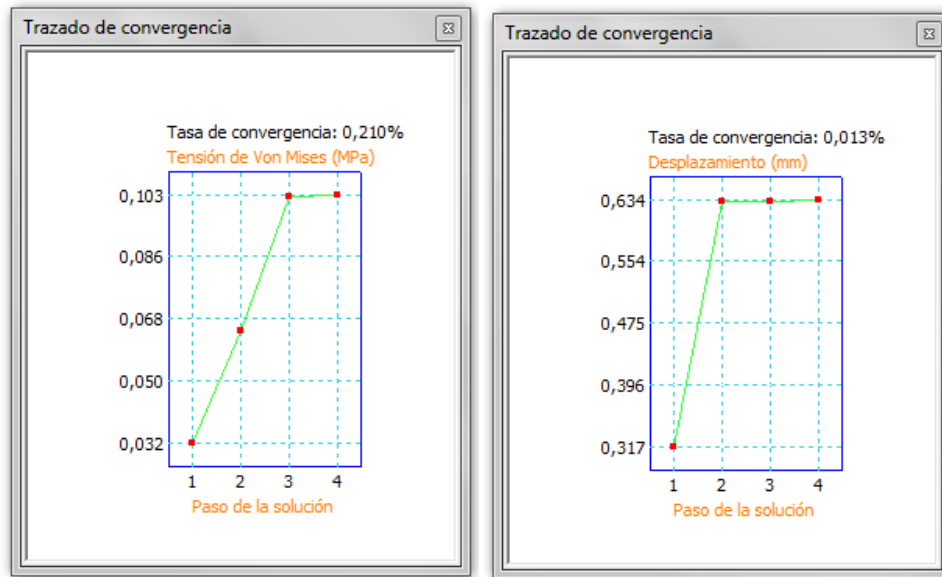
Resultados

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

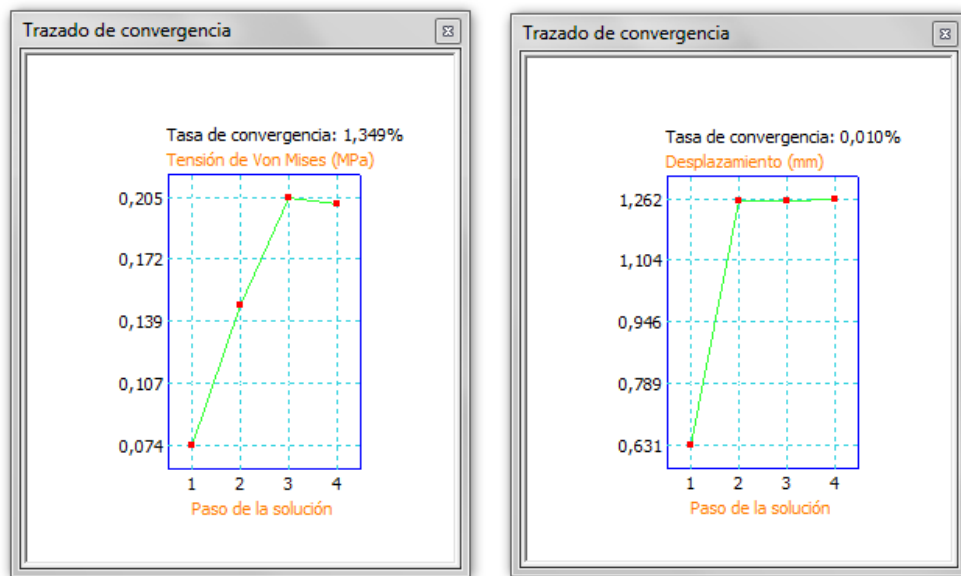
	Carga	Tipo de elemento utilizado	Malla utilizada (nº nodos)	$\delta_{\text{máx}}$ (mm)	$\sigma_{\text{VM máx}}$ (Mpa)	¿Plastifica?
Ejemplo a)	28,7 kPa	Tetraedro lineal	483553 nodos	0,6336 mm	0,1032 Mpa	No
Ejemplo b)	57,4 kPa	Tetraedro lineal	488022 nodos	1,262 mm	0,212 Mpa	No
Ejemplo c)	86,1 kPa	Tetraedro parabólico	550412 nodos	1,92 mm	0,2931 Mpa	No
Ejemplo d)	114,8 kPa	Tetraedro parabólico	557221 nodos	3,241mm	0,5051 Mpa	Sí

Las tasas de convergencias obtenidas para todos los ensayos revelan valores muy correctos. En el ejemplo d), debido a que la tensión máxima de Von Mises supera al límite elástico del material se produciría una plastificación (caso de apilamiento de 5 unidades). Se debe puntualizar que hemos considerado las botellas de 1,6 kg y este peso supera la mayoría de las botellas más comercializadas. Ocurre de la misma manera en el botellero de capacidad 3 unidades.

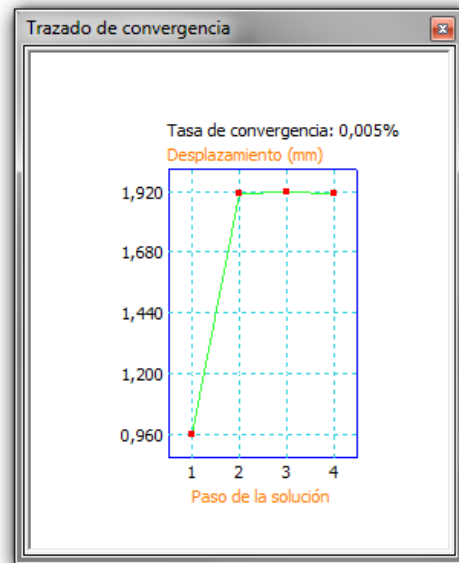
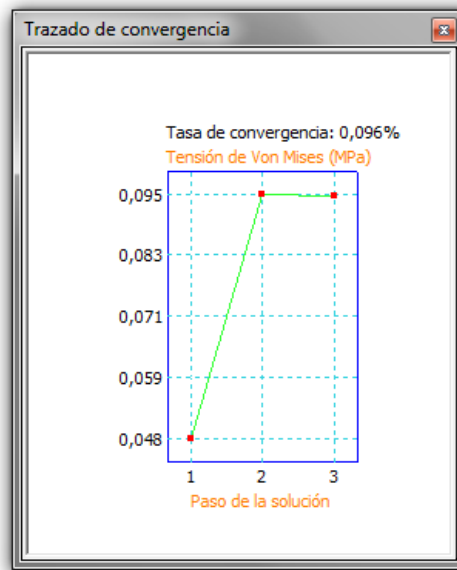
3. APLICACIÓN PRÁCTICA



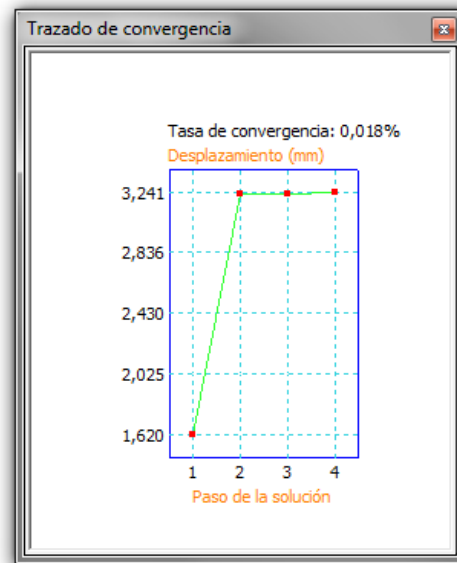
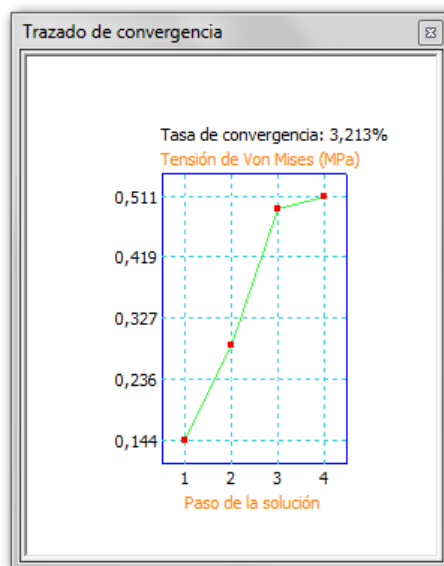
Tasas de convergencia para el ejemplo a)



Tasas de convergencia para el ejemplo b)



Tasas de convergencia para el ejemplo c)

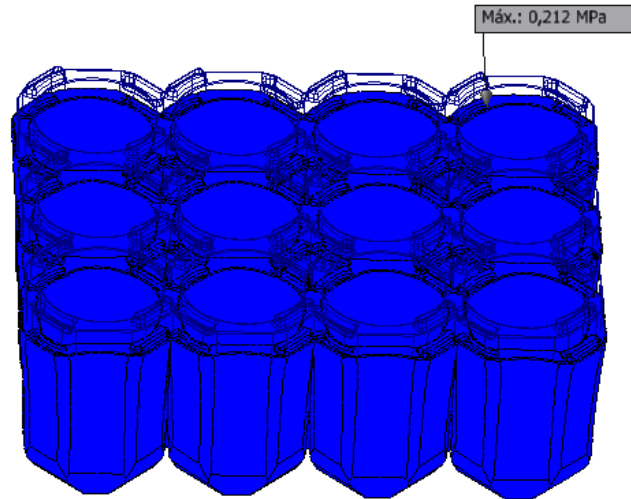


Tasas de convergencia para el ejemplo d)

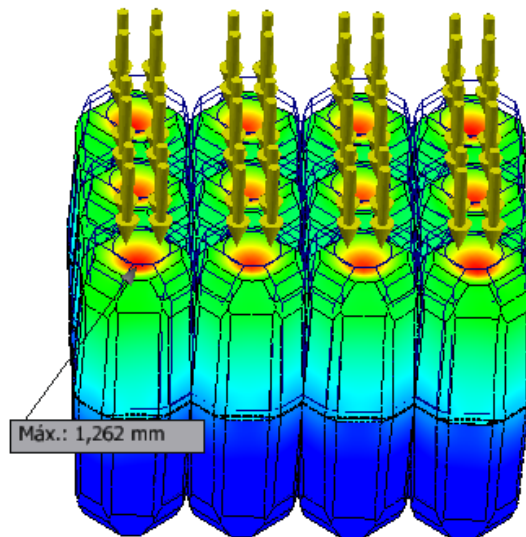
3. APLICACIÓN PRÁCTICA

Tensiones y desplazamientos máximos

Las tensiones máximas se localizan en la zona de las pestañas, al igual que en los ensayos de apilamiento para embalajes de capacidades 3 y 6.

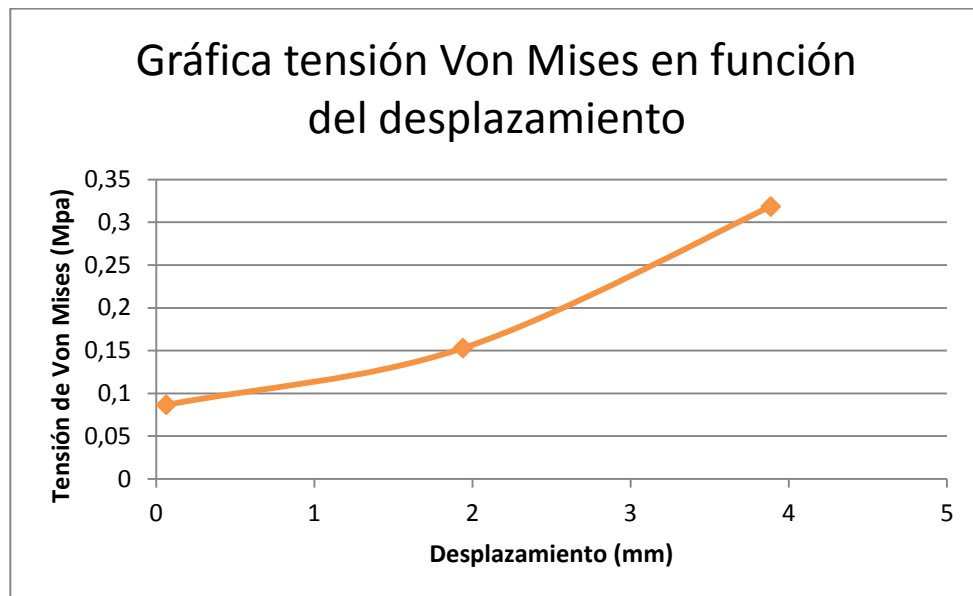
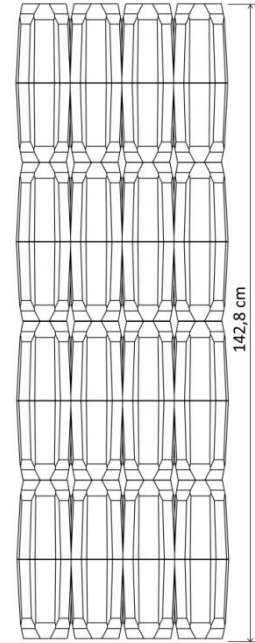


Los desplazamientos máximos los situamos sobre la zona de aplicación de la presión. Estos sufren una degradación desde la partes superior del embalaje hasta la inferior, en la que no se observa desplazamientos. Ocurre del mismo modo que en los embalajes de capacidades 3 y 6.



Conclusiones

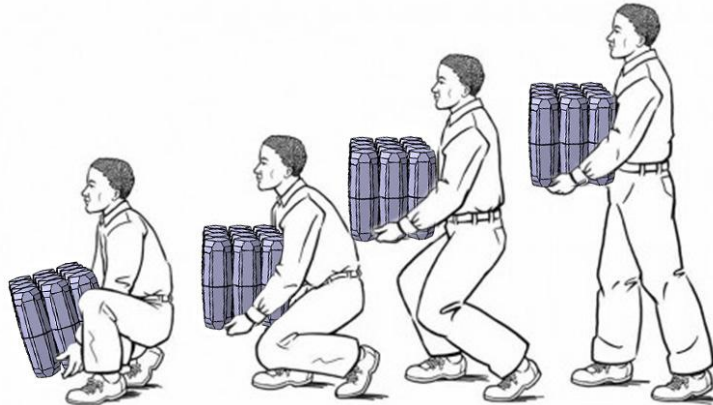
Al igual que los embalajes de capacidades 3 y 6 soportan un apilamiento de 4 unidades, el empaque de 12 unidades soporta la misma cantidad. Al ser modelos modulares, con geometrías estándar, es lógico que ocurra .



3. APLICACIÓN PRÁCTICA

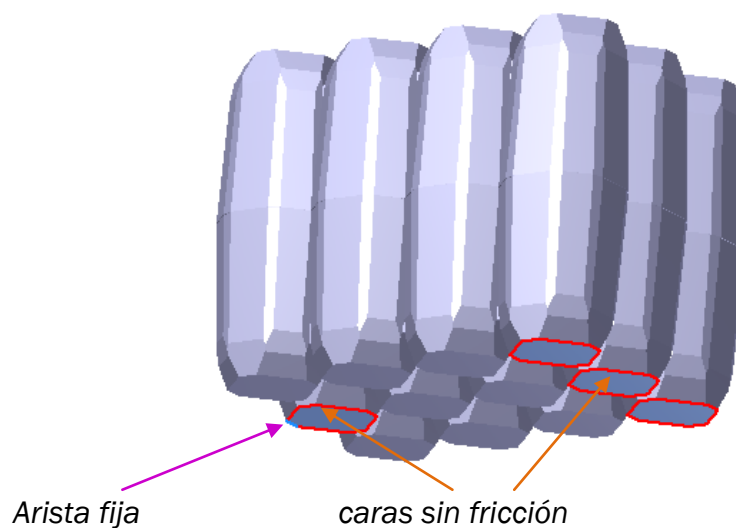
-Ensayo de levantamiento

En este caso vamos a estudiar cómo actúa el botellero cuando es cogido por una persona. La forma más común de levantar el empaque será cogerlo por los dos laterales. A modo de indicación general, el peso máximo que se recomienda no sobrepasar (en condiciones ideales de manipulación) es de 25 kg. Cada embalaje lleno posee un peso de 19,6 kg, por lo que la persona podrá coger de este modo un único empaque.

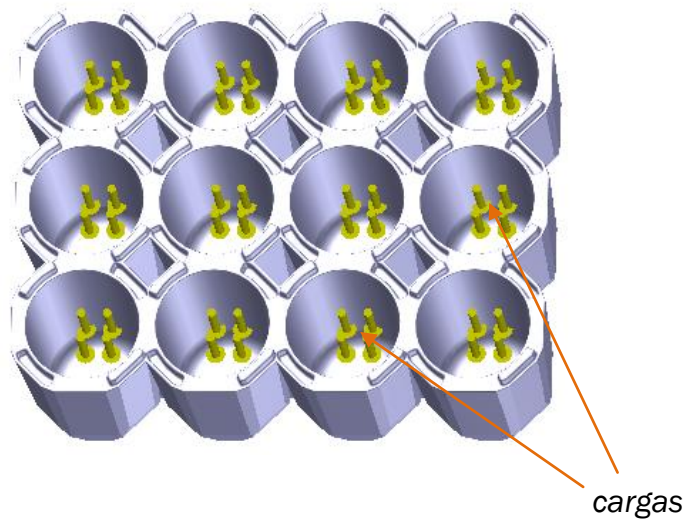


Condiciones de contorno

Para asemejar el ensayo lo mayor posible a la realidad, se establecen cuatro fijaciones que no permitan el movimiento en el eje vertical pero sí en el plano horizontal y el giro en las dos caras inferiores laterales (caras sin fricción). Como las restricciones establecidas no son suficientes para poder llevar a cabo el modelo, se empotra una arista lateral perteneciente a la base del embalaje (arista fija).



La carga es aplicada por el interior del embalaje:



El peso en este caso será de 19,6 kg; es un valor cercano al límite recomendado para ser levantado por un varón. Por este motivo, no se supondrá otro conjunto apilado, ya que para ser levantado por una persona supone un riesgo. En el caso de ser levantado con una carretilla elevadora, la carga estará situada sobre un palé, y las condiciones serán similares al ensayo de apilamiento realizado en el apartado anterior. Por lo tanto, el valor de la carga vendrá dado por el peso de las botellas que contiene:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{19,6 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2}{12 \cdot 0,005781 \text{ m}^2} = 2,8 \text{ kPa}$$

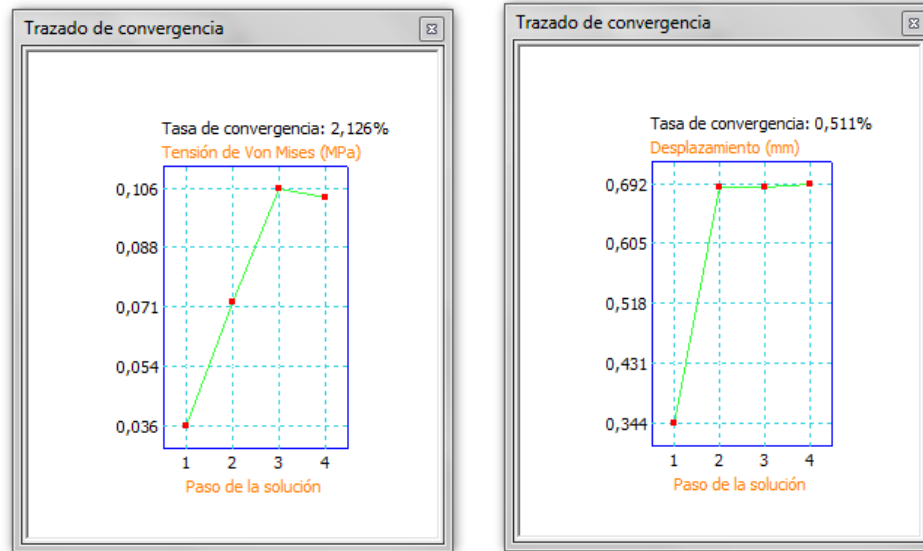
Resultados

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

	Carga	Tipo de elemento utilizado	Malla utilizada (nº nodos)	$\delta_{\text{máx}}$ (mm)	$\sigma_{\text{VM máx}}$ (Mpa)	¿Plástica?
Ejemplo a)	14,4 kPa	Tetraedro lineal	468321 nodos	0,6916 mm	0,0928 Mpa	No

Las convergencias obtenidas, teniendo en cuenta la dificultad y el peso del archivo CAD, presentan tasas muy correctas.

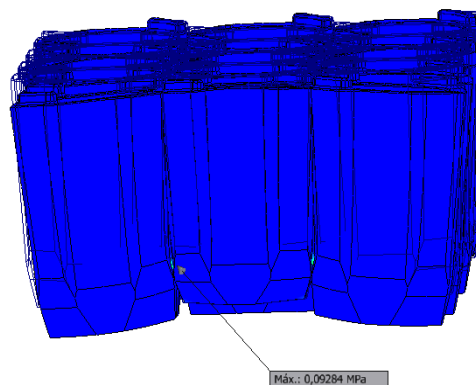
3. APLICACIÓN PRÁCTICA



Tasa de convergencia para el ejemplo a)

Tensiones y desplazamientos máximos

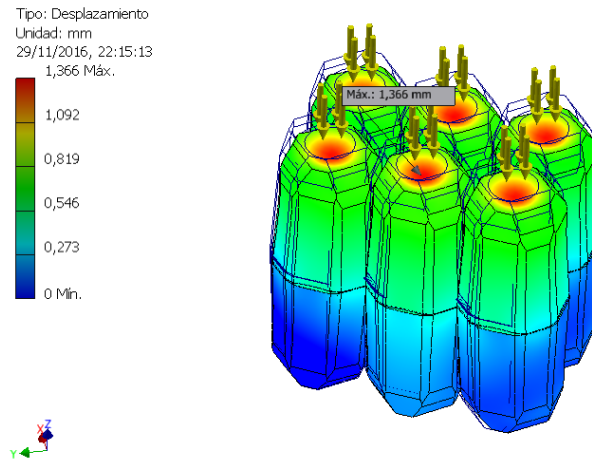
Las tensiones máximas de Von Mises se sitúan sobre la zona del nervio. Como ya se indicó, si existen aristas vivas se producen una concentración de tensiones; por ello es conveniente aplicar radios de acuerdo en las mismas siempre que sea posible. A pesar de que estas tensiones provienen de la flexión del embalaje, se alejan del límite elástico del material, por lo que no producen ningún riesgo.



Máxima tensión de Von Mises

Los desplazamientos máximos se encuentran sobre la cara superior del embalaje. También podemos observar, que los cuerpos centrales sufren un mayor desplazamiento en su zona inferior (color cian), a diferencia de los laterales, que presentan un color azul más negruzco. Esto se debe a

las restricciones establecidas. Comparando estos resultados con lo que suponemos que podría ocurrir en la realidad, obtenemos la misma representación.



Simulación de desplazamientos

Conclusiones

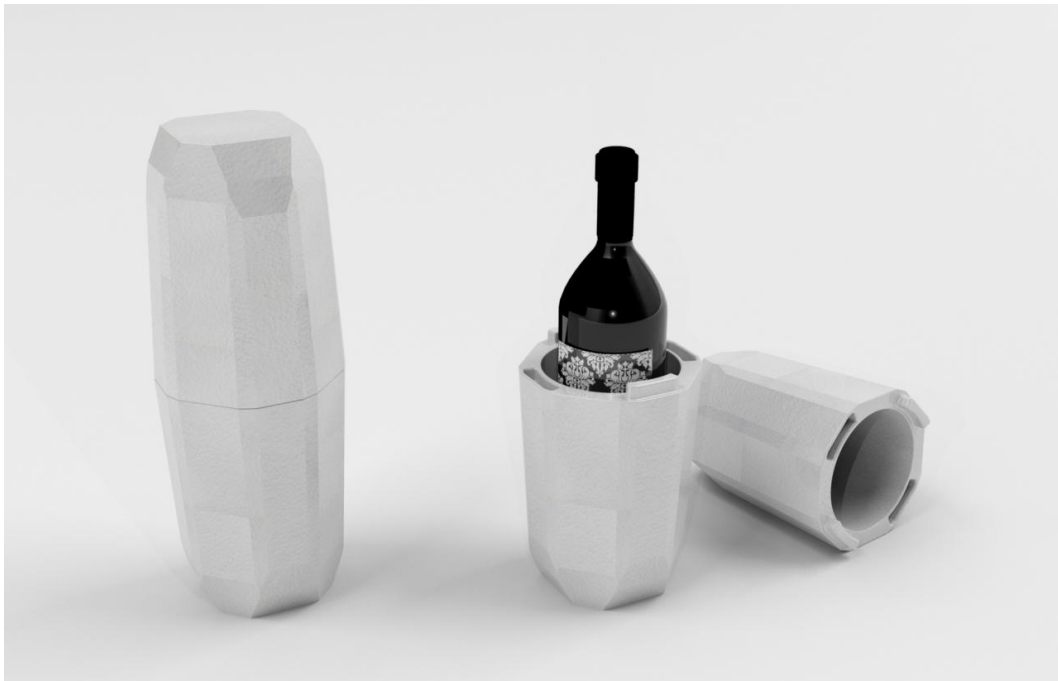
El embalaje funciona correctamente frente a las sollicitaciones a las que ha sido sometido en este ensayo. Como se indicó anteriormente, hemos supuesto un único botellero, ya que su peso está cerca del limito recomendado para ser levantado por un operario.

Para levantamientos de embalajes que superen los 25 kg se recomienda una carretilla elevadora, junto con un palé, sobre el que reposarán los botelleros, por lo que no estarán sometidos a la flexión de este ensayo, y actuaran como en un ensayo de apilamiento.

3.3.6. EL DISEÑO FINAL

Como se indicó en apartados anteriores, el embalaje que cumplía los requisitos del pliego de manera más correcta, y las diferentes necesidades estipuladas para el diseño, fue el botellero Diamante.

El diseño de este empaque tuvo que ser sometido a diferentes variaciones para llegar a cumplir correctamente el pliego. Al comienzo, durante la fase conceptual, se realizó un diseño que en ese momento cumplía los requisitos establecidos. A lo largo que se fue desarrollando el proyecto, estas necesidades aumentaron o se modificaron. Por lo tanto, el diseño conceptual del botellero Diamante tuvo que ser modificado para cumplir con las especificaciones establecidas.



Img. 153. Botellero DIAMANTE para capacidad 1

Gracias a todo el método seguido, hemos conseguido una estética enérgica y versátil (img. 153). El diseño escogido para desarrollar el embalaje posee características diferentes a lo ya existente. Un diseño único y con muchas posibilidades comerciales. Las aristas vivas le aportan una personalidad cuidada; nos inspira como si en su interior albergara una preciada joya. Es un diseño novedoso pero capaz de ajustarse a las compañías más tradicionales.

No solo se encarga de proporcionar la protección adecuada a la botella en términos mecánicos y térmicos, sino que además tiene la capacidad suficiente como para ser apilado en varias unidades.

Debido al empleo de postizos, a partir del embalaje para 12 unidades, podemos obtener embalajes de menores capacidades, sin la necesidad de fabricar otro costoso molde, ya que presenta un diseño modular. Las capacidades más empleadas en el mercado son las de doce, seis, tres y una unidad (img. 154-156). Por este motivo en este trabajo se han proyectado los embalajes de dichas capacidades, pero sin embargo, botelleros con otras capacidades, no presentarán ningún problema y actuarán del mismo modo que los estudiados.



Img. 154 y 155. Diferentes capacidades del embalaje

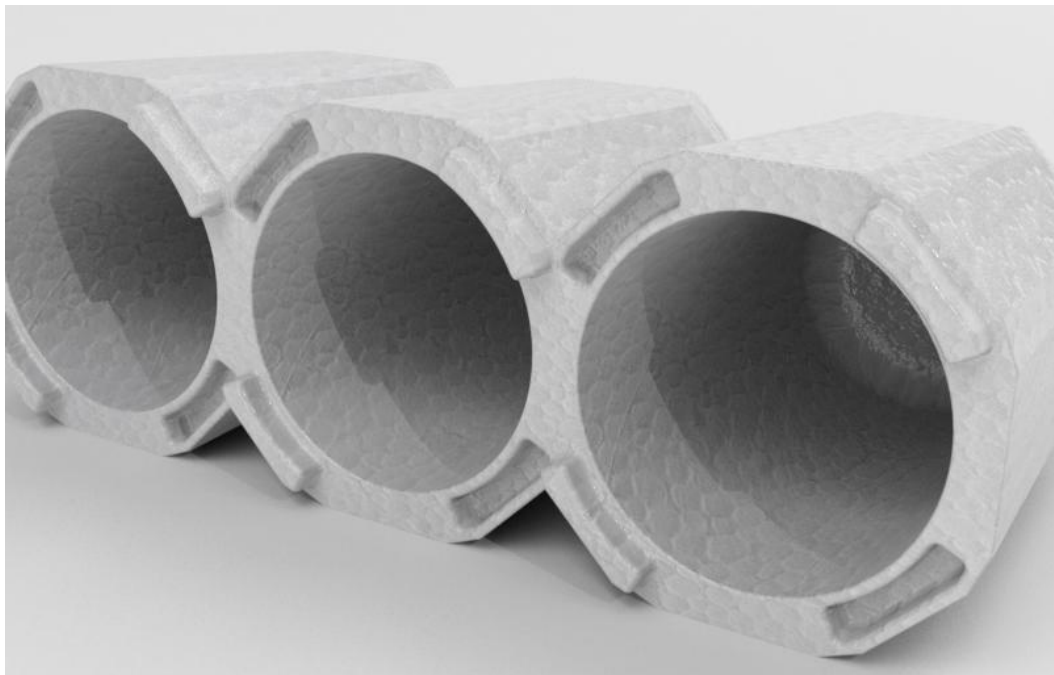
3. APLICACIÓN PRÁCTICA

El establecimiento de varias capacidades para la posible comercialización del embalaje, es una forma de ajustarse en la mayor medida posible al cliente y sus necesidades.



Img. 156. Embalaje para doce botellas

El sistema de pestañas (img. 157) ha sido especialmente diseñado para este embalaje. Las pestañas están distribuidas para aportar el mejor ensamble al conjunto; ajustándose a la modularidad del mismo, a partir de un único molde se crea una pieza, y mediante un giro (img. 158), se consigue su ensamblaje con otra parte idéntica.



Img. 157. Sistema de pestañas

La geometría de las pestañas aporta resistencia tanto en la dirección vertical como lateral, y sus radios de acuerdo que parten desde su nacimiento, distribuyen las posibles tensiones acumuladas en esa zona. La superficie combada le aporta mayor resistencia lateral.



Img. 158. Ensamblado del embalaje

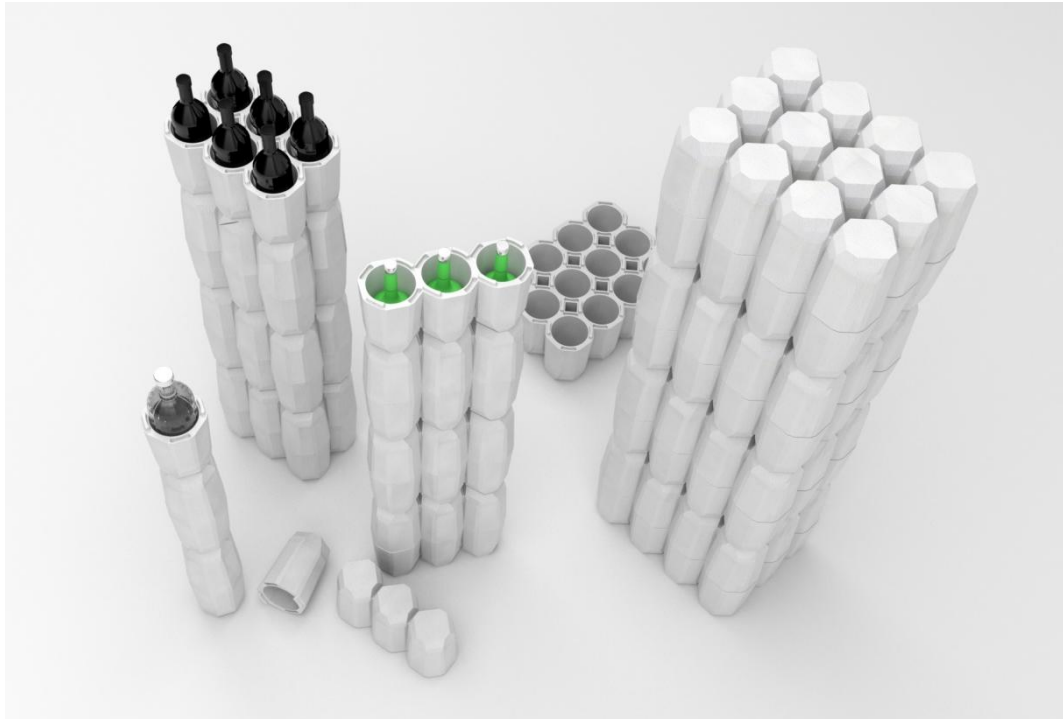
La marca corporativa podrá acompañar al embalaje (img. 159), como se muestra en la imagen inferior. Servirá para la identificación del embalaje y la empresa fabricante.



Img. 159. Embalaje con la marca corporativa

3. APLICACIÓN PRÁCTICA

Gracias a la geometría escogida para las paredes portantes del embalaje, es posible el apilamiento (img. 160) de varios conjuntos. La cantidad de embalajes recomendados para su agrupación depende de la capacidad de los mismos y del peso de las botellas contenidas; la imagen inferior muestra la cantidad de unidades recomendadas para el acumulamiento en función de la capacidad de las mismas, teniendo como referencia botellas de peso de 1,6 kg.



Img. 160. Embalajes máximos recomendados apilables llenos

Este embalaje será fabricado por inyección, y según los estudios de desmoldeo realizados por computadora, no existirá problema durante la expulsión de la pieza del molde; por lo tanto, el producto será desmoldeable, condición sin la cual no podría ser desarrollado.

El diseño impide que la suciedad, humedad o polvo entre en contacto con el producto transportado. Además, gracias al material del que está fabricado, no sólo existirá un aislamiento de sustancias exteriores, sino que también el producto no sufrirá golpes de temperatura que puedan variar la calidad del mismo. De este modo, el artículo llegará en condiciones óptimas al receptor.

La fabricación de este embalaje en una espuma celular, como es el EPS, permite que, tras recibir un impacto, el material recupere en gran medida sus

dimensiones, y que no pierda su capacidad amortiguadora, para que si sufre más impactos, actúe de forma correcta protegiendo al artículo que contiene.

La alta liviandad del EPS, debido a su mayoritaria composición de aire (98%) generará ahorros en el consumo de combustible durante el transporte del artículo.

En la actualidad, que un producto pueda ser totalmente reciclado es fundamental para evitar que los residuos puedan ser abandonados contaminando el medio ambiente. Por ello, el material seleccionado para el embalaje, es totalmente reciclable por varios métodos.



Img. 161. Embalaje DIAMANTE individual

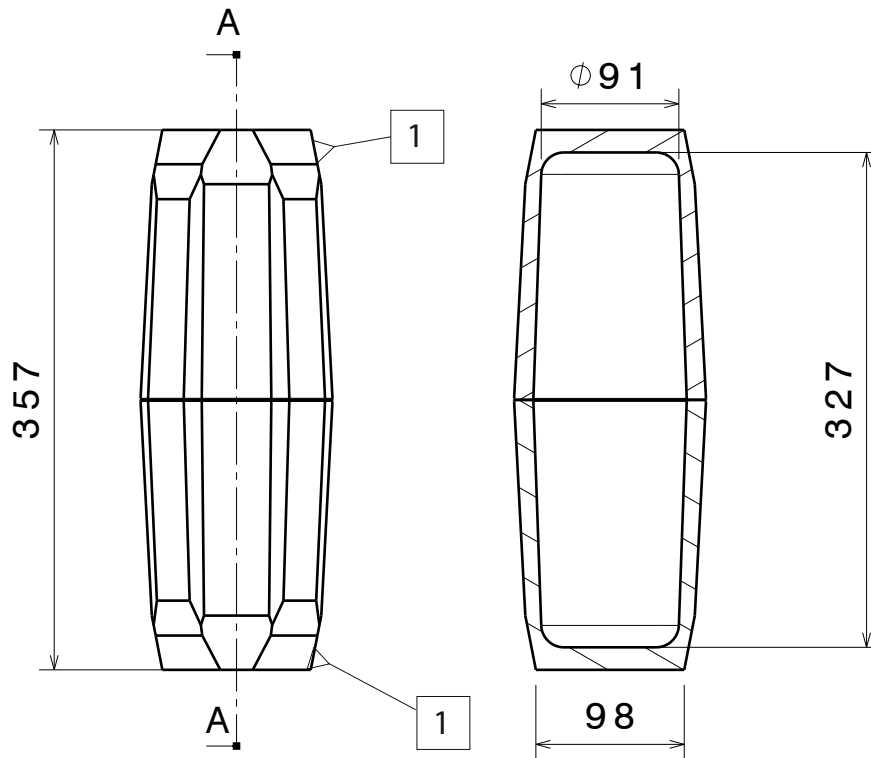
En el *Anexo IV: Catálogo presentación de Diamante Packaging* se muestra un folleto de presentación del botellero Diamante.

CAPÍTULO 4

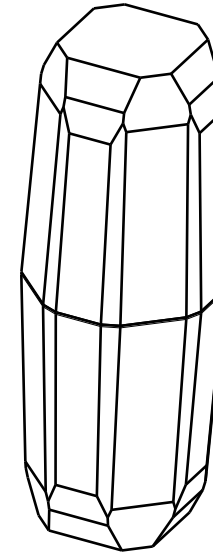
Planos.....297

1. Plano de conjunto capacidad 1.....	299
2. Plano pieza capacidad 1.....	300
3. Plano de conjunto capacidad 3.....	301
4. Plano pieza capacidad 3.....	302
5. Plano de conjunto capacidad 6.....	303
6. Plano pieza capacidad 6.....	304
7. Plano de conjunto capacidad 12.....	305
8. Plano de pieza capacidad 12.....	306

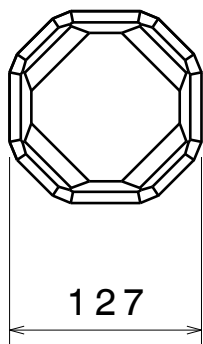




Sección A-A



Vista isométrica



2	Embalaje capacidad 1		1	plano 2	EPS 20
Nº de piezas	Denominación		Marca	Referencia	Material
	Fecha	Firma	Asignatura: Trabajo Fin de Grado		
Dibujado	13/12/2016		Centro: ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		
Comprobado	18/12/2016		Grado: Diseño Industrial y Desarrollo del Producto		
Calidad superficial N12 	Escala 1:5	Denominación CONJUNTO EMBALAJE CAPACIDAD 1		Nombre: FAÚNDEZ BARROSO, Virginia	
			Nº Plano: 1		

D

C

B

A

4

4

3

3

2

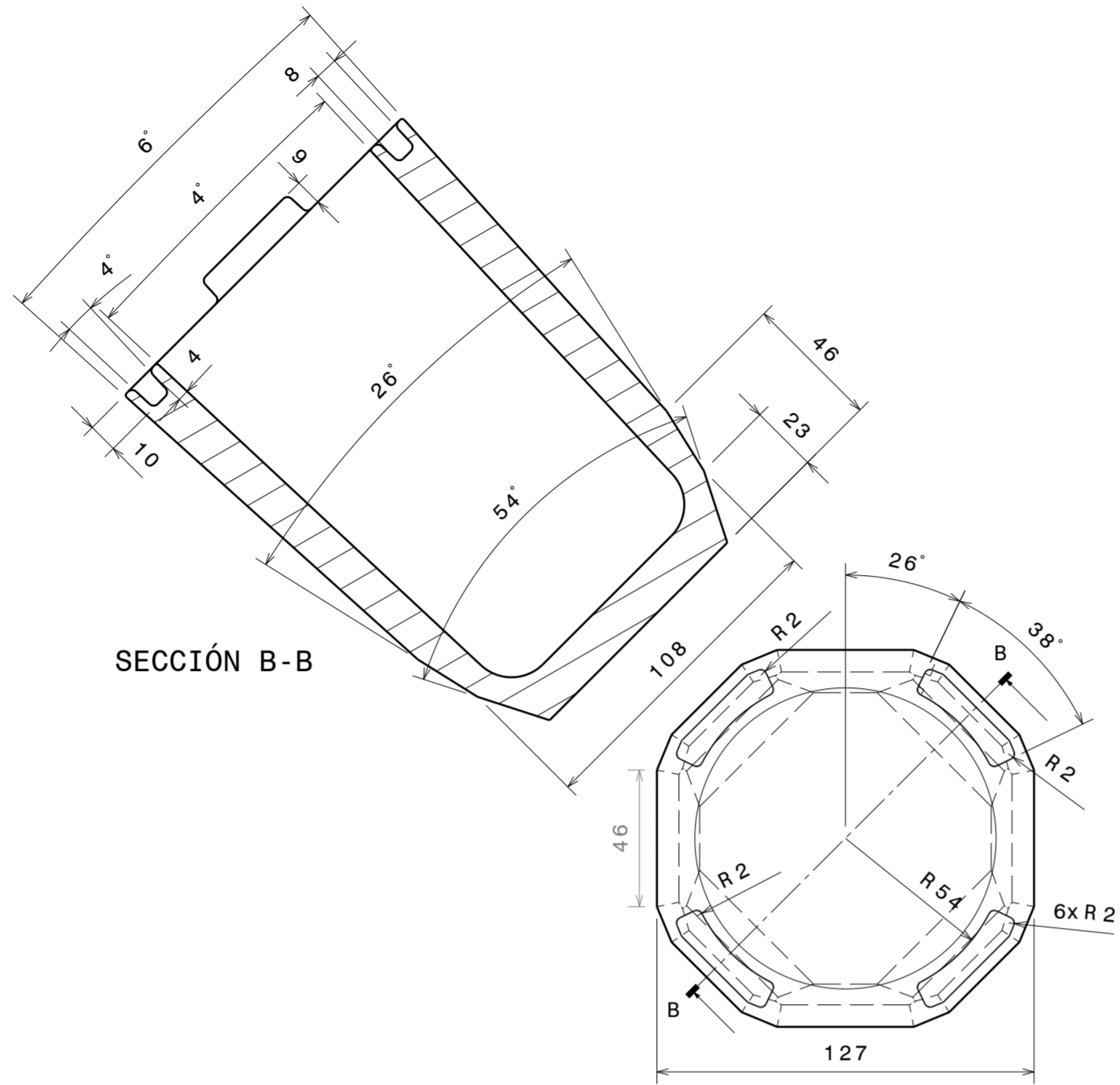
2

1

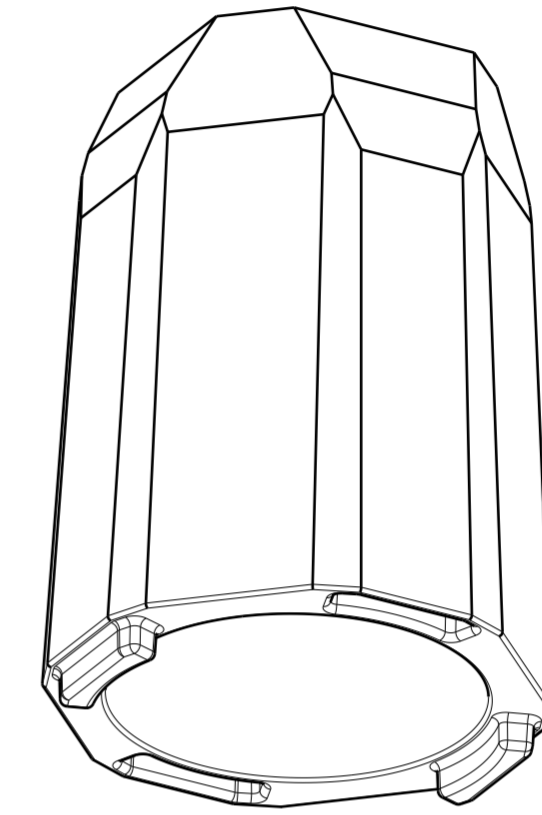
1

D

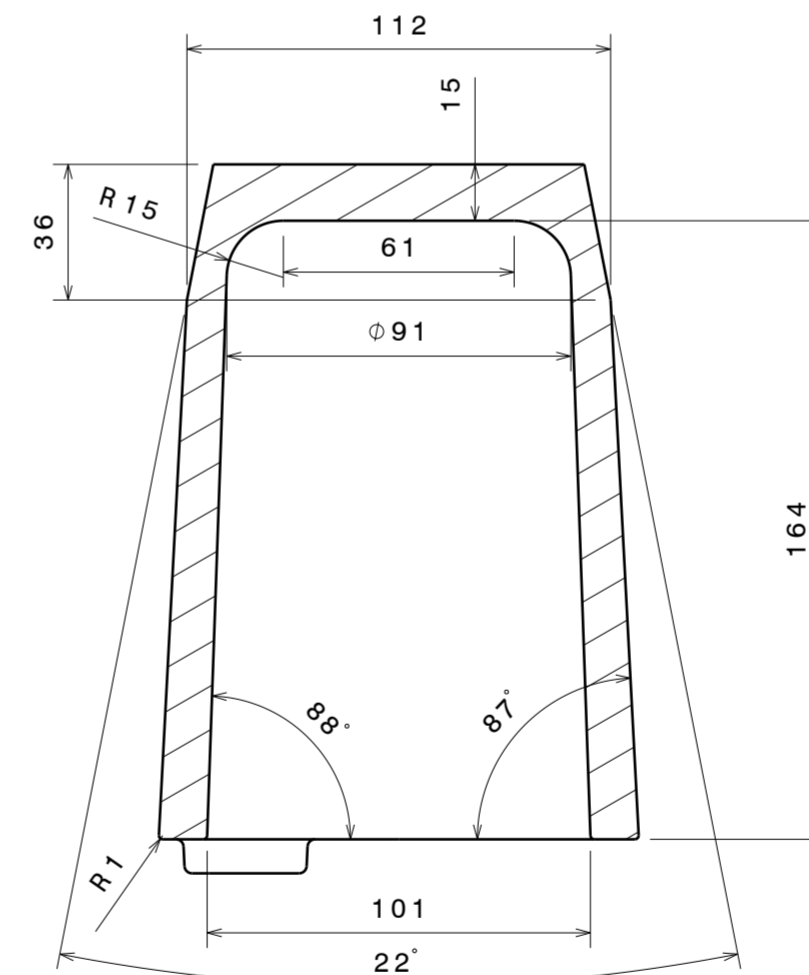
A



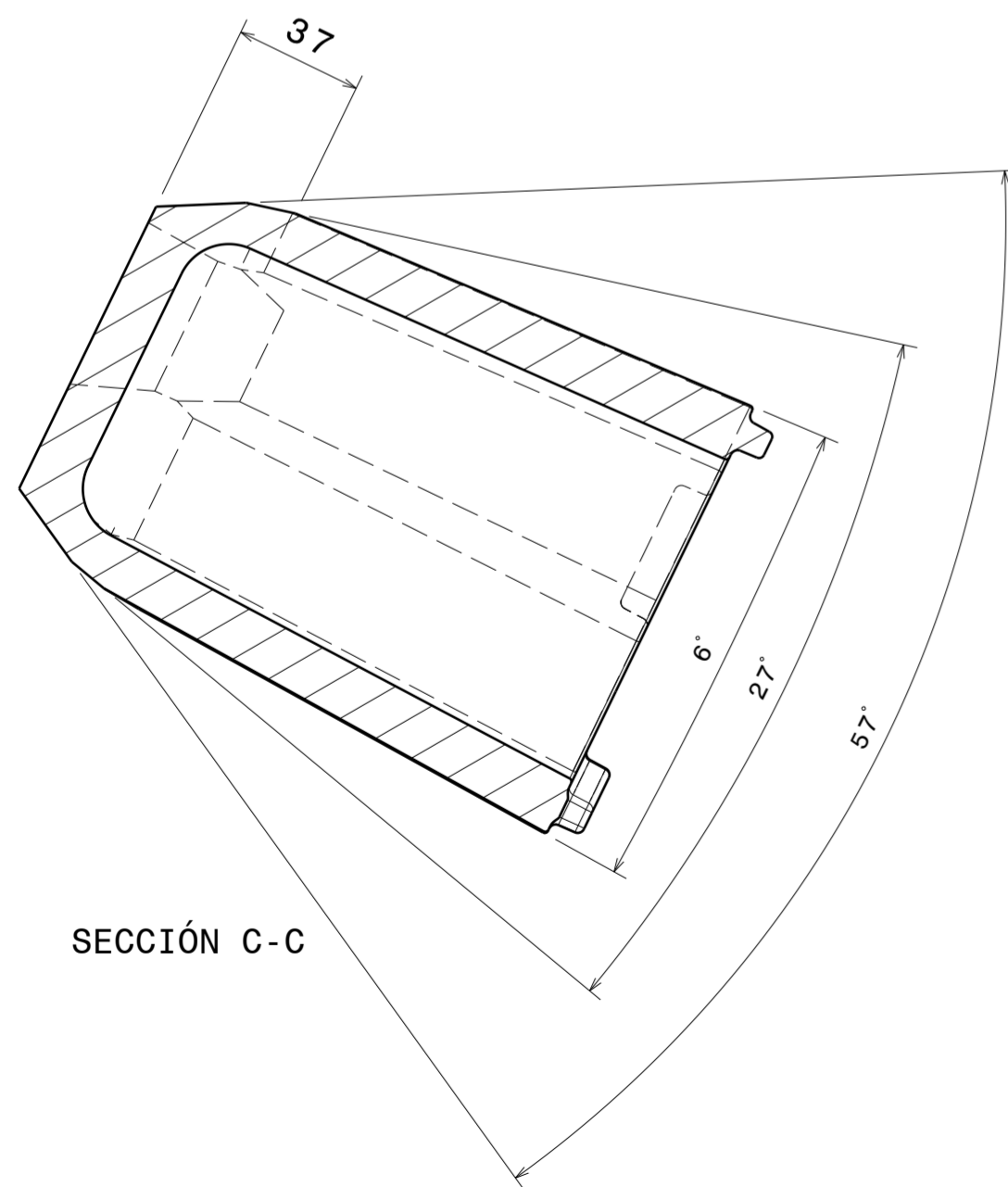
SECCIÓN B-B



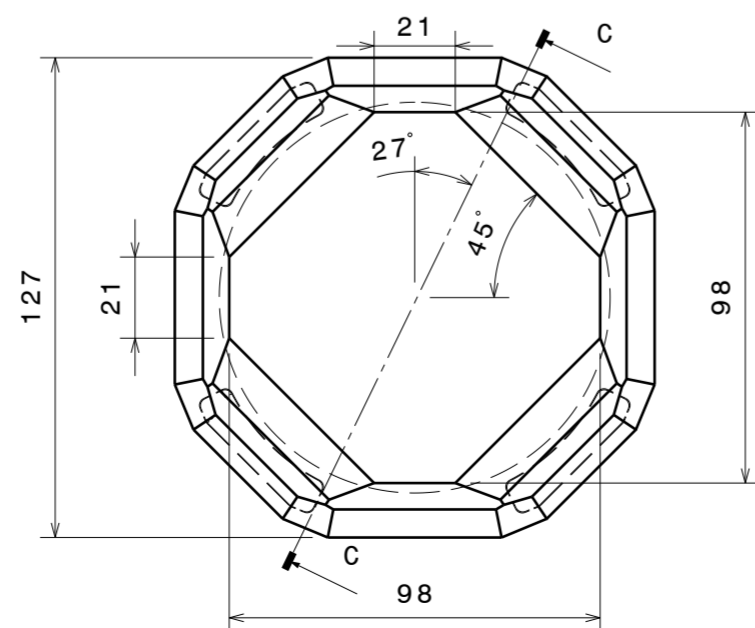
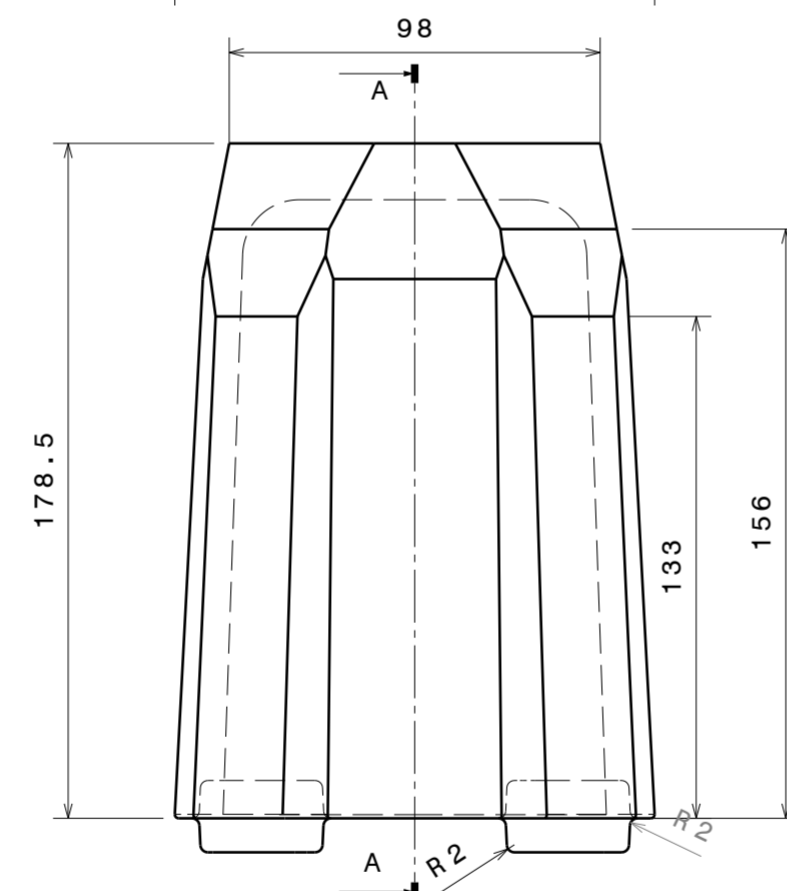
Vista Isométrica



SECCIÓN A-A



SECCIÓN C-C



	Fecha	Firma	Asignatura: Trabajo Fin de Grado
Dibujado	13/12/2016		Centro: ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES
Comprobado	18/12/2016		Grado: Diseño Industrial y Desarrollo del Producto
Calidad superficial N12	Escala 1:2	Denominación EMBALAJE CAPACIDAD 1	Nombre: FAÚNDEZ BARROSO, Virginia
			Nº Plano: 2

D

C

B

A

4

4

3

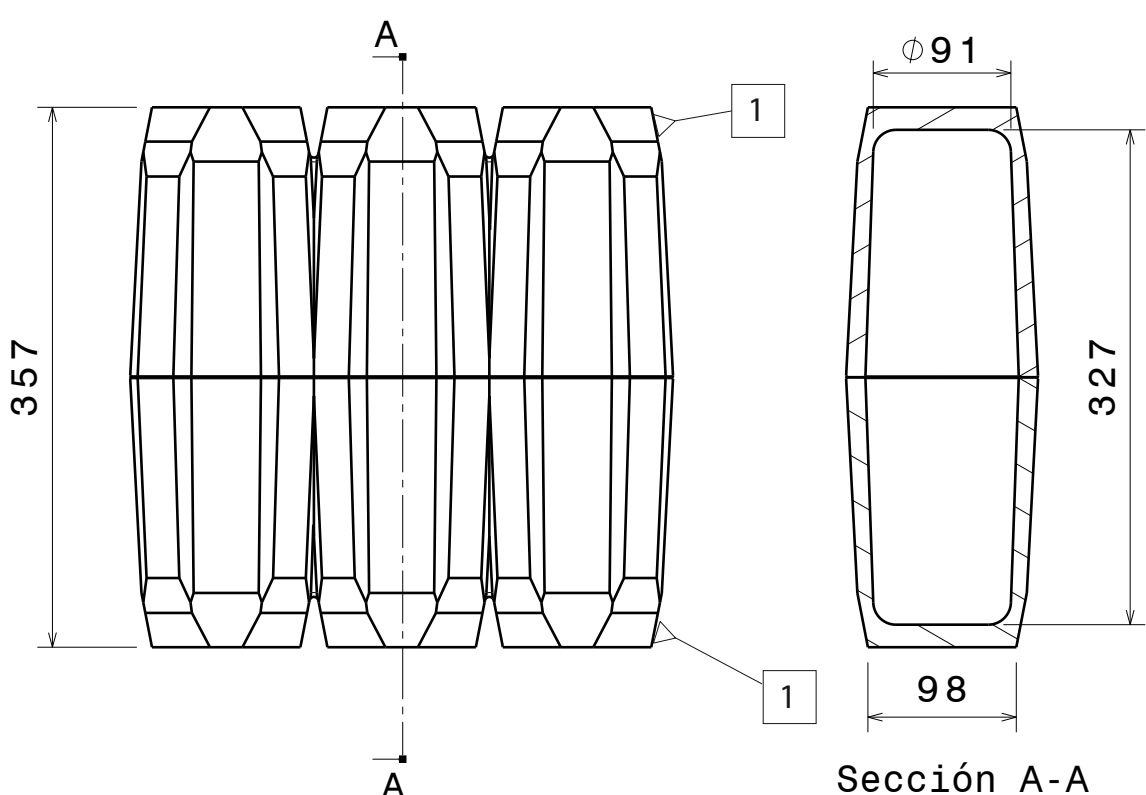
3

2

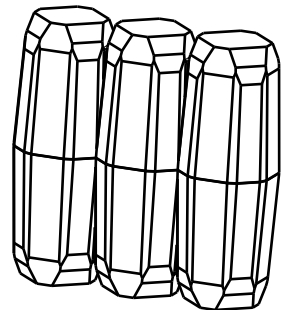
2

1

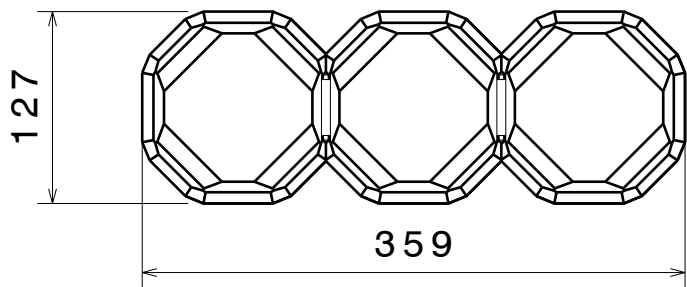
1



Sección A-A



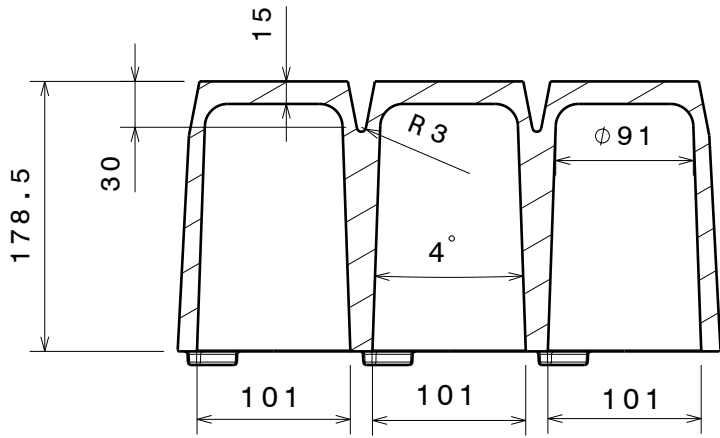
Vista isométrica
Escala: 1:10



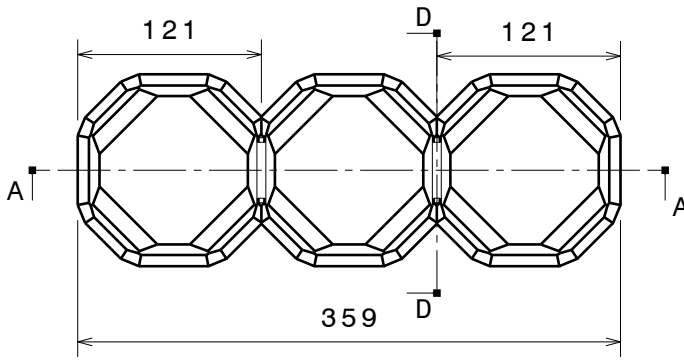
2	Embalaje capacidad 3		1	plano 4	EPS 20
Nº de piezas	Denominación		Marca	Referencia	Material
	Fecha	Firma	Asignatura: Trabajo Fin de Grado		
Dibujado	13/12/2016		Centro: ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		
Comprobado	18/12/2016		Grado: Diseño Industrial y Desarrollo del Producto		
Calidad superficial N12 	Escala 1:5	Denominación CONJUNTO EMBALAJE CAPACIDAD 3	Nombre: FAÚNDEZ BARROSO, Virginia		
			Nº Plano: 3		

D

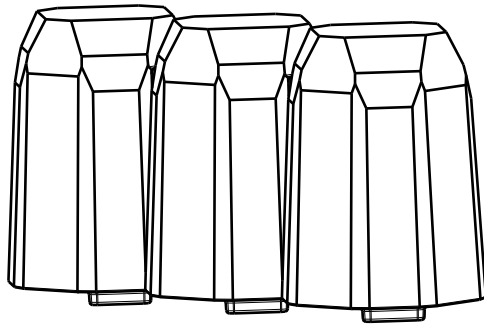
A



SECCIÓN A-A



SECCIÓN B-B



Vista Isométrica

	Fecha	Firma	Asignatura: Trabajo Fin de Grado
Dibujado	13/12/2016		Centro: ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES
Comprobado	18/12/2016		Grado: Diseño Industrial y Desarrollo del Producto
Calidad superficial N12 	Escala 1:5	Denominación EMBALAJE CAPACIDAD 3	Nombre: FAÚNDEZ BARROSO, Virginia
			Nº Plano: 4

D

A

D

C

B

A

4

4

3

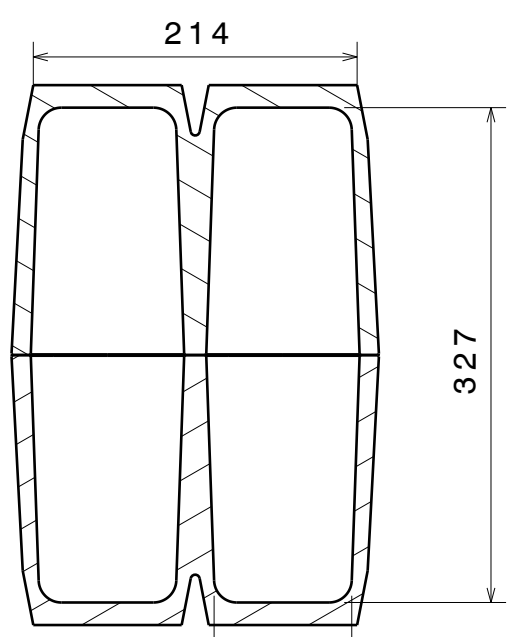
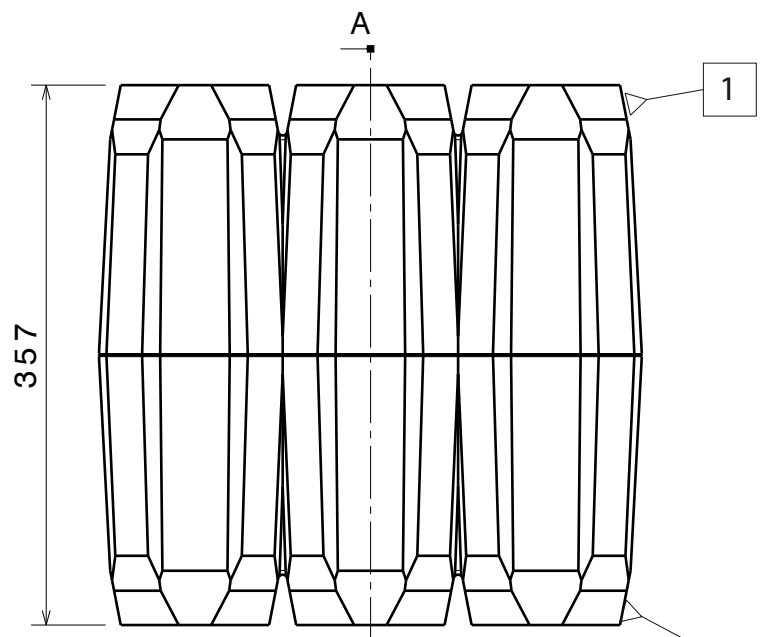
3

2

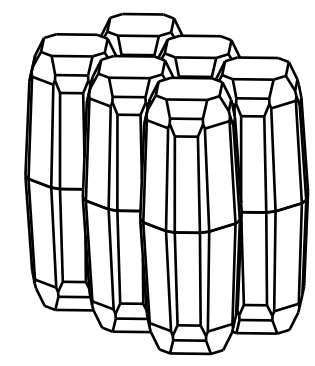
2

1

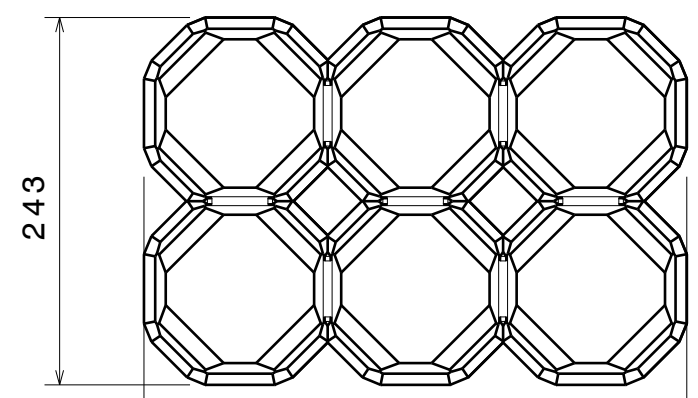
1



Sección A-A



Vista Isométrica
Escala: 1:10



2	Embalaje capacidad 6		1	plano 6	EPS 20
Nº de piezas	Denominación		Marca	Referencia	Material
	Fecha	Firma	Asignatura: Trabajo Fin de Grado		
Dibujado	13/12/2016		Centro: ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		
Comprobado	18/12/2016		Grado: Diseño Industrial y Desarrollo del Producto		
Calidad superficial N12 	Escala 1:5	Denominación CONJUNTO EMBALAJE CAPACIDAD 6	Nombre: FAÚNDEZ BARROSO, Virginia		
			Nº Plano: 5		

D

A

D

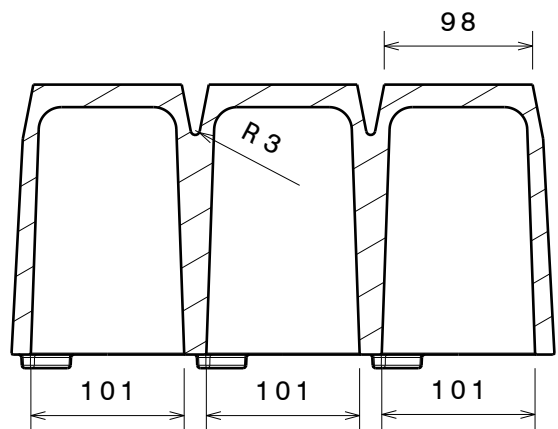
C

B

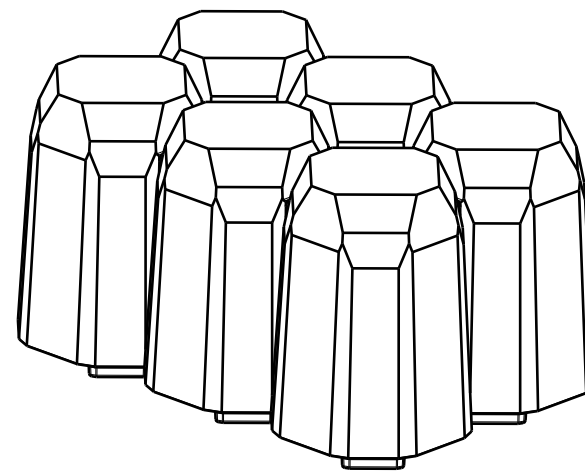
A

4

4



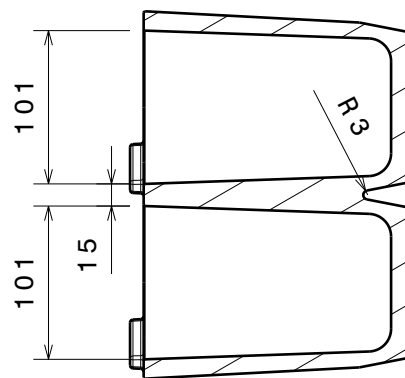
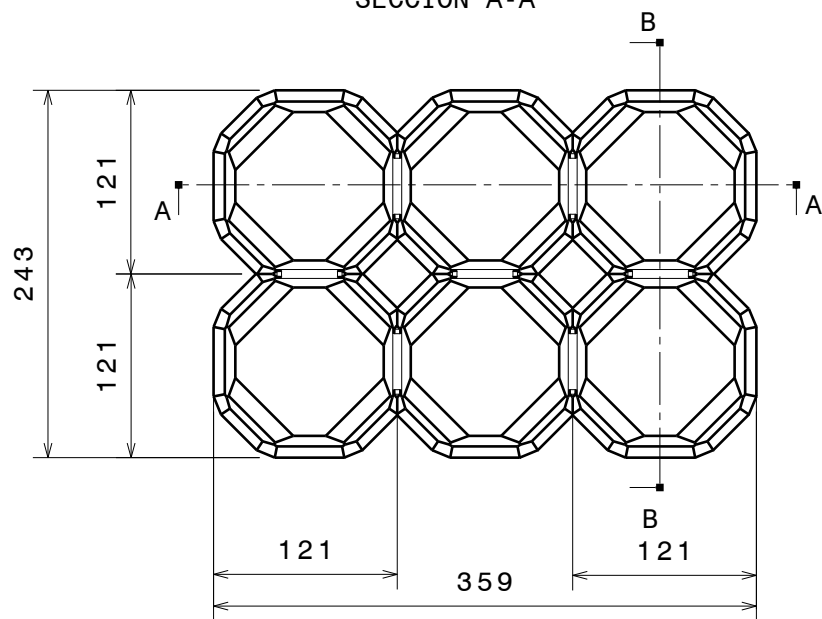
SECCIÓN A-A



Vista Isométrica

3

3






SECCIÓN B-B

2

2

1

1

	Fecha	Firma	Asignatura: Trabajo Fin de Grado
Dibujado	13/12/2016		Centro: ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES 
Comprobado	18/12/2016		Grado: Diseño Industrial y Desarrollo del Producto
Calidad superficial N12 	Escala 1:5	Denominación EMBALAJE CAPACIDAD 6	Nombre: FAÚNDEZ BARROSO, Virginia
			Nº Plano: 6

D

A

H G F E D C B A

4

3

2

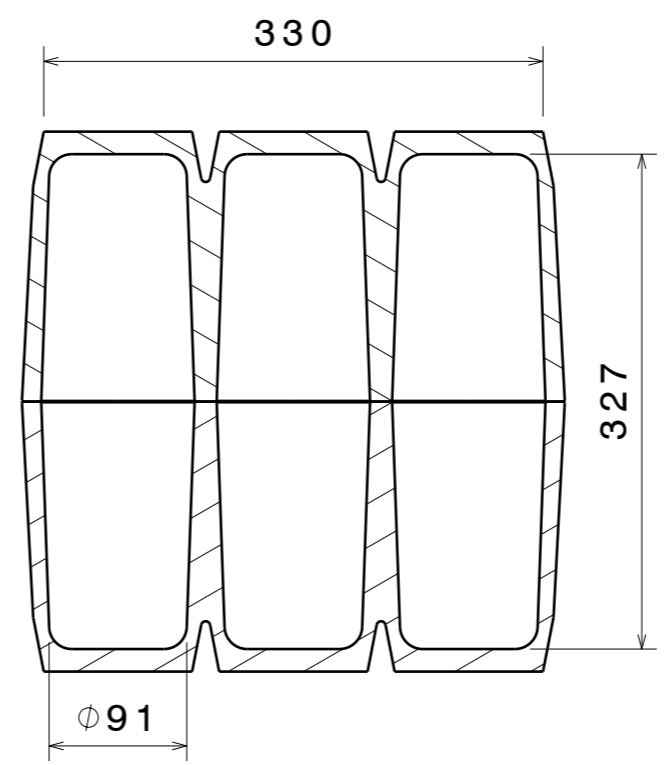
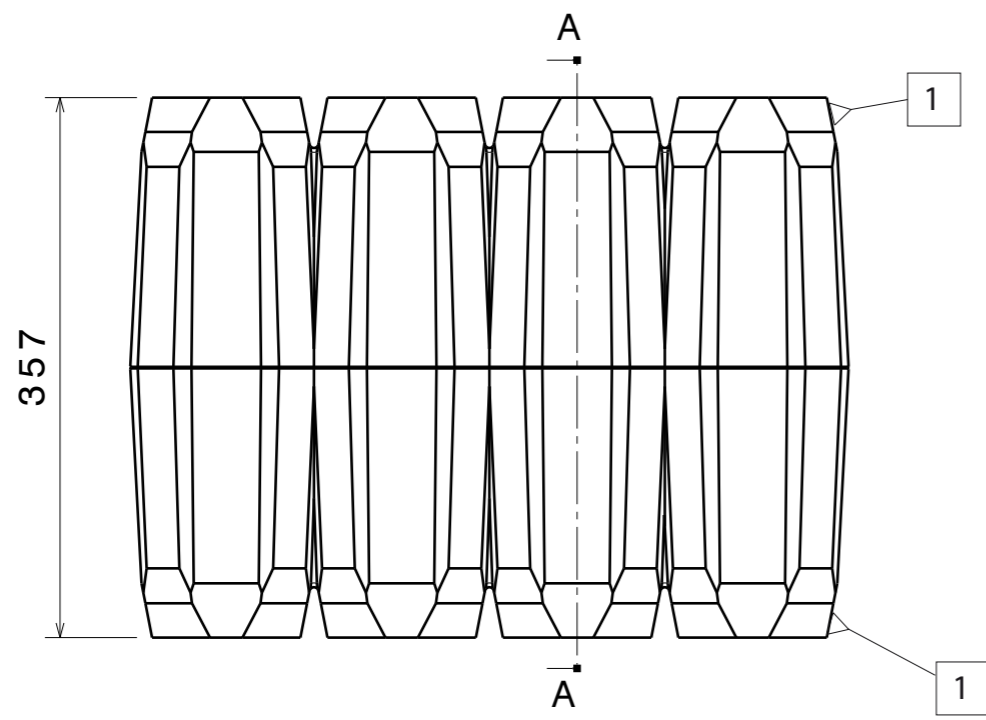
1

4

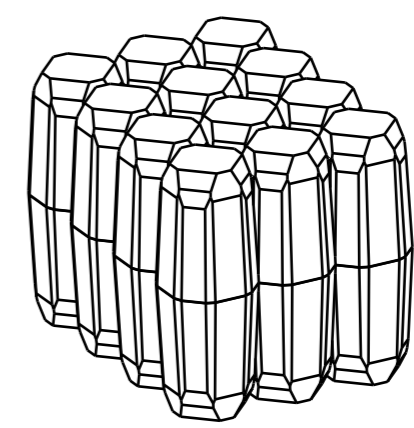
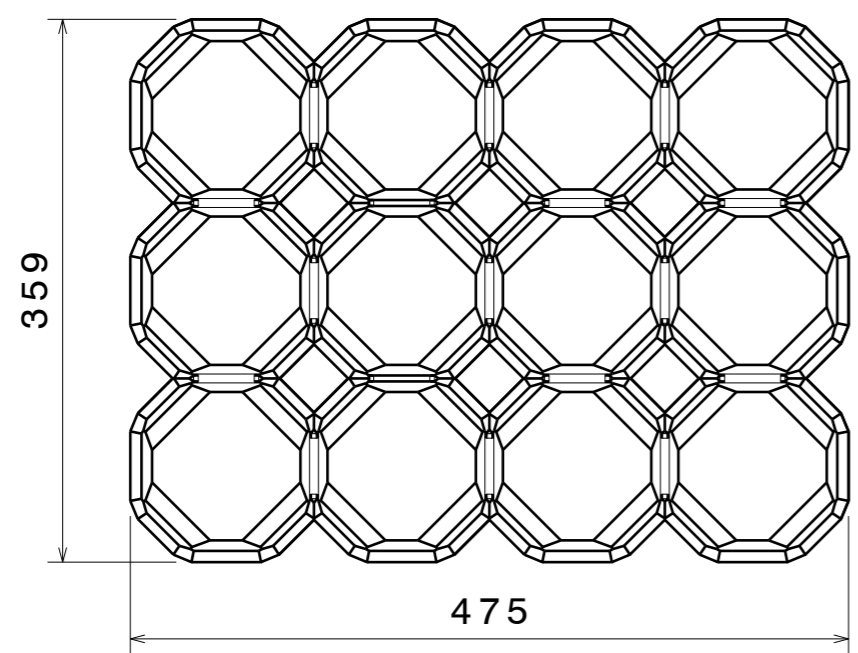
3

2

1

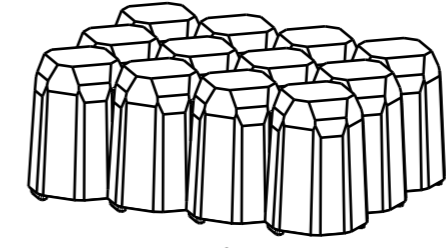
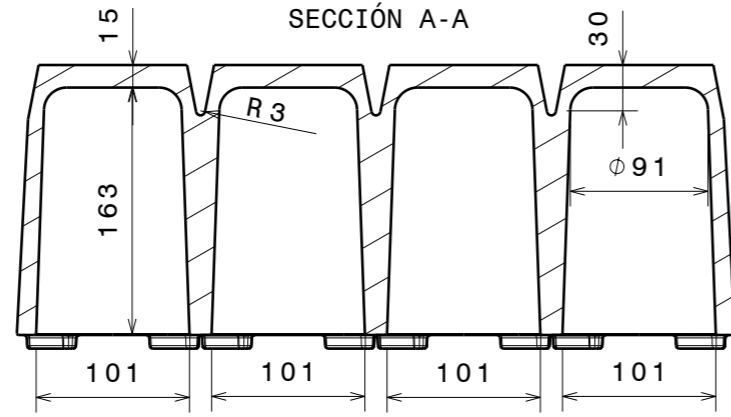


Sección A-A

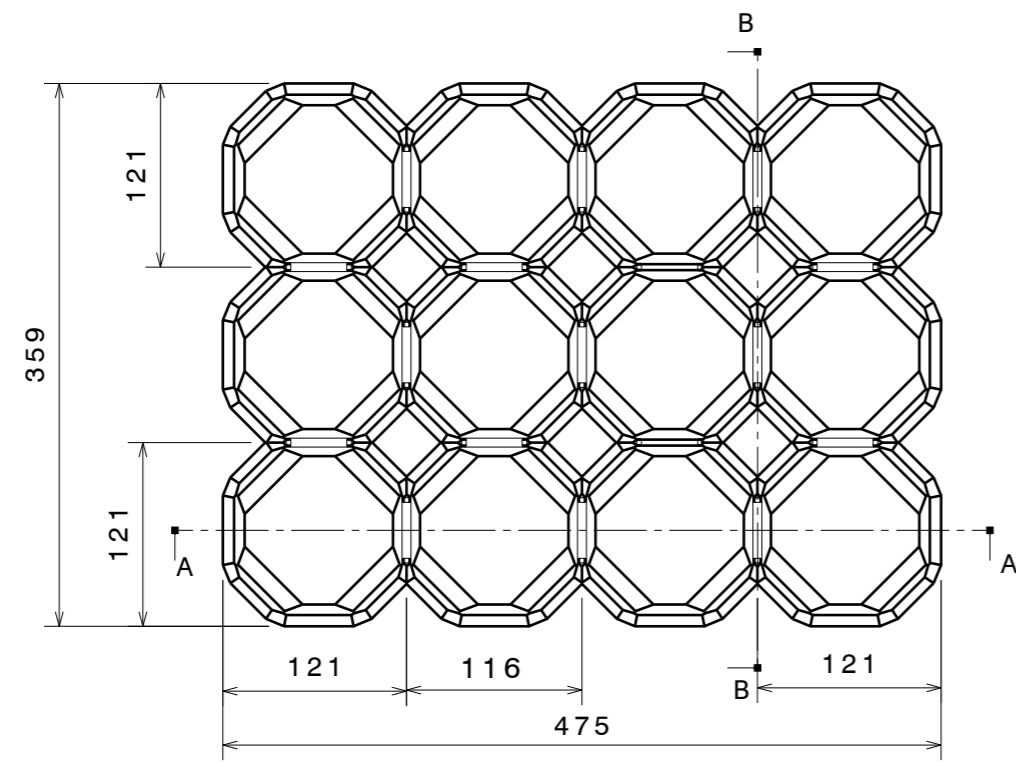


2	Embalaje capacidad 12		1	plano 8	EPS 20
Nº de piezas	Denominación		Marca	Referencia	Material
Dibujado	Fecha	Firma	Asignatura: Trabajo Fin de Grado		
Comprobado	13/12/2016		Centro: ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		
Calidad superficial	18/12/2016	Denominación CONJUNTO EMBALAJE CAPACIDAD 12	Grado: Diseño Industrial y Desarrollo del Producto		
N12 ✓	Escala		Nombre: FAÚNDEZ BARROSO, Virginia		
	1:5		Nº Plano: 7		

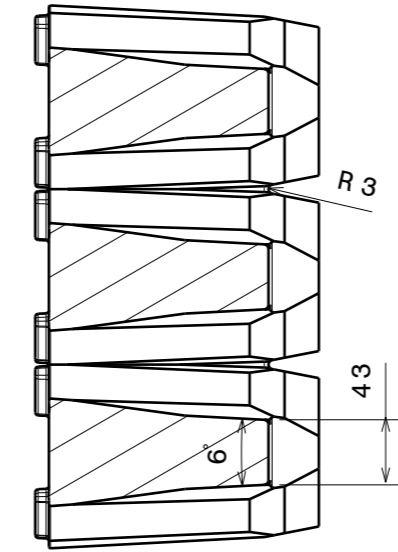
H G F E D C B A



Vista Isométrica
Escala: 1:10



SECCIÓN B-B



	Fecha	Firma	Asignatura: Trabajo Fin de Grado
Dibujado	13/12/2016		Centro: ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES
Comprobado	18/12/2016		Grado: Diseño Industrial y Desarrollo del Producto
Calidad superficial N12 	Escala 1:5	Denominación EMBALAJE CAPACIDAD 12	Nombre: FAÚNDEZ BARROSO, Virginia
			Nº Plano: 8

CAPÍTULO 5

Coste del embalaje.....309

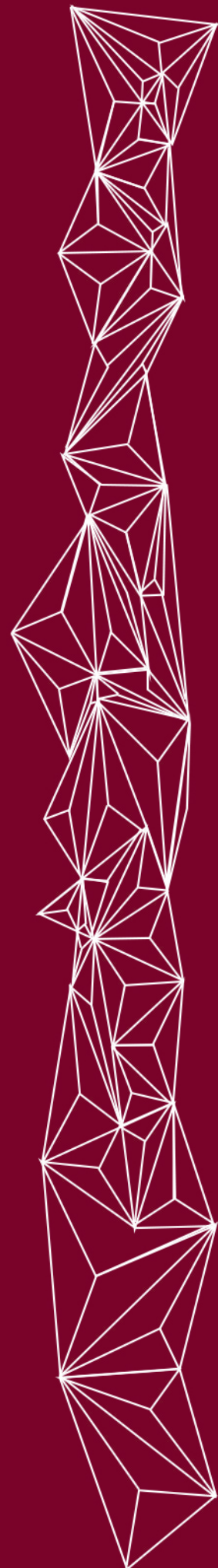
5.1. Costes del personal.....309

5.2. Costes del puesto de trabajo.....309

5.3. Costes de materia prima.....310

5.4. Costes administrativos.....311

5.5. Costes totales.....311



A continuación se detallarán los costes asociados a la fabricación del botellero con capacidad para doce botellas.

5.1 COSTES DEL PERSONAL

Para empezar, se muestra los costes relacionados con la mano de obra directa.

Concepto	Salario/h	Tiempo por pieza	Total
Mano de obra directa MOD	15 €/h	1 min/ pieza	0,25 €/pieza
Mano de obra indirecta MOI	15 €/h	0,05 min/pieza	0,0125 €/pieza
			0,2625 €/pieza

Fig. 1. Tabla de costes del personal

Según esta tabla obtenemos que el coste total del personal asciende a 0,2625 € por cada pieza fabricada.

5.2. COSTES DEL PUESTO DE TRABAJO

Para calcular los costes del puesto de trabajo vamos a considerar en primer lugar los gastos variables de energía y agua. Se ha de tener en cuenta que existen 6 cavidades en el molde, por lo tanto:

Concepto	Precio/ciclo	Total
Electricidad	0,2 €/ciclo	0,034 €/pieza
Gas	0,5 €/ciclo	0,084 €/pieza
Agua	0,02 €/ciclo	0,0034 €/pieza
		0,1214 €/pieza

Fig. 2. Tabla costes de energía

5. COSTE DEL EMBALAJE

Seguidamente calcularemos los costes asociados al molde. Consideraremos que no existe amortización.

Concepto	Precio/ud	Cantidad	Total
Molde	25.000,00 €	1	25.000 €
Fungibles neumáticos	850 €	1	850 €
Inyectores	150 €	24	3.600 €
			29.450 €

Fig. 3. Tabla de costes asociados al molde

Como se prevé una venta de 100.000 piezas, es decir, 50.000 embalajes completos, el coste anterior por pieza será:

Costes asociados al molde	Unidades fabricadas	Precio/pieza
29.450 €	100.000 ud	0,2945€/pieza

Fig. 4. Costes asociados al molde por pieza

Por lo tanto, el coste de energía asciende a **0,1214 €/pieza**, y el del molde, a **0,2945 €/pieza**.

5.3. COSTES DE MATERIA PRIMA

Ahora es el momento de calcular el coste de la materia prima. A partir del volumen de la pieza del embalaje, calculamos su peso, y la cantidad de material empleada, a partir de la fórmula (1):

$$cantidad\ de\ material = peso + \frac{peso \cdot 6}{100} \quad (1)$$

Volumen	Peso	Cantidad de material	Coste materia prima	Total
0,0102442 m ³	0,205 kg	0,2173 kg/pieza	1,5 €/kg	0,32595 €/pieza

Fig. 5. Costes de materia prima

Por lo tanto, los costes relacionados con la materia prima ascienden a **0,3295€** por pieza.

5.4. COSTES GENERALES

Consideraremos unos costes generales de **0,1 €/pieza**, provenientes de de la amortización de las instalaciones, las máquinas y otros costes de funcionamiento de la fábrica.

5.5. COSTES TOTALES

Para finalizar este estudio, se calcula el coste total, en el que se ha incurrido durante la realización de este proyecto, sin más, que sumar los costes totales directos e indirectos, y asumiendo la hipótesis, de que no existe ningún beneficio económico empresarial declarable:

Concepto	Costes Totales
Costes del personal	0,2526 €/pieza
Costes del puesto de trabajo	0,4159 €/pieza
Costes de materia prima	0,3295 € /pieza
Costes generales	0,1 €/pieza
Costes totales de la pieza	1,098 €/pieza

Fig. 6. Tabla de costes totales

Como cada embalaje está compuesto por dos piezas, el precio total del mismo ascendería a **2,196 €**.

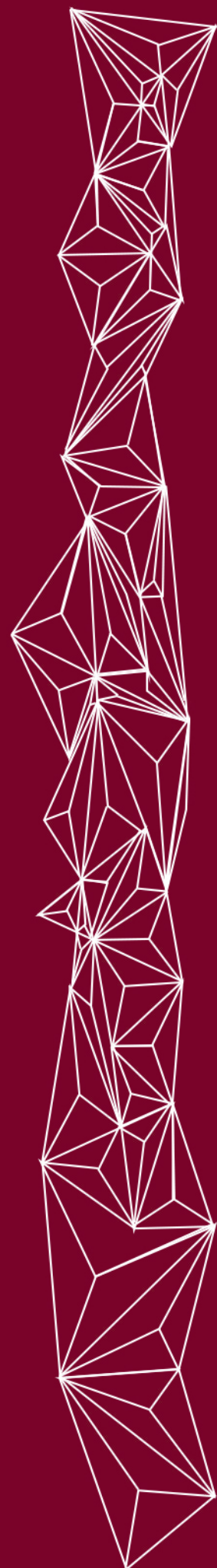
CAPÍTULO 6

Imagen de marca.....313

6.1. Introducción.....315

6.2. Marca e isotipo.....316

6.3. Colores.....317



6.1. INTRODUCCIÓN

La creación de una marca comercial es un punto fundamental cuando se quiere lanzar al mercado un producto. Esta servirá para distinguir a nuestro embalaje de otros de forma legal. En muchos casos es casi la etiqueta de presentación de los productos, y que este ya posea un diseño cuidado, es un punto muy positivo en la búsqueda de nuevos clientes.

En este punto, se establecerán los puntos de diseño gráfico imprescindibles para el éxito de la imagen corporativa del embalaje.

Como ya hemos indicado, el botellero que mejor cumplía los requerimientos del pliego de condiciones fue el botellero Diamante. Este tiene una estética intensa, con aristas vivas y caras facetadas. Por otro lado este está realizado en poliestireno expandido, una espuma celular rígida, que tras ser inyectado adquiere una textura de perlas. Además, este embalaje se emplea tanto para proteger a la botella, como para aislarla del medio ambiente y preservar su temperatura. Por ello teníamos 3 ideas principales para llevar a cabo la imagen corporativa de marca, que se convirtieron en conceptos que pudiera transmitir un logo:

- Geometría facetada se convirtió en diamante, nombre que identifica a nuestro producto (hexágono).
- Las perlas fueron traducidas como una posible geometría del logo circular o con círculos.
- El concepto de aislamiento se convirtió en la percepción de un copo de nieve.

6.2. MARCA E ISOTIPO

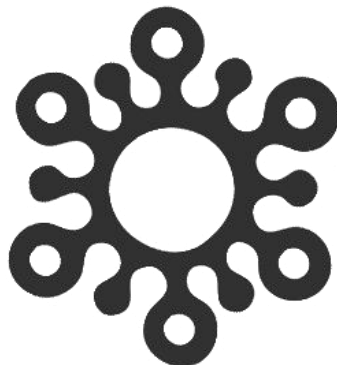
Mezclando estos conceptos obtuvimos la marca que se muestra a continuación (img. 1).



Img. 1. Imagen de marca de DIAMANTE Packaging

Está formado por un copo de nieve con formas circulares, que recuerdan a las perlas del material. La forma exterior del isotipo es un hexágono, polígono con el que en muchas ocasiones se representan los diamantes. Además se acompaña de un texto que identifique a la marca. La tipografía empleada es joven y viva, denominada Caviar Dreams. Además posee trazos mayormente redondeados, lo que hace que se produzca una buena fusión cuando se une junto al isotipo.

El isotipo se refiere a la parte simbólica o icónica de las marcas. Hablamos de isotipo cuando reconocemos la marca sin necesidad de acompañarla de ningún texto. En este caso no existiría problema de únicamente exponer el isotipo (img. 2), pero al ser una marca nueva, es mucho más recomendable mostrar la marca completa, para darse a conocer.



Img. 2. Isotipo de DIAMANTE Packaging

6.3. COLORES

Las combinaciones que se proponen para mostrar la marca del embalaje han de estar relacionadas con el tipo de actividad a la que va a ser sometido.

Siempre debe existir una marca comercial en colores básicos, como negro y blanco (img. 3), que será empleada en los casos en los que con el resto de colores no combine. La versión en negativo es muy común emplearla cuando la visibilidad sea baja.



C:0
M:0
Y:0
K:0



C:72
M:65
Y:61
K:60



C:0
M:0
Y:0
K:0



C:72
M:65
Y:61
K:60

Img. 3. Propuestas en tonos básicos

6. IMAGEN DE MARCA

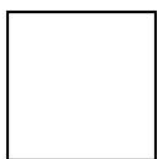
Sin dejar de lado la capacidad de aislamiento tanto térmico del embalaje, los colores fríos nos recuerdan a las bajas temperaturas, como su propio nombre indica. Al emplear colores con gran cantidad de blanco, la personalidad del logo disminuye, es más neutra y tranquila (img. 4); lo que se aleja de mi concepto del mundo vinícola (con personalidad).



C:50
M:25
Y:0
K:0



C:70
M:35
Y:0
K:0



C:0
M:0
Y:0
K:0



C:70
M:35
Y:0
K:0

Img. 4. Colores no recomendados para acompañar a la marca

Es cierto que el embalaje aporta un carácter de aislamiento al producto, y se entiende a la perfección con los colores azules; sin embargo, no podemos olvidar el producto que va a transportar, el vino u otras bebidas semejantes, que son opuestos a estos colores y no se encuentran identificados con ellos. Por eso, estos colores no se recomiendan para emplear con la marca comercial, ya que se alejan de la esencia del producto contenido.

Por último se presentan las últimas combinaciones de colores, que son más cercanas al mundo vinícola (img. 5) en el que nuestro embalaje va a trabajar. Los tonos borgoñas le aportan calidad a la imagen, y nos recuerda al color del producto transportado.



C:0
M:0
Y:0
K:0



C:33
M:100
Y:68
K:41



C:0
M:0
Y:0
K:0



C:33
M:100
Y:68
K:41

Img. 5. Colores recomendados para la marca

6. IMAGEN DE MARCA

Finalmente se muestra la última combinación que se propone, en negro y borgoña (img. 6), que es muy robusta y pesada, pero también elegante.



Img. 6. Colores propuestos para la marca

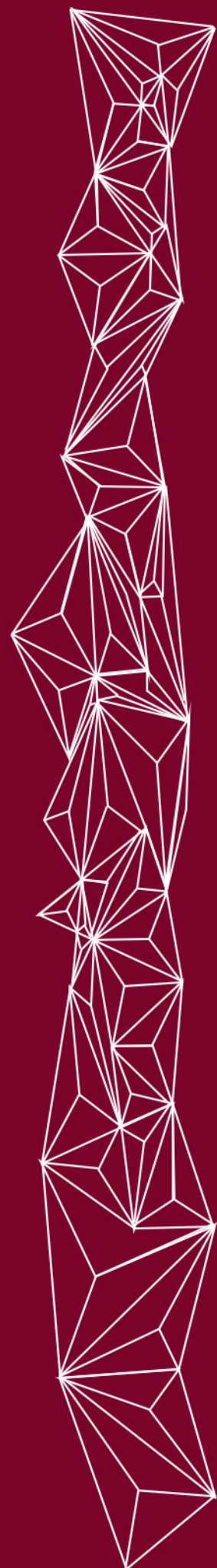
Cierto es que existe una infinidad de combinaciones que no ha sido establecida en esta guía, pero la marca es algo muy delicado, que ha llevado un tiempo su estudio y su diseño, cuyos colores y formas están elegidas por unas razones. Por ello, no se recomienda salirse de los conjuntos negros, blancos y borgoñas, ya que son los que más transmiten la esencia del producto transportado.

CAPÍTULO 7

Conclusiones y líneas futuras.....321

7.1. Conclusiones.....323

7.2. Líneas futuras.....325



7.1 CONCLUSIONES

La realización de un proyecto técnico implica un largo proceso de concepción, desde la búsqueda de una necesidad en el mercado hasta que se logra su funcionamiento y su integración en el proceso global del que forma parte. Para la realización de este Trabajo Fin de Grado se han empleado varios aspectos integradores de las disciplinas de la titulación tales como conocimiento de los materiales, resistencia de los materiales, expresión gráfica, diseño industrial, fundamentos de envase y embalaje, cálculo de resultados mediante el análisis de elementos finitos y proyecto técnicos. Este proyecto tiene una utilidad, un ámbito de uso, y responde a una necesidad del mercado.

El proceso empleado para el desarrollo del un proyecto técnico puede subdividirse en diferentes etapas metodológicas. La naturaleza y la envergadura del proyecto es lo que hace que este proceso tenga que ser completo; que algunas partes posean mayor o menor entidad dentro del conjunto de las mismas, o que, incluso, pueda omitirse alguna por ser no necesaria.

Debido a que este proyecto trata de la construcción de un elemento de protección altamente conocido, es comprensible la omisión de alguna fase del proyecto, ya que es un diseño aceptado y suficientemente probado y de absoluta garantía.

En este proyecto se ha llevado a cabo un estudio conciso de los diferentes materiales que hay en el mercado para la fabricación de envases y embalajes, analizando las características y las ventajas y desventajas de cada uno de ellos.

Tras analizar los materiales que componen el sistema constructivo de embalajes de protección, y las geometrías que ayudan a la defensa del objeto, se ha realizado un diseño, que responde a los objetivos iniciales establecidos. Según los objetivos marcados y a través de unos parámetros definidos, se ha llegado a unas conclusiones objetivas que indican qué embalaje es el que va a responder mejor a la necesidad del mercado.

En primer lugar, se estableció que nuestro proyecto se desarrolla dentro del sector de los embalajes. Una vez definidas las características de los mismos, se realizó un estudio que descartaba una serie de materiales, eligiendo así el poliestireno expandido como la materia prima óptima para llevar a cabo nuestro proyecto

Tras la elección del poliestireno expandido, el proyecto se centró en conocer las características de este material y en realizar los cálculos necesarios para

7. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

obtener un primer diseño de nuestro embalaje que asegurase la protección del producto. Como en nuestro caso la estética jugaba un importante papel, fue necesario el desarrollo de varios diseños con el fin de seleccionar el que mejor se ajustaba a nuestro pliego de condiciones de diseño.

Tras seleccionar un diseño, a partir de los requisitos que debían cumplirse, fue sometido a una serie de ensayos que efectivamente nos hicieran conocer la viabilidad del embalaje. Estos ensayos nos indicaron que el embalaje era apto para la protección del artículo en su interior, sin embargo, en otros ensayos observamos que debíamos modificar algunas características del mismo.

De este modo, hemos podido observar las debilidades o defectos de nuestro diseño, y mediante modificaciones, convertirlas en fortalezas.

A partir del cálculo del coste del embalaje, hemos obtenido un precio muy viable, semejante al de los botelleros ya comercializados que no poseen ninguna carga estética.

Finalmente, se ha realizado un breve estudio económico que refleja el gasto del proyecto. Este se reduce al gasto en horas del ingeniero, utilización de equipos y al pago de licencias por el uso del software especializado

De esta forma se han conseguido alcanzar los objetivos planteados inicialmente para resolver el diseño de un embalaje para la protección de botellas de vidrio en plástico expandido a un coste aceptable y con una estética diferenciadora.

7.2 LÍNEAS FUTURAS

Como primera línea de investigación para el futuro, se propone la realización de ensayos dinámicos que aporten los datos necesarios para corroborar el correcto funcionamiento del embalaje diseñado.

Como segunda línea futura de investigación, se plantea la realización de ensayos de vibraciones, que asegure que no existe riesgo de rotura de la botella al ser transportada empleando un embalaje de espuma de poliestireno expandido.

Como tercera línea futura, se propone la realización de un prototipo del embalaje para ser sometido a ensayos dinámicos.

CAPÍTULO 8

Estudio económico del proyecto...327

8.1. Análisis temporal.....	329
8.2. Costes del personal.....	330
8.3. Costes de material amortizable.....	331
8.4. Costes de mantenimiento.....	333
8.5. Costes de material no amortizable.....	334
8.6. Costes directos totales.....	334



A continuación se detallarán los costes asociados a este proyecto de diseño.

8.1 ANÁLISIS TEMPORAL

Para empezar, se muestra un desglose de las horas empleadas para la realización del proyecto, en función de las diferentes actividades realizadas.

ACTIVIDAD		HORAS
Fase	Subfase	Gradudado
Inicial	Planteamiento de tareas	15
	Recopilación de documentación	40
Desarrollo	Modelado 3D CATIA	50
	Creación de planos CATIA	20
	Revisión de planos CATIA	5
	Cálculos	30
	Revisión de cálculos	10
	Ensayos	40
	Análisis de resultados	5
	Estudio económico	15
	Realización imagen corporativa	10
	Realización de memoria	Creación
Presentación		20
TOTAL		300

Fig. 1. Tabla de horas empleadas en el proyecto.

Gracias a esta tabla obtenemos que las horas trabajadas por el graduado ascienden a 300 horas.

8. ESTUDIO ECONÓMICO DEL PROYECTO

8.2. COSTES DEL PERSONAL

Una vez obtenidas todas las horas trabajadas, se pasa a estimar el conjunto de gastos que ha supuesto la realización de este proyecto.

Concepto	Graduado
Sueldo Bruto más Incentivos	30.000 €
(35%) de Cotización a la Seguridad Social	10.500 €
Total Anual	40.500 €

Fig. 2. Tabla de salario bruto e incentivos

El coste de personal se obtendrá multiplicando el coste horario unitario por el número de horas trabajadas. Se presenta en la siguiente tabla:

Concepto	Graduado
Coste por hora trabajada	22,60 €
Número de horas trabajadas	300
Total Anual	6781 €

Fig. 3. Tabla de costes del personal

8.3. COSTES DE MATERIAL AMORTIZABLE

En este apartado se obtendrá el coste total del conjunto del material empleado durante el proyecto sometido a amortización.

Como material amortizable, se va a considerar los equipos informáticos, tanto el hardware como el software.

En la siguiente tabla (fig. 4) se presentan todos los elementos susceptibles de amortización, así como el valor de la inversión inicial necesaria para adquirir dichos equipos.

Denominación	Importe
Ordenador portátil	500 €
Sistema operativo	150 €
Software Microsoft Office 2007	250 €
Software Catia V5	1000 €
Software Autodesk Inventor Professional 2015	600 €
Software Autodesk 3DS Max Design 2015	600 €

Fig. 4. Precio de compra de material

Una vez conocida la inversión inicial en los diferentes equipos empleados, se procede a calcular el coste de amortización repercutible a los gastos de este proyecto.

Para calcular los costes de amortización, se considerará un modelo de amortización lineal en el tiempo, por lo que el valor de la amortización, se calculará como el cociente entre la diferencia del valor de la inversión inicial y el valor residual, y el número de horas totales de amortización, considerando que también los equipos trabajan en jornadas de ocho horas.

$$A = \left(\frac{Vc - Vr}{T} \right) / H \quad (1)$$

A= Coste de amortización

Vc= Valor de compra

Vr= Valor residual

T= Años de vida

H= Horas de trabajo

8. ESTUDIO ECONÓMICO DEL PROYECTO

Denominación	Tiempo amortización (años)	Valor residual	Coste amortización por hora
Ordenador portátil	2	150 €	0,75 €/hora
Sistema operativo	2	0 €	0,25 €/hora
Software Microsoft Office 2007	2	0 €	0,42 €/hora
Software Catia V5	1	500 €	6,67 €/hora
Software Autodesk Inventor Professional 2015	1	300 €	7,5 €/hora
Software Autodesk 3DS Max Design 2015	1	200 €	6,67 €/hora

Fig. 5. Tabla de amortización

A partir de estos valores se puede calcular el coste total de amortización de los equipos, sin más, que multiplicar los costes horarios de amortización, por el número de horas de utilización de cada equipo.

Denominación	Horas de uso	Coste total de amortización
Ordenador portátil	300	225 €
Sistema operativo	300	75 €
Software Microsoft Office 2007	70	29,4 €
Software Catia V5	70	466,9 €
Software Autodesk Inventor Professional 2015	50	375 €
Software Autodesk 3DS Max Design 2015	30	200,1 €

Fig. 6. Tabla de coste total de amortización

Por lo tanto, los costes totales de amortización ascienden a **1371,4 €**.

8.4. COSTES DE MANTENIMIENTO

Es también necesario añadir, a los costes del proyecto, los costes que suponen el mantenimiento y actualización de programas y equipos.

Denominación	Coste anual de mantenimiento y actualización	Coste horario de mantenimiento y actualización
Ordenador portátil	50 €	0,15 €/hora
Sistema operativo	0	0
Software Microsoft Office 2007	0	0
Software Catia V5	0	0
Software Autodesk Inventor Professional 2015	0	0
Software Autodesk 3DS Max Design 2015	0	0

Fig. 7. Tabla de mantenimiento

De la misma manera a como se realizó en apartados anteriores, el costo repercutible, por este concepto, sobre el proyecto en cuestión, será, el coste horario unitario, por el número total de horas empleadas, en cada equipo, para realizar el proyecto.

Denominación	Horas de uso	Coste total de mantenimiento y actualización
Ordenador portátil	300	8 €
Sistema operativo	300	0 €
Software Microsoft Office 2007	70	0 €
Software Catia V5	70	0 €
Software Autodesk Inventor Professional 2015	50	0 €
Software Autodesk 3DS Max Design 2015	30	0 €

Fig. 8. Coste total de mantenimiento

Los costes totales de mantenimiento y actualización ascienden a **8 €**.

8.5. COSTES DE MATERIAL NO AMORTIZABLE

Concepto	Coste de material no amortizable
Desplazamientos	70 €

Fig. 9. Costes de material no amortizable

8.6. COSTES DIRECTOS TOTALES

Para finalizar este estudio, se calcula el coste total, en el que se ha incurrido durante la realización de este proyecto, sin más, que sumar los costes totales directos e indirectos, y asumiendo la hipótesis, de que no existe ningún beneficio económico empresarial declarable:

Concepto	Costes Totales
Costes directos totales	8230,4 €
Beneficio económico empresarial	0 €
Costes Totales del Proyecto	8230,4 €

Fig. 10. Costes totales del proyecto

CAPÍTULO 9

Bibliografía	337
9.1. De carácter académico.....	337
9.2. De carácter normativo.....	337
9.3. Libros.....	339
9.4. Guías.....	340
9.5. Páginas web.....	341



9.1. BIBLIOGRAFÍA DE CARÁCTER ACADÉMICO

Los libros, publicaciones, tomos de enseñanza utilizados en el transcurso de la carrera, así como elementos de divulgación que han servido para el desarrollo del proyecto son citados a continuación.

- Magdaleno Martín, Jesús. *Diseño mecánico*. 2015-2016.
- Magdaleno Martín, Jesús; Requejo, Estrella; *Resistencia de materiales*. 2014-2015.
- Martín Pedrosa, Fernando. *Materiales*. 2013-2014.
- Blanco Caballero, Moisés; Jiménez Gómez, María Isabel; Zulueta Pérez, Patricia. *Oficina Técnica*, 2015-2016.
- Rebotto, Enrique; Martín Novoa, Emilio. *Dibujo Industrial*, 2013-2014.
- Geijo Barrientos, José Manuel; *Envase y Embalaje*, 2014-2015.
- López Ruiz, Roberto; *Procesos Avanzados de Fabricación*, 2015-2016.

9.2. BIBLIOGRAFÍA DE CARÁCTER NORMATIVO

-ASTM D3332, 1999, *Standard Test Methods for Mechanical-Shock Fragility of Productos, Using Shock Machines*.

-UNE-EN 12090, 2013. *Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Determinación del comportamiento a cortante*.

-UNE-EN 13793, 2008. *Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Determinación del comportamiento bajo cargas cíclicas*.

-UNE-EN 1606, 2013. *Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Determinación de la fluencia a compresión*.

-UNE-EN 12089, 2013. *Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Determinación del comportamiento a flexión*.

-UNE-EN 1607, 2013. *Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Determinación de la resistencia a tracción perpendicular a las caras*.

-UNE-EN 823, 2013. *Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Determinación del espesor*.

9. BIBLIOGRAFÍA

- UNE-EN 822, 2013. *Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Determinación de la longitud y de la anchura.*
- UNE-EN ISO 2244, 2003. *Envases y embalajes. Embalajes de expedición completos y llenos y unidades de carga. Ensayos de impacto horizontal.*
- UNE-EN ISO 2234, 2003. *Envases y embalajes. Embalajes de expedición completos y llenos y unidades de carga. Ensayos de apilamiento usando una carga estática.*
- UNE- EN 22248, 1994. *Embalajes de expedición completos y llenos. Ensayo de choque vertical por caída libre.*
- UNE-EN ISO 12048 2001. *Envases y embalajes. Embalajes de expedición completos y llenos. Ensayos de compresión y apilamiento utilizando una máquina de ensayo de compresión.*
- UNE-EN 13163, 2013. *Productos aislantes térmicos para aplicaciones en la edificación. Productos manufacturados de poliestireno expandido (EPS). Especificación.*

9.3. LIBROS

- Goodwin, D. & Young, D. (2010), *Protective Packaging for Distribution*, U.S., Destech Publications.
- Soroka, W., (2008), *Illustrated Glossary of Packaging Terminology*, U.S., Destech Publications.
- Podofillini, L., Sudret, B., Stojadinovic, B., Zio, E., Kröger, W. (2015), *Safety and Reliability of Complex Engineered Systems*, Zurich, Suiza, CRC Press.
- De Silva, W., (2005), *Vibration and Shock Handbook*, CRC Press.
- Paine, F., (2012), *The Packaging Use's Handbook*, Michigan, U.S., Blackie Academic & Professional.
- Coles, R. & Kirwan, M. (2011), *Food and Beverage Packaging Technology*, Oxford, Inglaterra, Blackwell Publishing Ltd.
- Board, N., (2010), *Handbook on Modern Packaging Industries*, Delhi, India, Asia Pacific Business Press Inc.
- Mills, N., (2007), *Polymer Foams Handbook*, Oxford, Inglaterra, Elsevier Ltd.
- Navarro Javierre, P., García-Romeu, M., Alcaraz, J., de la Cruz, E., Martínez, A., Ferreira, B., Hortal, M., (2007), *Guía Práctica de Diseño de Envases y Embalajes para la Distribución de Productos*, Valencia, España.
- ORDOVAS et al., (1992). *Utilización de los subproductos de la industria del corcho como sustrato hortícola en semilleros de sandía*. Actas de las III Jornadas Nacionales y I Iberoamericanas de Cultivos Protegidos, Almería, España.

9.4. GUÍAS

- *Información Técnica Styropor*, BASF, (2001), Ludwigshafen, Alemania.
- *Libro Blanco del EPS, Documento de Antecedentes para la Normalización Europea del EPS*, ANAPE, (2003), Madrid, España.
- *Soluciones con Aislamiento de Poliestireno*, (2008), Ministerio de España, Madrid, España.
- Brizuela, L., Delucchi, D., (2003), *Informe sobre Materiales Amortiguantes*, CITENEM, Buenos Aires, Argentina.
- Rodríguez Roel, R., *Guía de Seguridad en procesos de Almacenamiento y Manejo de Cargas*, España, FREMAP.
- *Método de las 6 Etapas*, Applus Formación.

9.5. PÁGINAS WEB

1. Universidad de Valladolid. (2008). *Inyección en molde*. Recuperado el 10 de septiembre de 2016, de:
http://www.eis.uva.es/~macromol/curso07-08/inyeccion/el_molde.html
2. DOW. (2015). Proceso de Molde Por Inyección. Recuperado el 11 de septiembre de 2016, de:
<http://www.dow.com/polyethylene/la/es/fab/molding/improcess.htm>
3. TECOTUR. (2015). División de construcción. Recuperado el 10 de mayo de 2016, de:
<http://www.tecotur.com/>
4. Quality Foam Packaging (2015). Package Design Guide. Recuperado el 20 de septiembre de 2016, de:
<http://www.qualityfoam.com/package-design-guide-1.asp>
5. SimPak International. (2015). Protective Packaging 101: Defining Fragility Levels. Recuperado el 21 de septiembre de 2016, de:
<http://simpakinternational.com/2012/11/protective-packaging-101-defining-fragility-levelsclassifications/>
6. West Pack. (2005). Product shock fragility testing. Recuperado el 22 de septiembre de 2016, de:
http://www.westpak.com/images/pdf/16_product_shock_fragility_testing_acquistion_use.pdf
7. EPS Industry. (2014). Cushion Curve. Recuperado el 22 de septiembre de 2016, de: <http://www.epsindustry.org/packaging/cushion-curve>
8. Formas Recicladas, S.L. (2010). El corcho blanco. Recuperado el 1 de octubre de 2016, de: <http://www.corchoblanco.com/>

9. BIBLIOGRAFÍA

9. SERINA. (2014). Propiedades físicas del EPS. Recuperado el 1 de octubre de 2016, de :
<http://www.serina.es/escaparate/verpagina.cgi?idpagina=2947&refcompra=NULO>

10. Michigan Foam. (2008). Selected Engineering Properties and Applications of EPS Geofoam. Recuperado el 2 de octubre de 2016, de:
http://www.michiganfoam.com/docs/eps_geofoam_selected_engineering_properties.pdf

11. Grupo Valero. (2013). Propiedades del EPS como aislante sonoro. Recuperado el 3 de octubre de 2016, de:
<http://www.grupovalero.com/blog/i/243/173/propiedades-del-eps-poliestireno-expandido-como-aislante-sonoro>

12. Asociación Nacional del Poliestireno Expandido. (2013). Envase y Embalaje. Recuperado el 3 de octubre de 2016, de:
<http://www.envase-eps.com/>

13. UTILBOX. (2009). El EPS en la Ingeniería Civil. Recuperado el 4 de octubre de 2016, de:
http://www.utilbox.es/downloads/prd/oc_a_Ingenieria_Civil.pdf

14. West Pak. (2013). Overpackaging. Recuperado el 6 de octubre de 2016, de:
http://www.westpak.com/images/pdf/20_overpackaging_throwing_a_way_money.pdf

15. Scridb. (2014). Five Step Packaging Development. Recuperado el 12 de octubre de 2016, de:
<https://es.scribd.com/document/210522053/Five-5-Step-Packaging-Development>
16. Lansmont. (2013). Six Step Method for Cushioned Package Development. Recuperado el 30 de septiembre de 2016, de:
<http://www.lansmont.com/resources/six-step-method/six-step-method-step-1/>
17. IMPEE. (2009). Método EMPEE para calcular el material de amortiguamiento de un embalaje. Recuperado el 3 de octubre de 2016, de:
<http://www.elempaque.com/temas/Metodo-IMPEE-para-calcular-el-material-de-amortiguamiento-de-un-embalaje+4074003>
18. Escuela de catas de Alicante. (2011). Conoce los tamaños y formas de las botellas de vino. Recuperado el 20 de octubre de 2016, de:
<http://www.escueladecatas.com/conoce-los-tamanos-y-formas-de-las-botellas-de-vino/>
19. Verema. (2016). El maravilloso mundo de las botellas de vino, by Tempranilla Jones. Recuperado el 30 de octubre de 2016 de:
<https://www.verema.com/blog/el-joven-baco/1354267-maravilloso-mundo-botellas-vino-by-tempranilla-jones>
20. Modular4kc.com. (2010). Nice Package. Nice rack. Wine for packaging for Domaine Gerovasilliou. Recuperado el 2 de noviembre de 2016, de:
<https://modular4kc.com/2010/09/27/nice-package-nice-rack-wine-packaging-for-domaine-gerovasilliou/>

9. BIBLIOGRAFÍA

21. Ababilis. (2010). Wine rack. Recuperado el 2 de noviembre de 2016, de:
<http://www.ababilis.com/en/work/votrys>
22. Revistaad. (2015). Visita guiada por tapas. Recuperado el 3 de noviembre de 2016, de:
<http://www.revistaad.es/arte/galerias/tapas-spanish-design-for-food-exposicion-matadero-madrid/7600/image/595471>
23. IKEA. (2016). Botellero Hutten. Recuperado el 2 de mayo de 2016 de:
<http://www.ikea.com/es/es/catalog/products/70032451/>
24. La Oca. (2016). Botellero multicargo en negro. Recuperado el 3 de noviembre de 2016, de: <http://www.laoca.es/es/p/orden-en-casa/almacenaje-1/botelleros/botellero-multicargo-negro>
25. Storopack. (2016). Perfect Protective Packaging. Recuperado el 20 de noviembre de 2016, de: <http://www.storopack.es/es.html>
26. Aidima. (2014). Simulación de transporte. Recuperado el 30 de noviembre de 2016, de:
http://www.aidima.es/embalaje/iniciomenu_embalaje.asp?opcion=3.4.1.2.2&link=../servicios/et/SimulacionTransporte.htm
27. Matweb. (2016). EPS. Recuperado el 1 de diciembre de 2016, de:
<http://www.matweb.com/search/QuickText.aspx?SearchText=eps>
28. Westpak. (2016). Package Drop Testing. Recuperado el 3 de diciembre de 2016, de:
[://wenku.baidu.com/view/a876d648cf84b9d528ea7a74.html](http://wenku.baidu.com/view/a876d648cf84b9d528ea7a74.html)
29. ASTM. (2016). D3332. Recuperado el 15 de octubre de 2016, de:
<https://www.astm.org/Standards/D3332.htm>

30. AENOR. (2016). Envases y embalajes. Aspectos horizontales y de gestión ambiental. Recuperado el 10 de diciembre de 2016, de: <https://www.aenor.es/aenor/normas/ctn/fichactn.asp?codigonorm=AN/CTN%2049&pagina=6#.WFW3IFPhDIV>
31. Ainia. (2015). Botellas de vidrio. Recuperado el 20 de octubre de 2016, de: <http://www.guiaenvase.com/bases/guiaenvase.nsf/V02wp/D24C96B9564E2A4EC1256F250063FAA3?Opendocument>
32. Hyperphysics. (2008). ¿Qué botella tiene la mayor frecuencia de resonancia?. Recuperado el 20 de septiembre de 2016. <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/waves/coke3.html>
33. TecniAcustica. (1996). Absorción de los resonadores de Helmholtz. Recuperado el 20 de septiembre de 2016, de: http://sea-acustica.es/fileadmin/publicaciones/publicaciones_4355ev013.pdf

ANEXOS

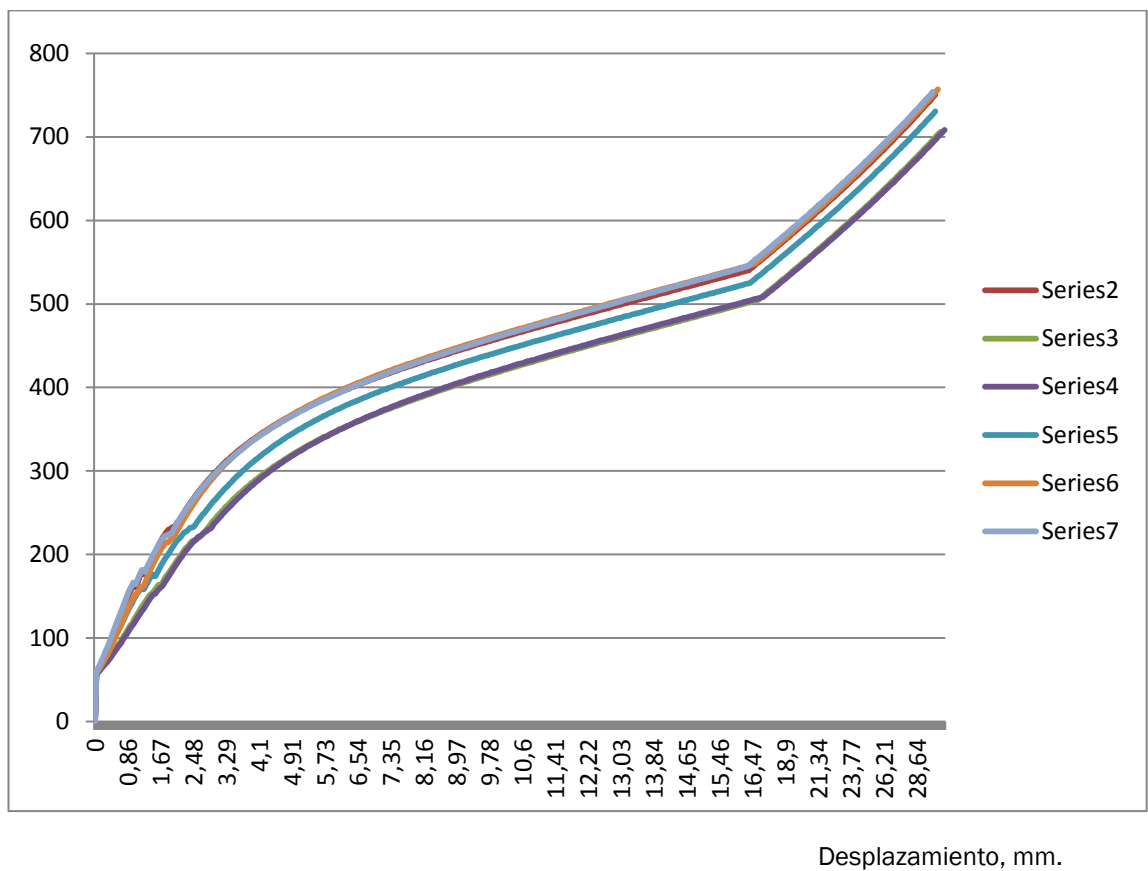
ANEXO I: Ensayo compresión probetas	349
ANEXO II: Estudio experimental en embalajes existentes	353
1. Ensayo de caída libre sobre botellero con caja de cartón.....	353
2. Ensayo de caída libre sobre botellero de EPS.....	357
3. Ensayo de compresión sobre caja.....	360
ANEXO III: Catálogo embalajes 2016	361
ANEXO IV: Catálogo presentación de Diamante Packaging	399
ANEXO V: Tablas de datos sobre aislamiento térmico	417
ANEXO VI: Matriz MET	419
ANEXO VII: Diagrama de Gantt	421



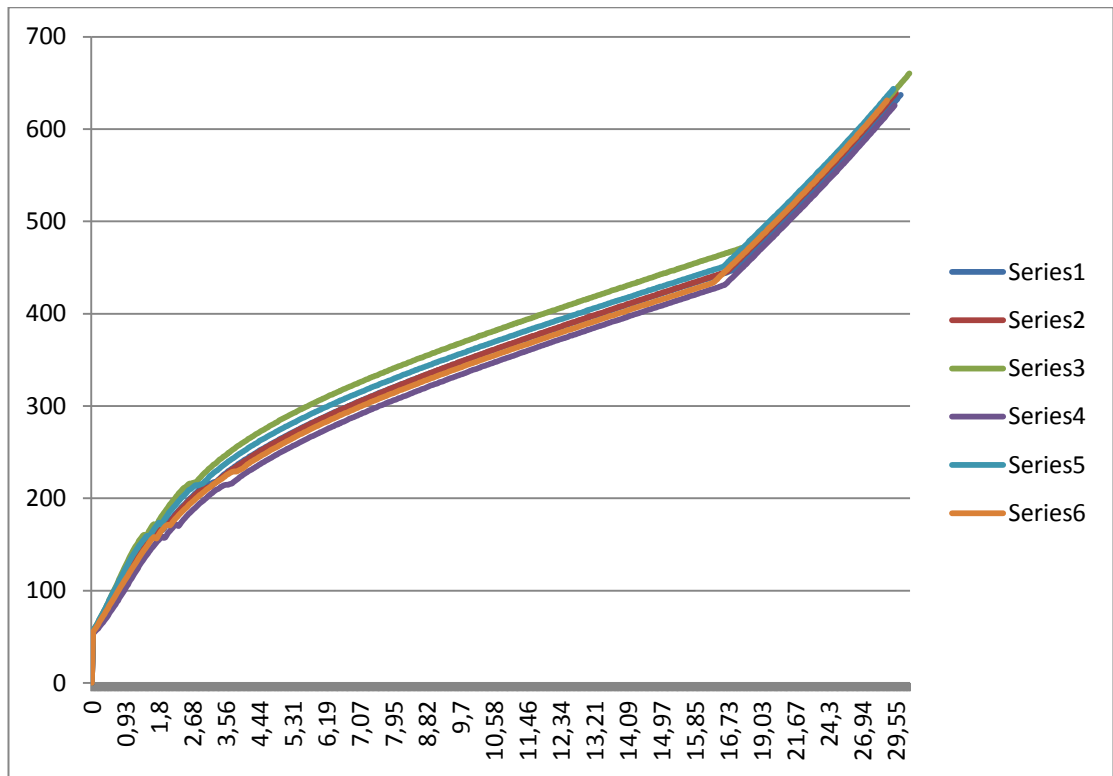
ANEXO I. ENSAYOS DE COMPRESIÓN SOBRE PROBETAS

Las dimensiones de las probetas de ensayos son de 200x50x100 mm. Los ensayos se realizan apoyando la probeta sobre la cara de 200x50 mm y presionando, con lo que la variación se produce sobre una distancia de 100 mm. Todas las probetas han sido comprimidas un 30% de su tamaño, habiéndose ensayado seis o siete probetas por densidad. Muestran el desplazamiento de las muestras frente a la fuerza la que han sido sometidas. Estos datos han sido proporcionados por TURQUEPLAST SL.

Material con densidad 9 kg/m³ sin reciclado

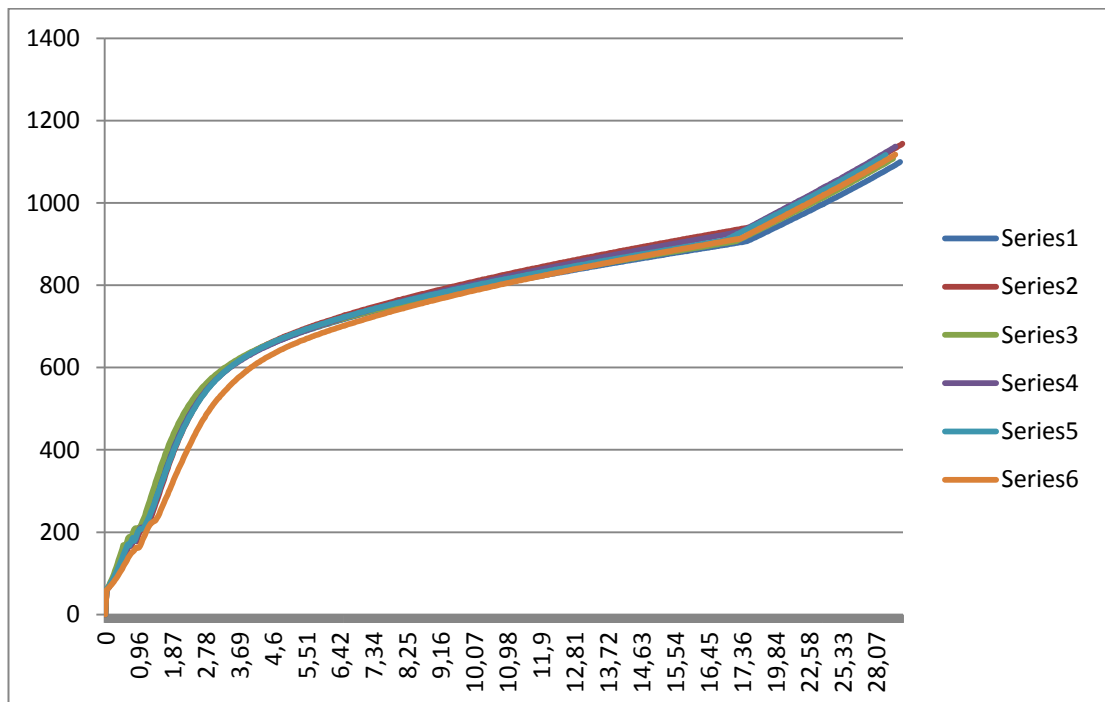


Material con densidad 10 Kg/m³ y reciclado en su composición



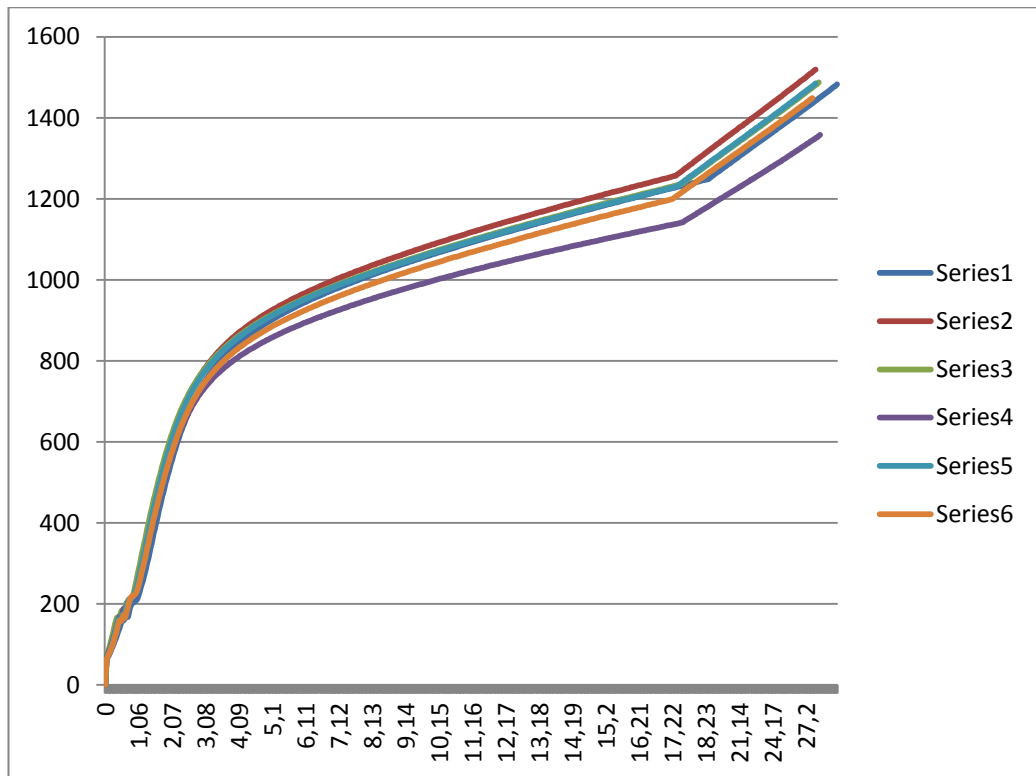
Desplazamiento, mm.

Material con densidad 14.5 kg/m³ sin reciclado



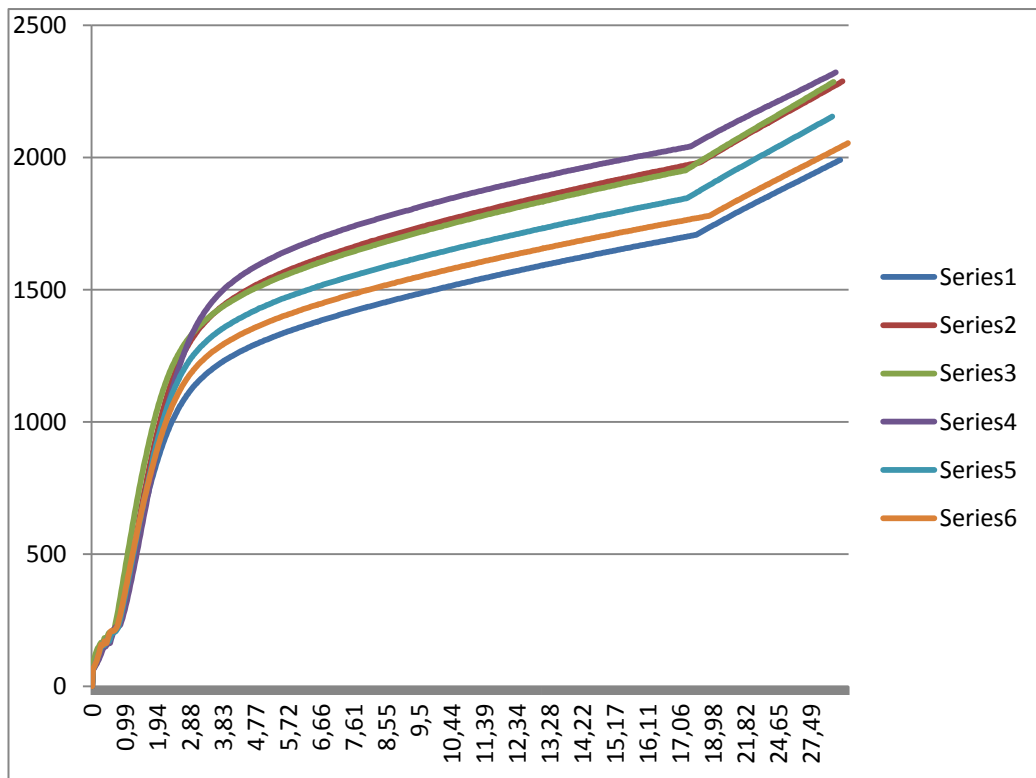
Desplazamiento, mm.

Material con densidad 18.25 kg/m³ sin reciclado

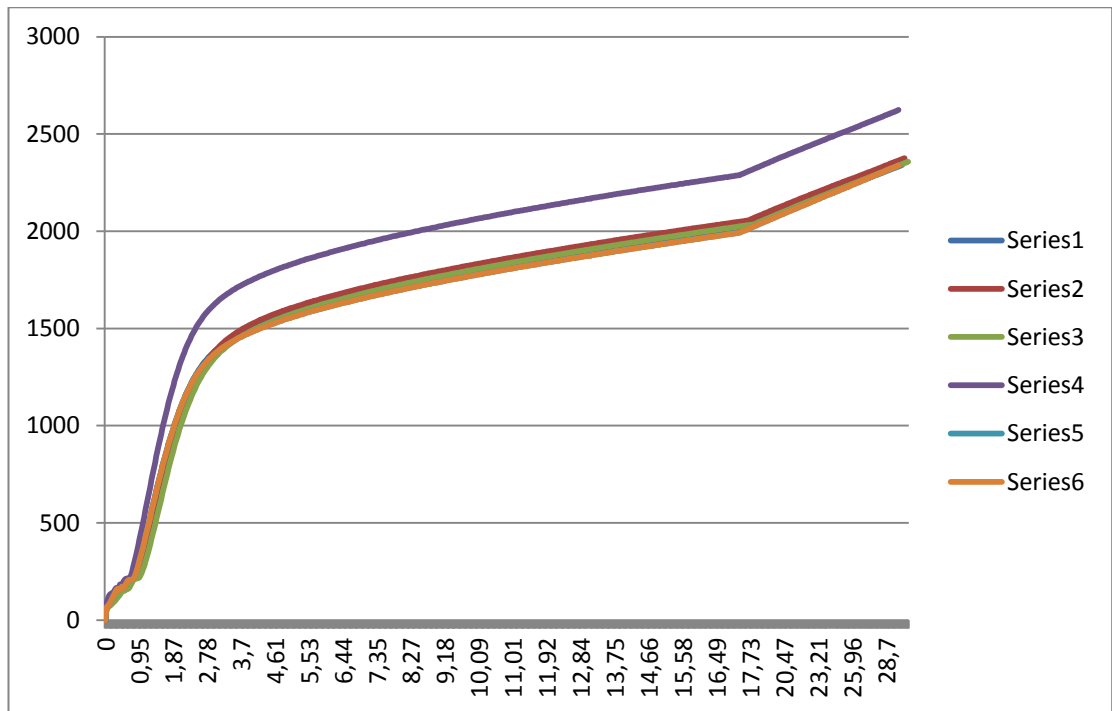


Desplazamiento, mm.

Material con densidad 24.15 kg/m³ sin reciclado



Material con densidad 25.6 kg/m³ sin reciclado



Desplazamiento, mm.

ANEXO II. ESTUDIO EXPERIMENTAL DE EMBALAJES EXISTENTES EN EL MERCADO

1. ENSAYO DE CAÍDA LIBRE SOBRE BOTELLERO CON CAJA TURQUEPLAST

Está compuesto por una caja de cartón dentro de la cuál encontramos una base y una tapa de poliestireno expandido, así como el cuerpo que rodea a la botella. El cuello de la botella también está recubierto por un cuerpo prismático del mismo material. El cuerpo está realizado mediante un mecanizado, y contiene una abertura vertical que permite abarcar la forma de una gran variedad de botellas. Así mismo contiene una serie de hendiduras, que lo hacen mucho más flexible. En su interior se colocan botellas bordalesas de 0,75L llenas y la caja es asegurada con cinta aislante.



Las dimensiones son:

- Base y tapa: 12x12x2 cm por cada cuerpo. Para capacidad de 3 unidades será una plancha de 12x36x2cm. Se utilizan dos por botella.

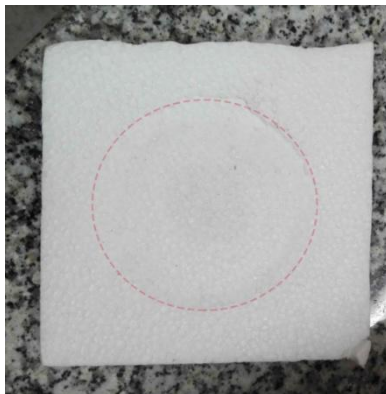
- Protección cuello: Las dimensiones exteriores son de 7,3x7,3x9 cm y las interiores de 3,5x3,5x9cm; por lo tanto el grosor aproximado es de 3,3 cm. Se emplea una por botella.
- Protección cuerpo: Las dimensiones exteriores aproximadas son de 12x12x33 cm e interiores de 8x8x33 cm. Se emplea una unidad por botella.



Protección base/tapa; cuello; cuerpo.

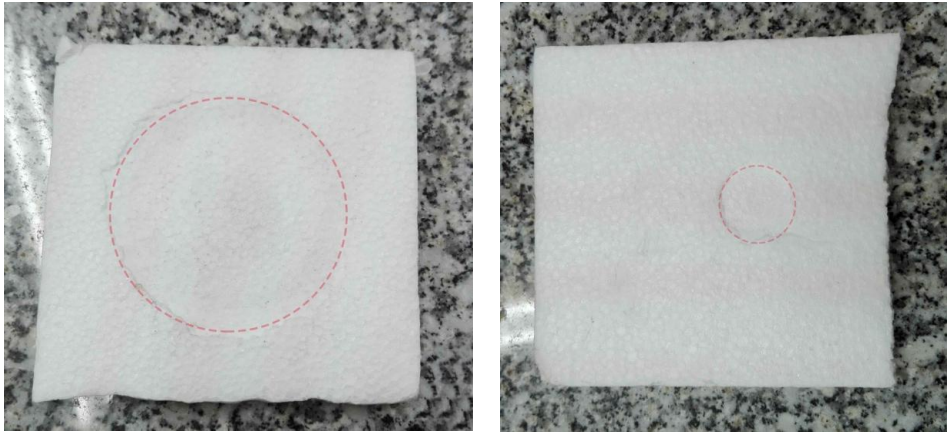
A) Capacidad 1 unidad

1. En primer lugar se tiró el conjunto verticalmente sobre su base desde una altura de 0,5 metros. La botella no sufrió daños, el único daño visible fue sufrido por la base de EPS, la cual presentaba una deformación permanente. Este daño no impide el uso del embalaje tras una caída.



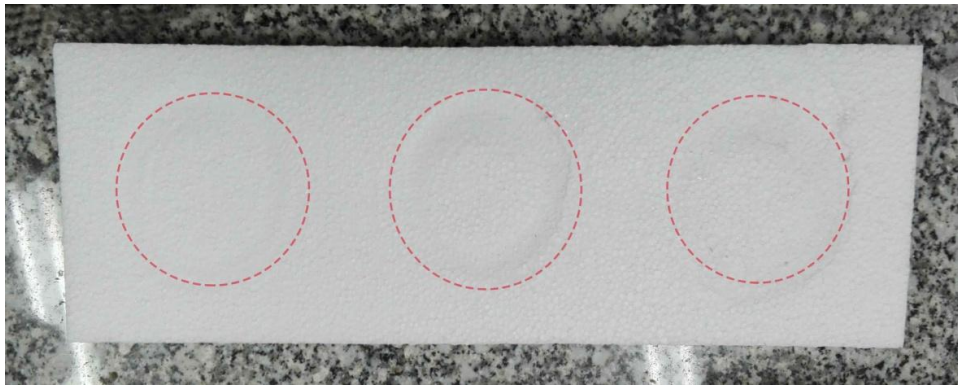
2. En segundo lugar se repitió el primer ensayo pero dejando caer el embalaje sobre una de sus caras horizontalmente. No se registraron daños.
3. Se repite el ensayo 1 con una altura de 0,8 metros. La botella tampoco sufre daño alguno. Se deforma tanto la base como la tapa de EPS del embalaje.
4. Se repite el ensayo 2, con una altura de 0,8m. La botella no sufre daños, pero la base del embalaje se deforma.

5. Por último, se soltó el embalaje desde una altura de 0,8 metros, intentando hacerlo caer sobre una de sus esquinas. Lo ocurrido es curioso, ya que durante el tiempo que se encuentra en caída, el embalaje se va equilibrando de manera que, al tocar el suelo, lo hace sobre una de sus aristas. En este caso observamos una deformación permanente en la base y en la tapa de la botella, debido a los rebotes de la botella; La botella no sufre daños.



B) Capacidad 3 unidades

1. Se deja caer el botellero verticalmente de una altura de 0,5m. El fondo de EPS sufre una deformación. La botella no sufre daños.



2. Se suelta el conjunto desde una altura de 0,5m cayendo sobre una de sus caras con mayor área. No existen daños ni en el embalaje ni en la botella.
3. Se repite el primer ensayo desde una altura de 0,8m. Se obtienen los mismos resultados: la botella intacta, pero la base se deforma.
4. Repetición del ensayo 2, aumentando la altura hasta 0,8 m. No se obtiene ningún daño.
5. Se lanza el botellero sobre una esquina a una altura de 0,8 m. Debido al gran impacto, las botellas rebotan sobre la base de EPS, chocan

ANEXO II

estudio experimental de embalajes existentes en el mercado

contra la tapa y logran desprender la cinta adhesiva. Debido a esto, la tapa del material celular sufre una rotura. A pesar de ello, las botellas no consiguen salir del embalaje y no sufren rotura.



2. ENSAYO DE CAÍDA LIBRE SOBRE BOTELLERO DE EPS TURQUEPLAST

Este botellero está compuesto por una base y una tapa de diferente geometría que aíslan las botellas del exterior de manera perfecta. Posee una capacidad de 12 botellas. Las cavidades interiores son hexagonales y permiten una buena sujeción de los diferentes tipos de botellas. Los espacios entre estas cavidades poseen refuerzos que aportan una gran resistencia al conjunto.



Para los ensayos se emplearon un total de 5 botellas llenas repartidas por las diferentes cavidades. No se emplearon más botellas debido a la dificultad existente para una persona el levantarlas cierta altura debido a su peso.

Se puede pensar que al usar menos botellas es un ensayo menos crítico, pero dependerá del tipo de ensayo. Por ejemplo si la caída de las botellas es horizontal, puede llegar a ser más crítico, ya que al permanecer algunas cavidades vacías, la fuerza ejercida, como no es parada por la superficie de la botella, puede llegar a romper esas zonas.

También se emplea una cinta adhesiva que una ambas partes. Debido a los impactos, las botellas rebotan y la tapa se desensambla. Esto es un dato muy a tener en cuenta, puesto que observamos un error de diseño del botellero.

Las dimensiones generales son:

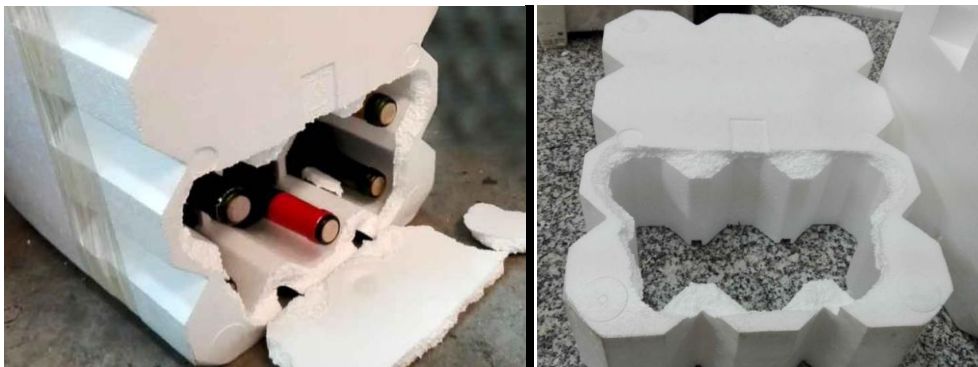
- Base: Posee una cara principal de 38x29 cm. La altura es de 24 cm. El grosor de la parte inferior y de las paredes es de 12mm.
- Tapa: Las dimensiones generales son de 38x29cm. La altura es de 12cm y el grosor de la parte superior y de las paredes de 12mm.

Las solicitaciones a las que fue sometido son las siguientes:

1. Se comienza con una caída desde 0,5m de altura sobre la base principal. La base del botellero en las cavidades que contiene botellas sufre una deformación permanente, pero ninguno de los artículos sufre daños.
2. Se deja caer sobre una cara lateral desde 0,5m. Se emplea cinta para asegurar que las diferentes partes no se separen durante el impacto. Las botellas no sufren daños.
3. Se deja caer sobre la otra cara lateral desde 0,5m. Tampoco se observan daños.
4. Se deja caer sobre una esquina inferior desde una altura de 0,5m. Las botellas están intactas, pero la esquina del embalaje sufre una compresión permanente.



5. Se deja caer el conjunto sobre un lateral desde una altura de 0,8 m. Impacta en el suelo sobre una arista y una de las botellas golpea la tapa con el cuello y la rompe. A pesar de ello, el producto no sufre roturas.



A partir de estos ensayos, podemos decir que el embalaje sí protege convenientemente a las botellas. Entre estos se incluían ensayos de caída sobre sus esquinas; estos siempre son los más críticos. Además, el seguir empleando el embalaje tras las caídas ensayadas es viable, ya que los daños sufridos por el mismo son mínimos; tras las caídas el material perderá capacidad amortiguadora, pero teniendo en cuenta de que estadísticamente,

que se produzca una caída desde una gran altura de un producto es baja, podemos decir que este embalaje protege a la perfección a las botellas.

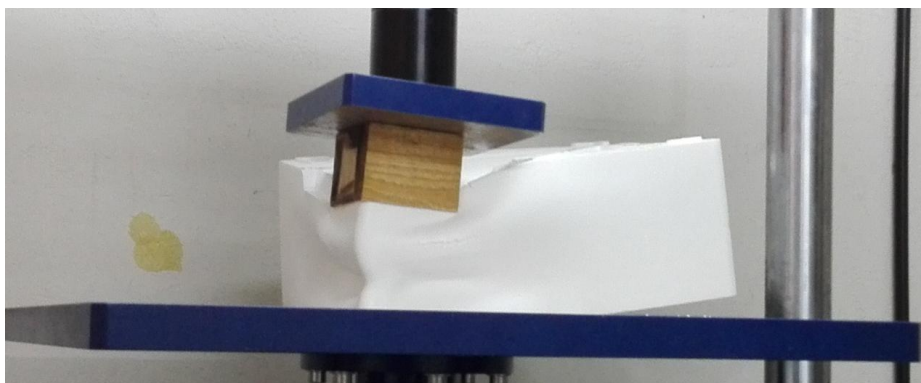
En los casos de estos dos embalajes, grosores tan bajos como los empleados, 12mm-20mm, funcionan a la perfección evitando las roturas de los elementos interiores y en algunos casos del propio embalaje.

3. ENSAYO DE COMPRESIÓN SOBRE CAJA DE PESCADO

Está formada por una geometría simple. Contiene una cruz que aporta mayor resistencia al fondo; el grosor del fondo es de 20mm en la zona anterior y de 15mm en el resto. La altura es de 16 cm.

1. En primer lugar, se coloca la caja con el fondo hacia arriba y se le va sometiendo a una fuerza de compresión ejercida por el cabezal de la máquina. Antes de su rotura, la fuerza máxima que soportó fue de 3234N, es decir, un peso de 330 kg. El desplazamiento que sufrió fue de 30mm. Estas cajas de pescado están diseñadas para contener aproximadamente unos 10 kg de pescado, por lo que van a aguantar las exigencias del mercado de manera correcta.

2. A continuación, se sometió a la caja a una compresión desde el fondo y sobre la esquina. Antes de la rotura, la fuerza fue de 639 N, es decir un peso de 80 kg. Teniendo 4 esquinas, el peso se cuadruplica hasta 240 kg. Estos elementos van a estar apilados por lo que deberán soportar el peso de las cajas superiores. Según los resultados obtenidos, y suponiendo que cada caja de pescado contiene unos 10kg, podrían apilarse hasta 24 cajas. En la realidad esto nunca se dará, ya que apilar tantas cajas no es tan manipulable; generalmente se apilan 10 cajas.





ANEXO III
CATÁLOGO
BOTELLEROS EPS
2016



TURQUEPLAST

Innovación en Envase y Embalaje

Virginia Faúndez Barroso

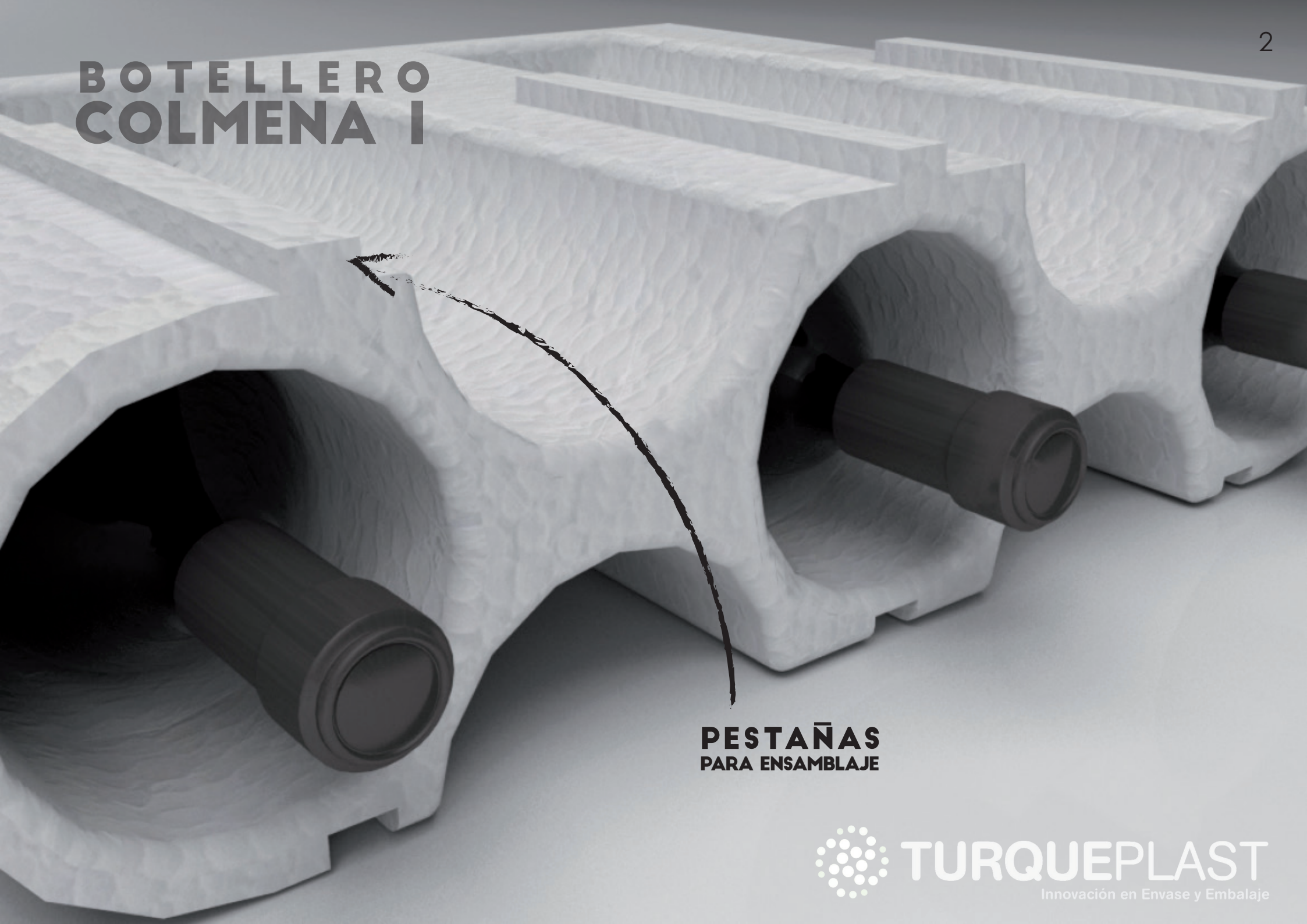
BOTELLERO COLMENA I



**PESTAÑAS
ENSAMBLAJE**

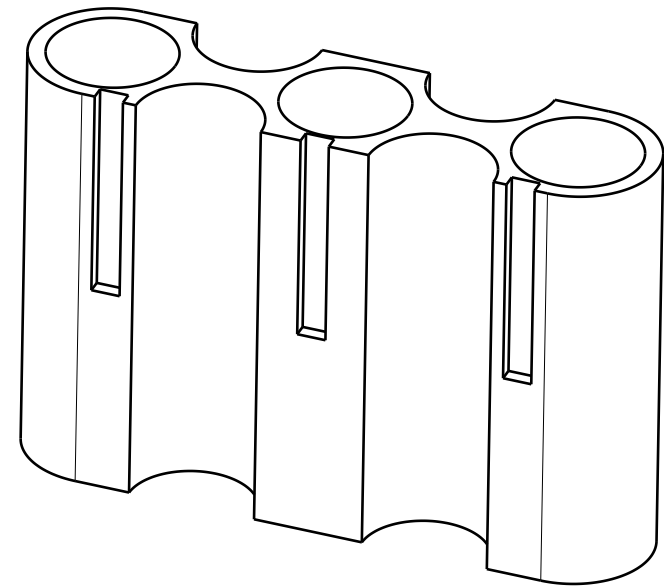
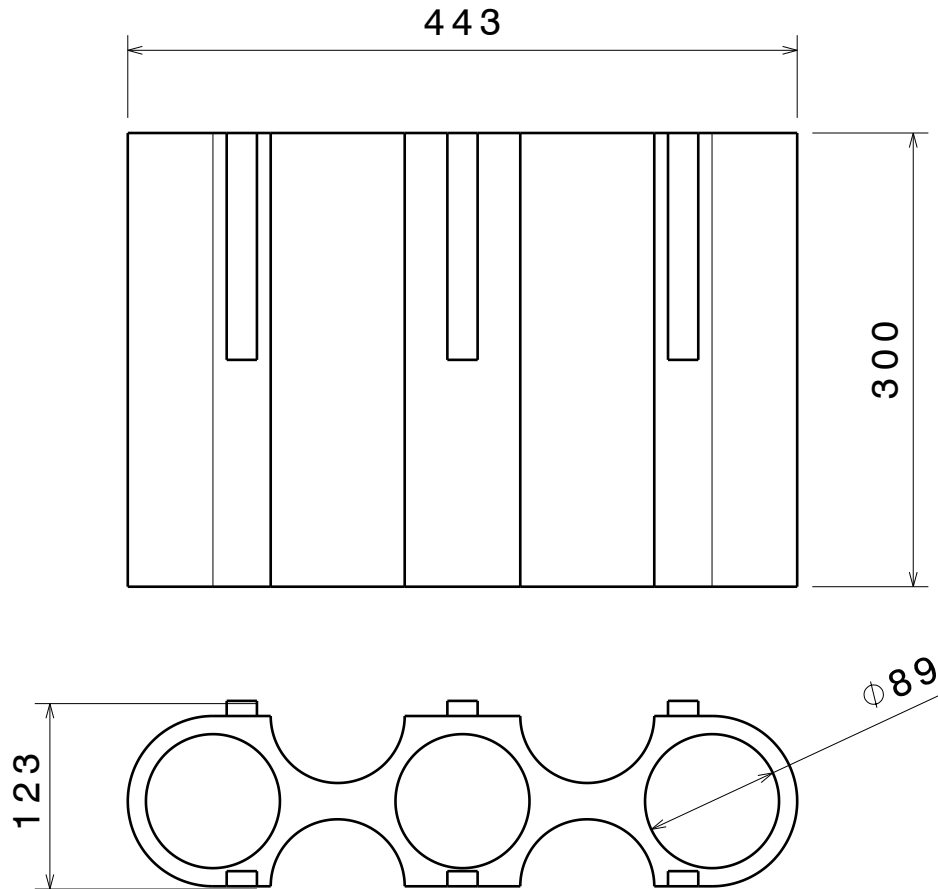
**POSICIONABLE
HORIZONTAL Y VERTICALMENTE**

BOTELLERO COLMENA I



**PESTAÑAS
PARA ENSAMBLAJE**

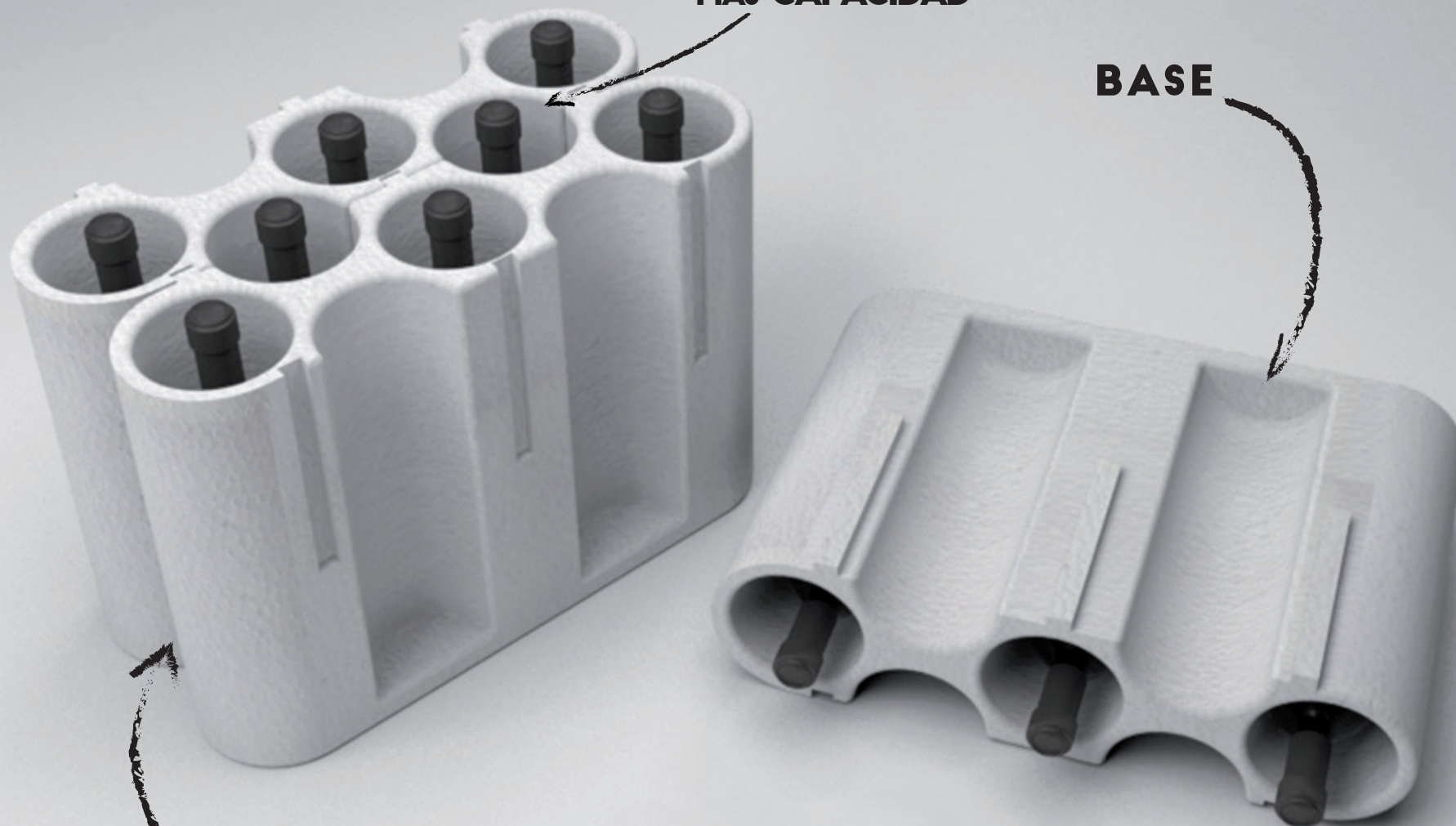
BOTELLERO COLMENA I



BOTELLERO COLMENA II

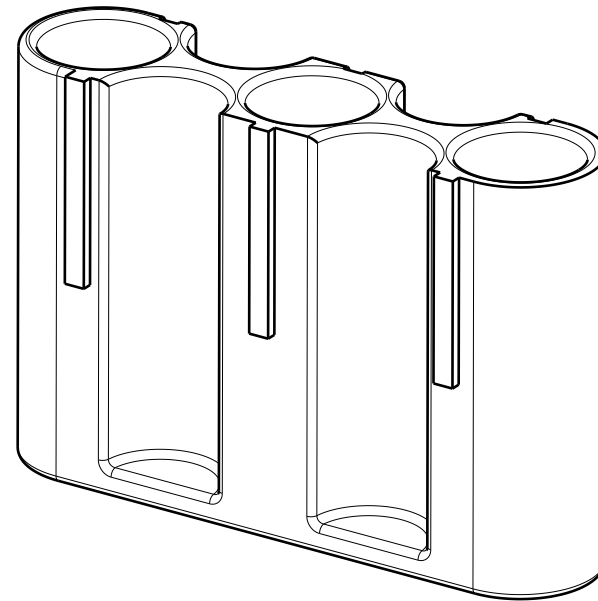
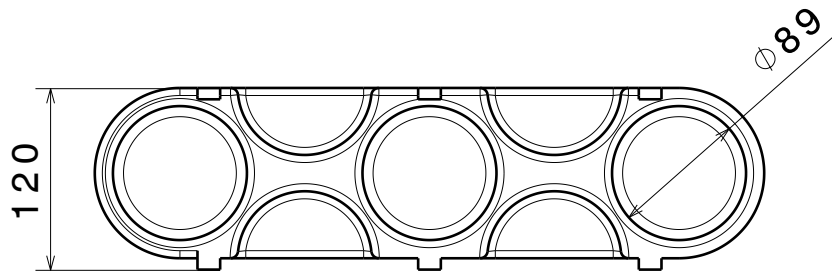
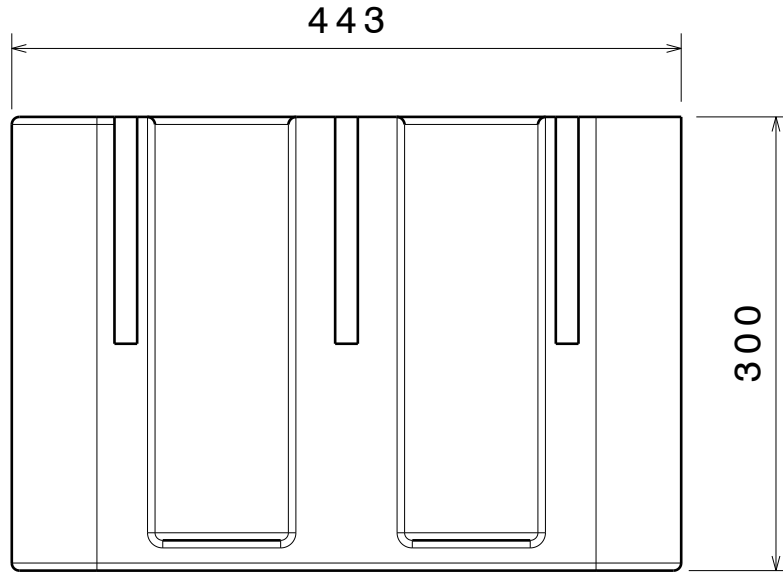
CON UNIÓN
MÁS CAPACIDAD

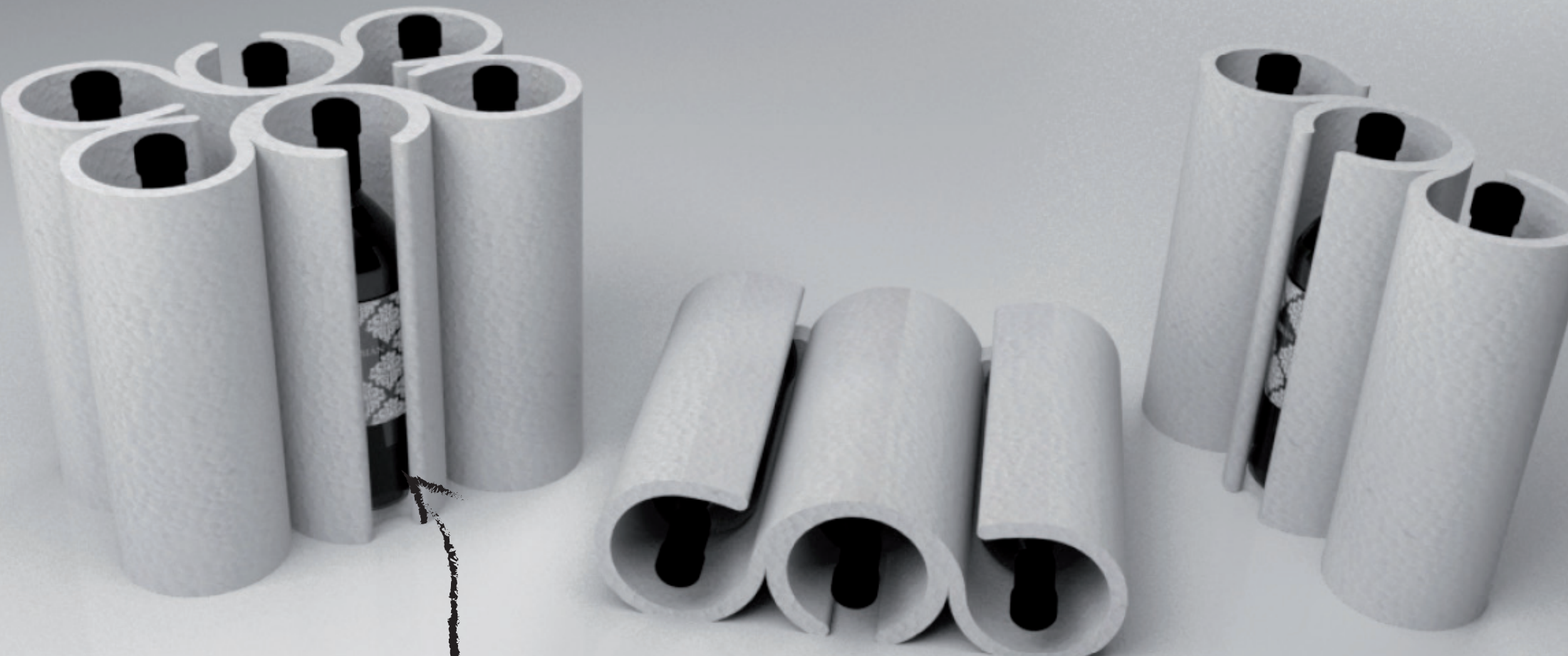
BASE



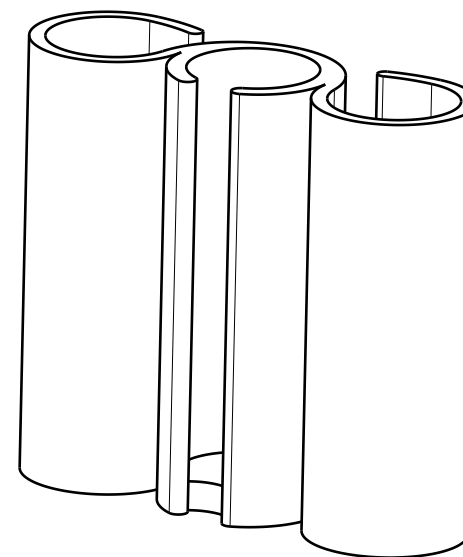
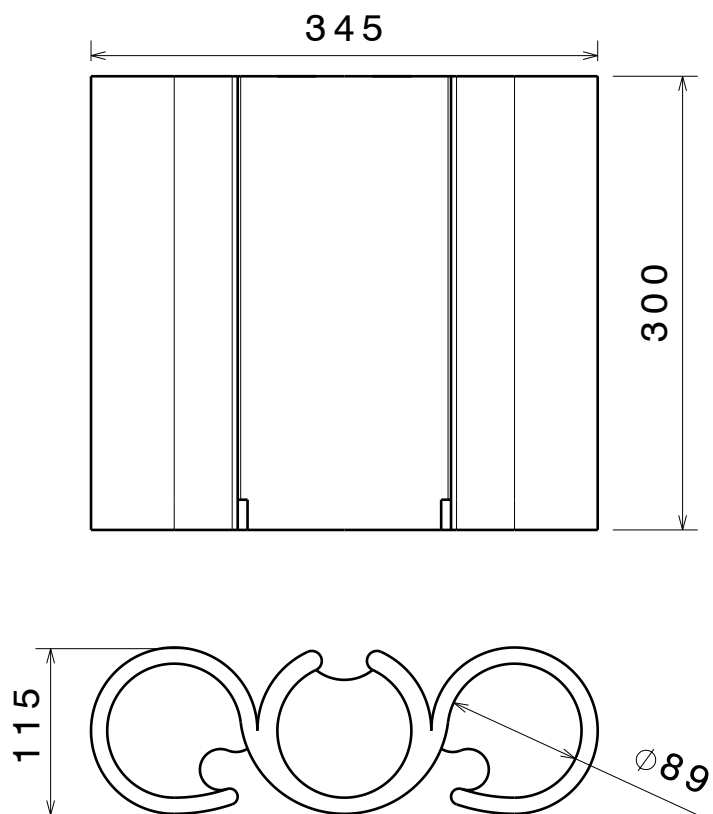
POSICIONABLE
HORIZONTAL Y VERTICALMENTE

BOTELLERO COLMENA II



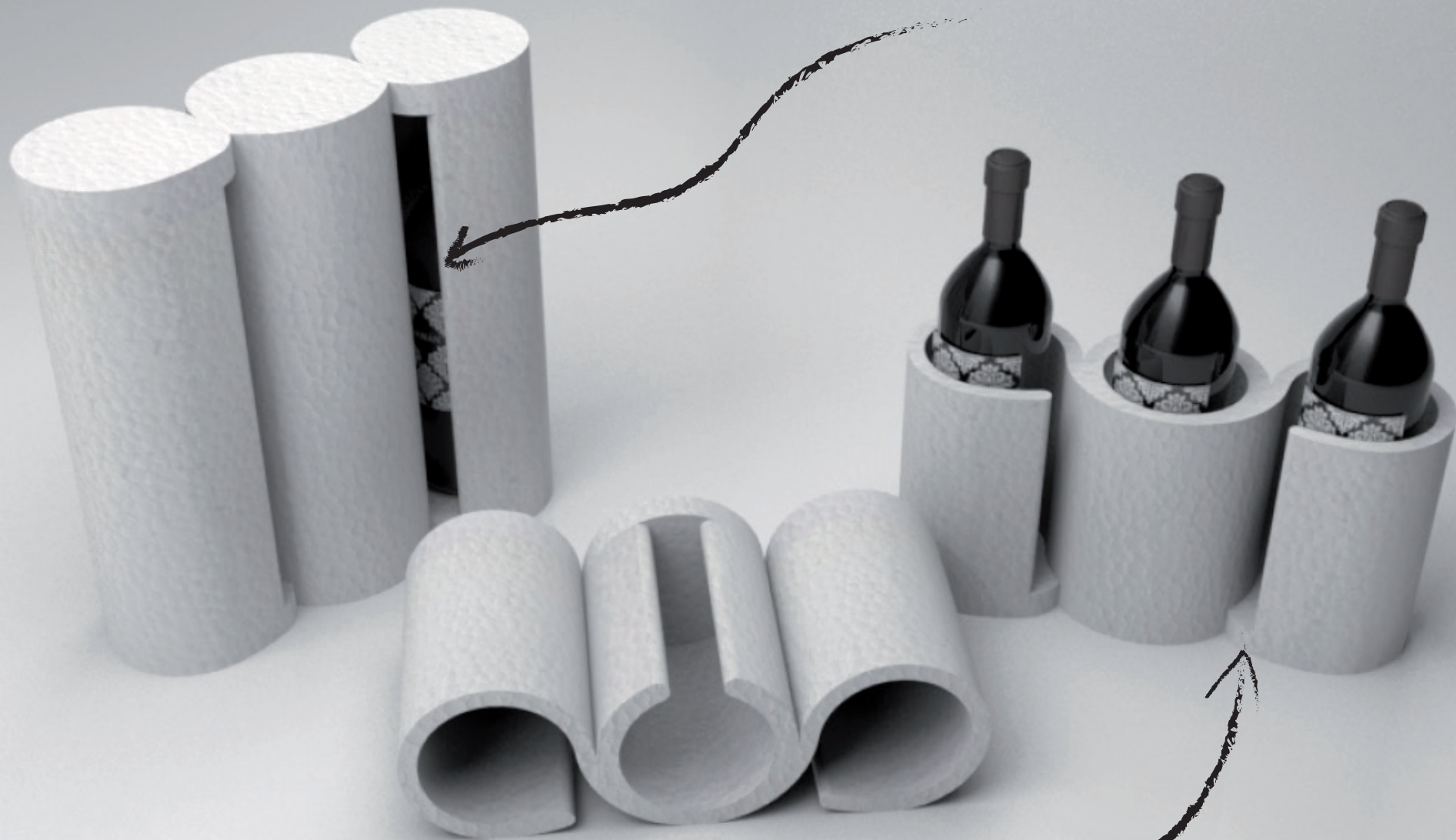


**RANURA
AJUSTABLE A
DIFERENTES TAMAÑOS**



BOTELLERO VID II

AJUSTABLE ^A
DIFERENTES TAMAÑOS

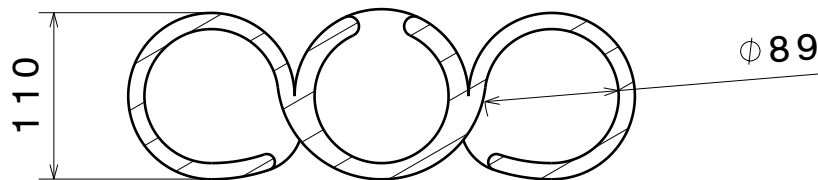
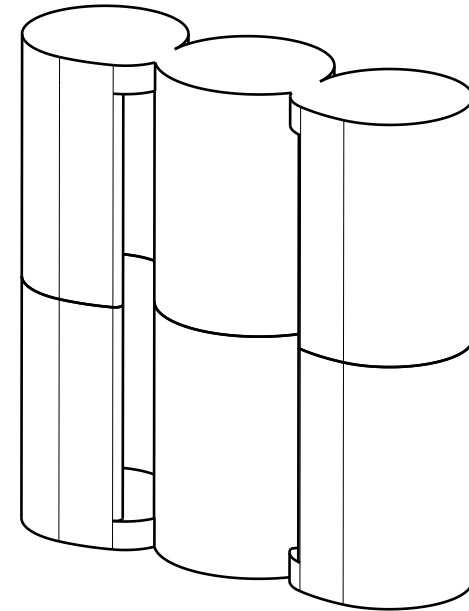
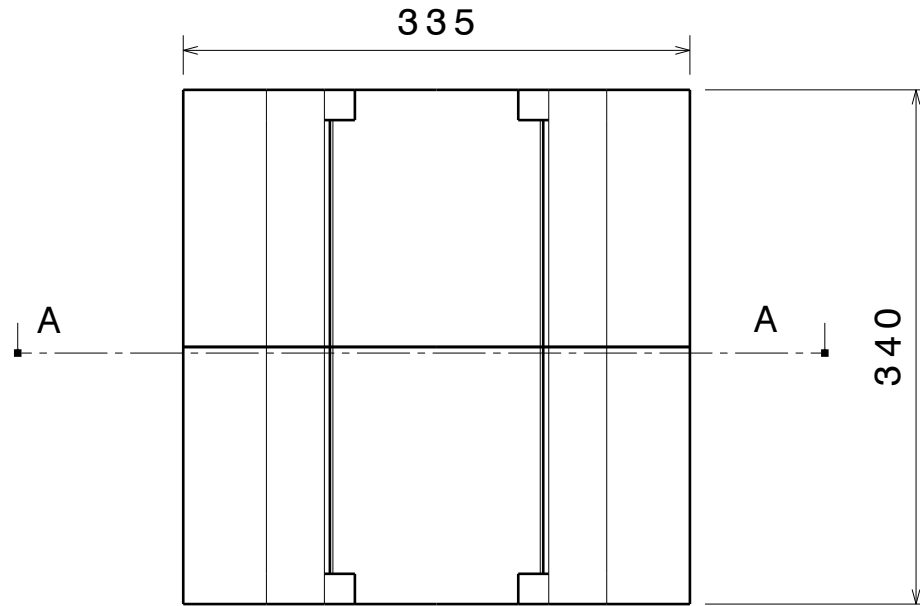


CON **BASE**
Y **TAPA**



TURQUEPLAST

Innovación en Envase y Embalaje



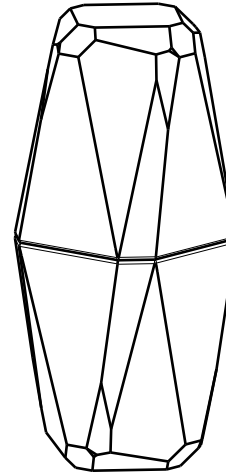
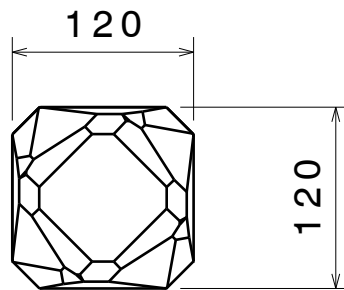
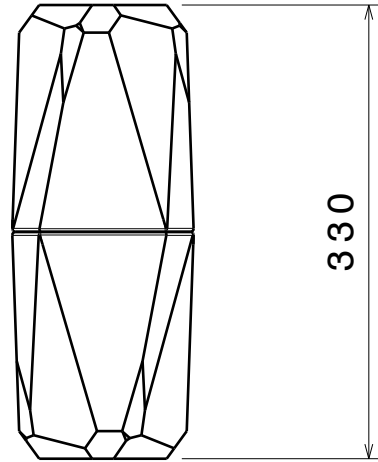
Sección vista A-A

BOTELLERO DIAMANTE



**DISEÑO
ROBUSTO
ÚNICO**

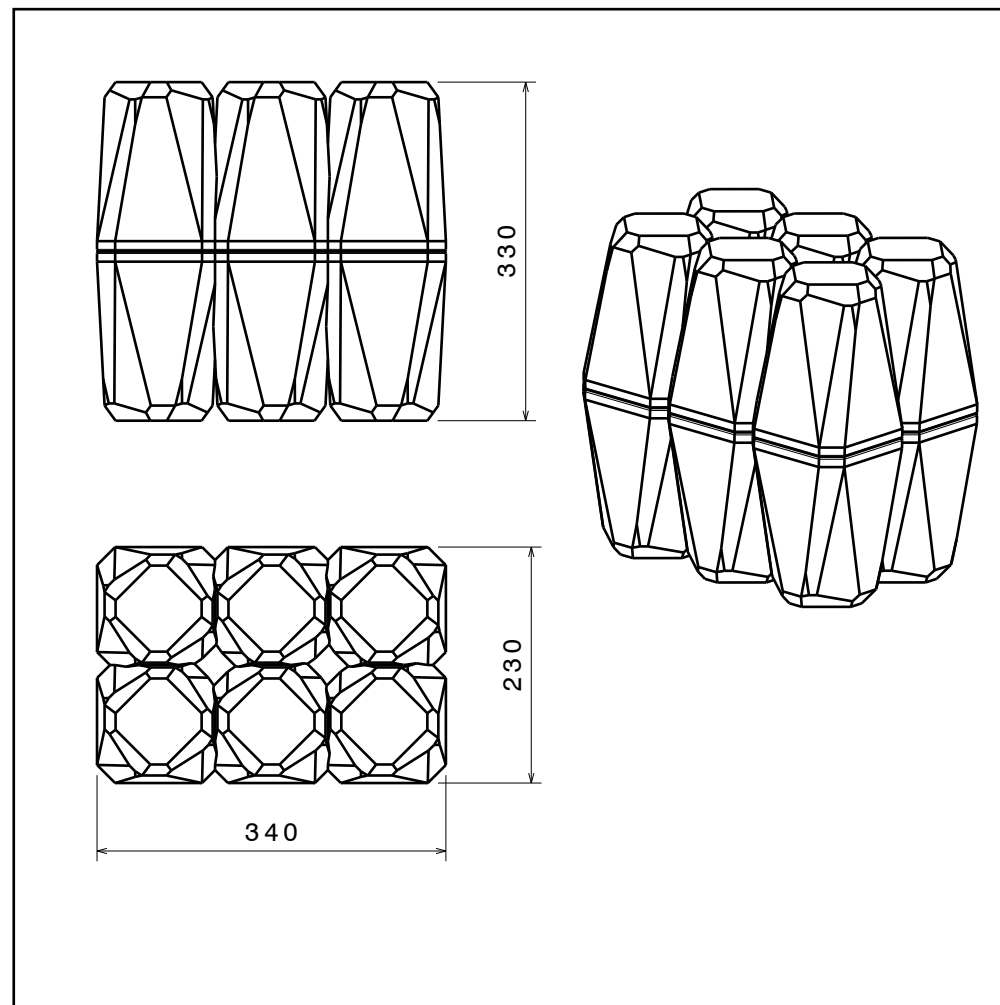
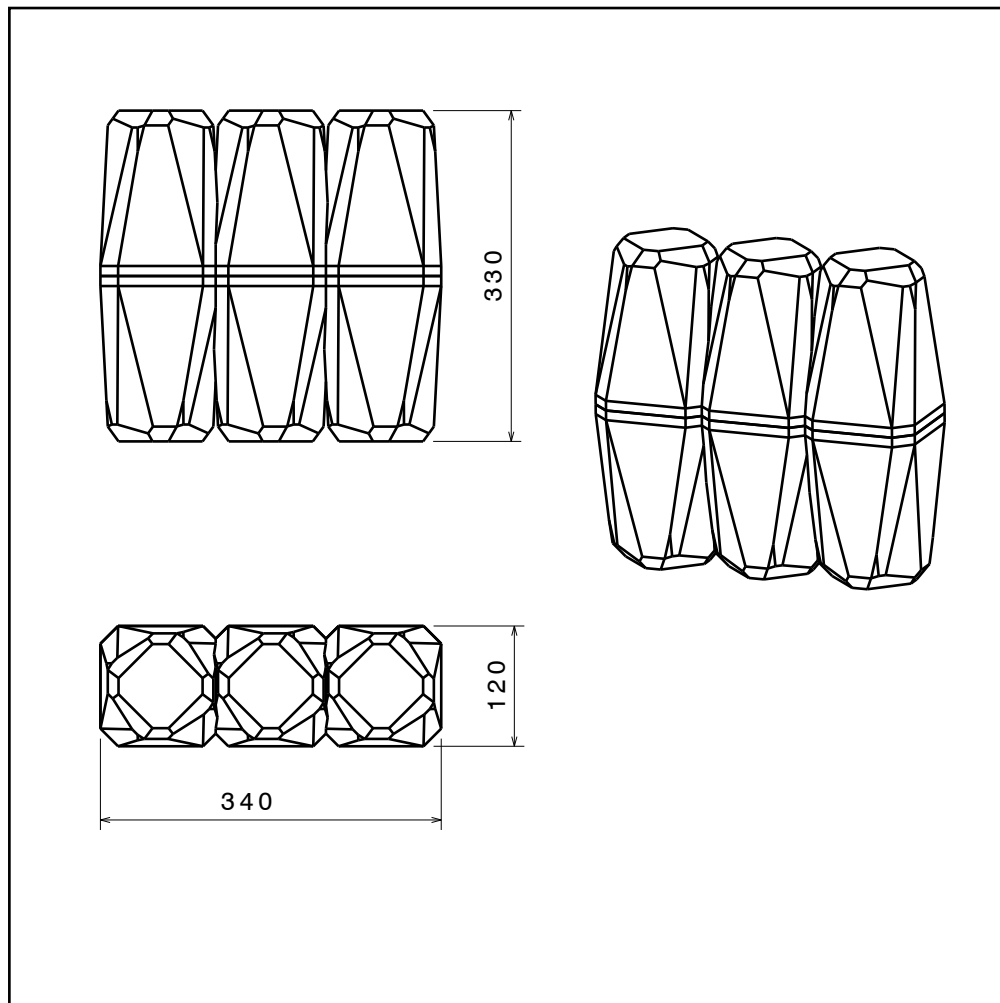
BOTELLERO DIAMANTE



BOTELLERO DIAMANTE



BOTELLERO DIAMANTE



BOTELLEROS CON **ASAS**

**ASAS PARA
TRANSPORTE**



DISEÑO DE
MARCA



BOTELLEROS
CON **ASAS**



TURQUEPLAST

Innovación en Envase y Embalaje

BOTELLEROS CON ASAS



ASA
PARA TRANSPORTAR

SUJECIÓN
EN EL SUELO

MUESCAS
PARA IMAGEN DE MARCA

DISEÑO INTERIOR
AJUSTABLE A DIFERENTES BOTELLAS

SECCIONES
REFORZADAS

BOTELLEROS CON ASAS



**POSIBILIDAD DE
PERSONALIZACIÓN**

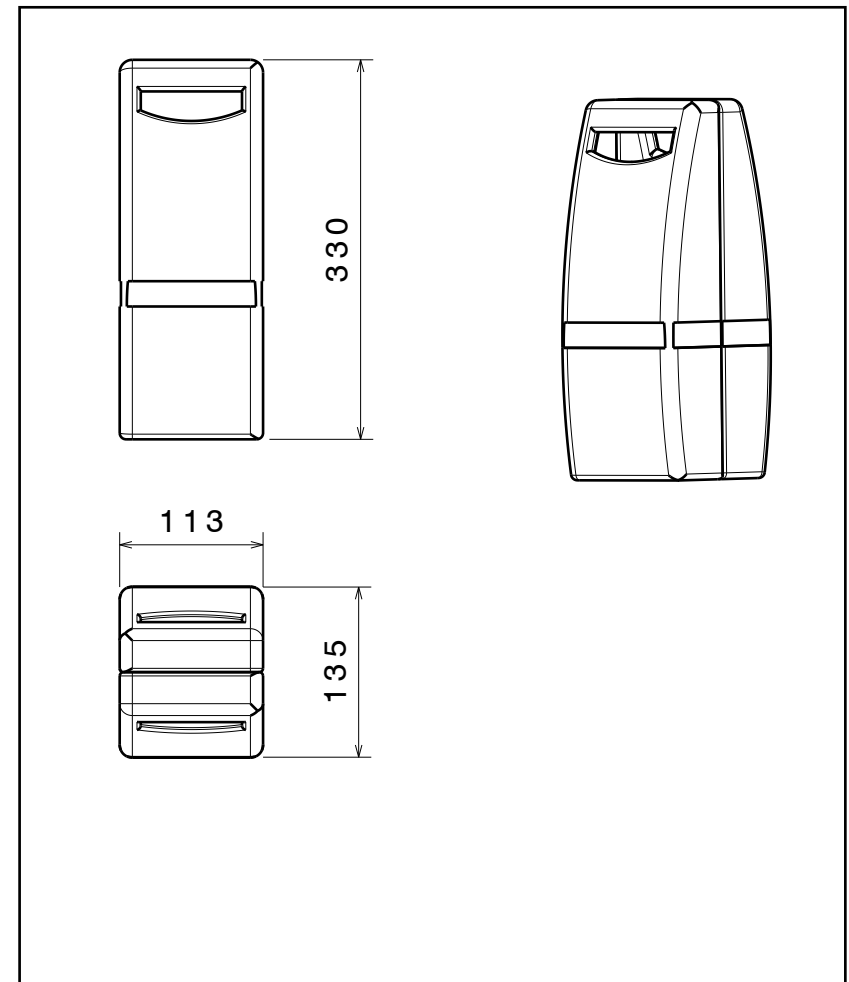
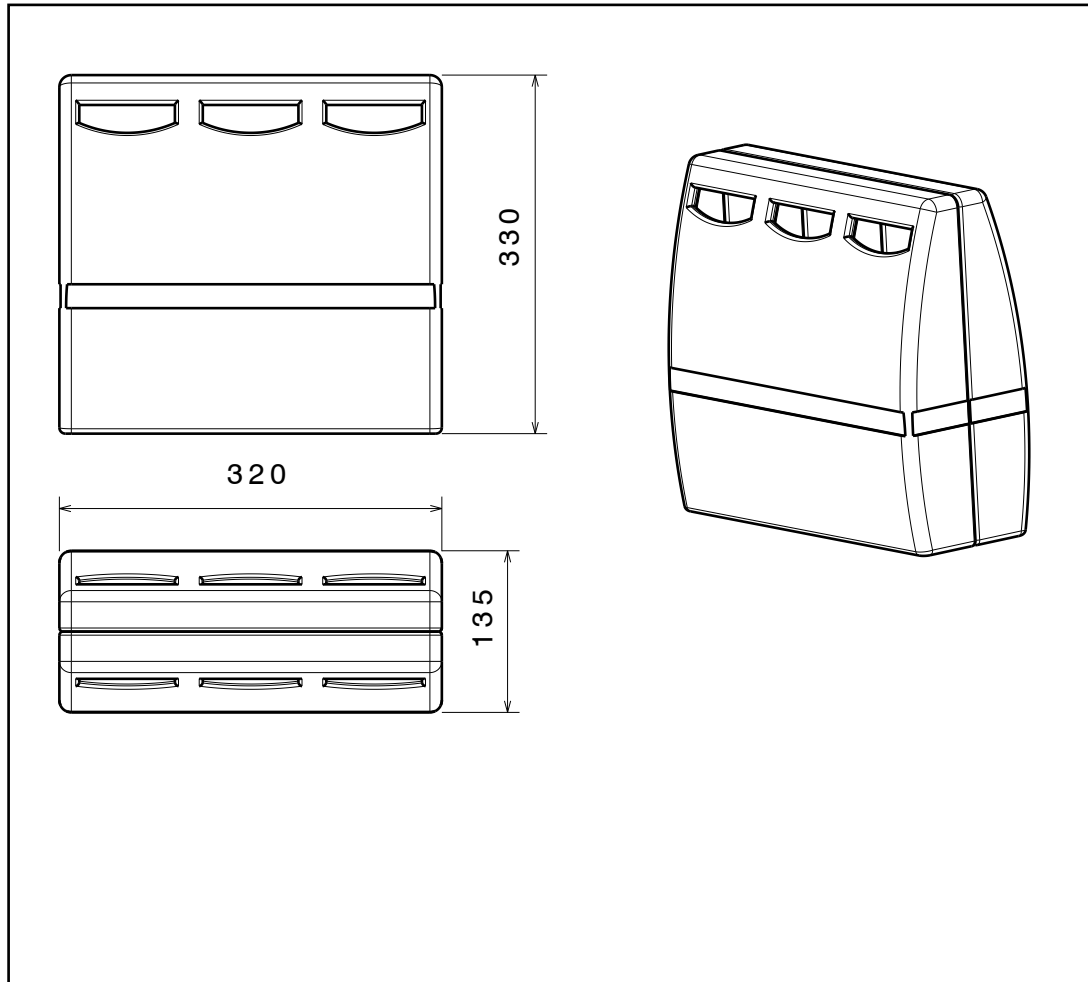


**BOTELLEROS
CON ASAS**

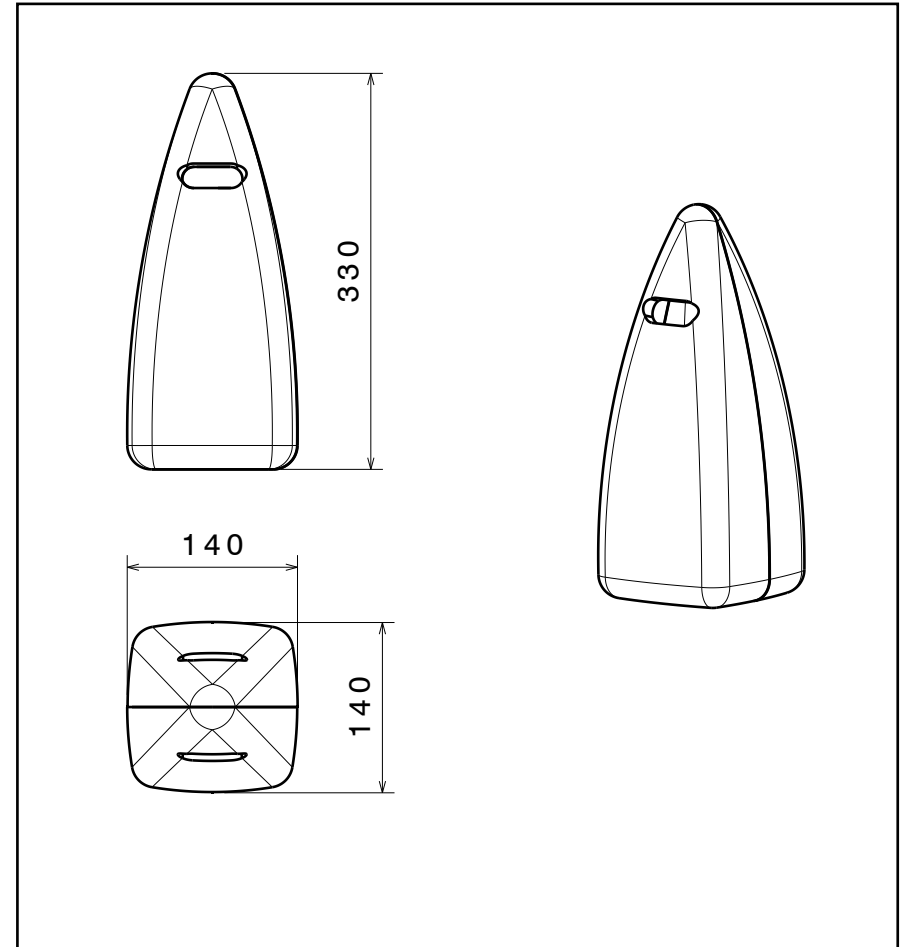
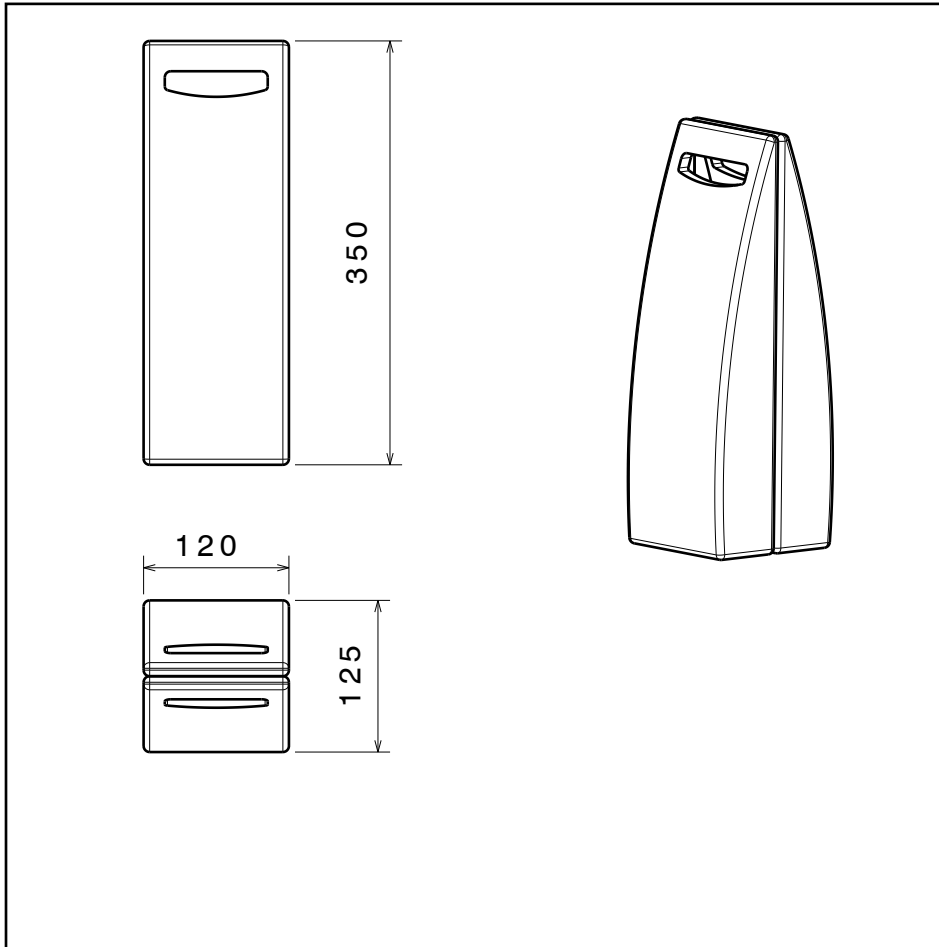
BOTELLEROS CON ASAS



BOTELLEROS CON ASAS



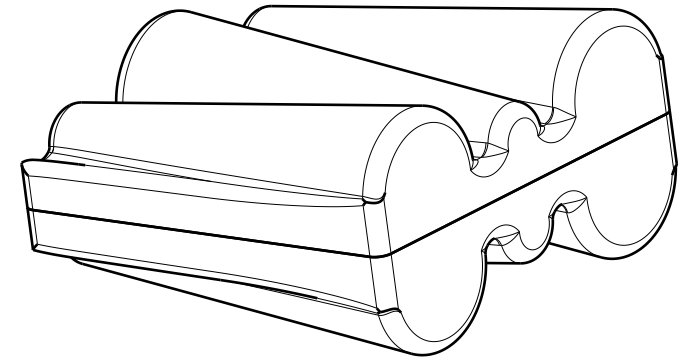
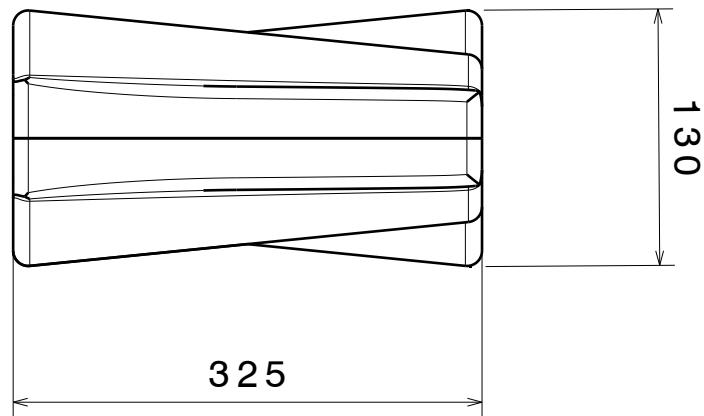
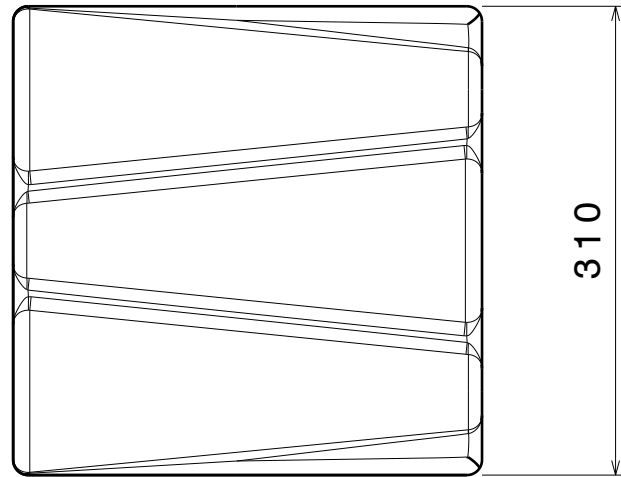
BOTELLEROS CON ASAS



BOTELLERO LA OLA



BOTELLERO LA OLA

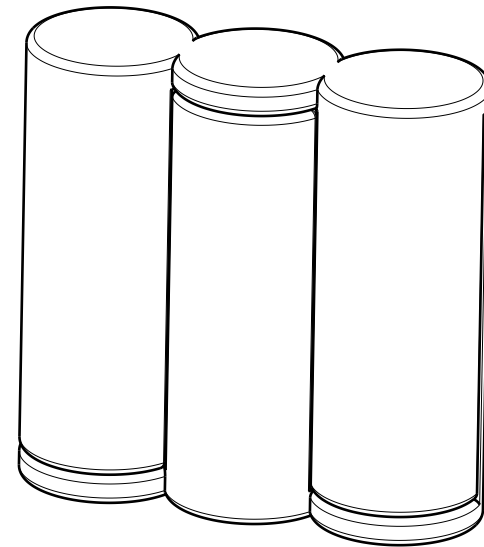
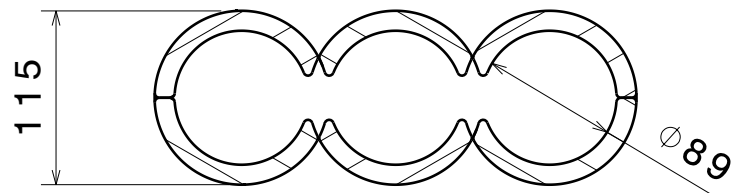
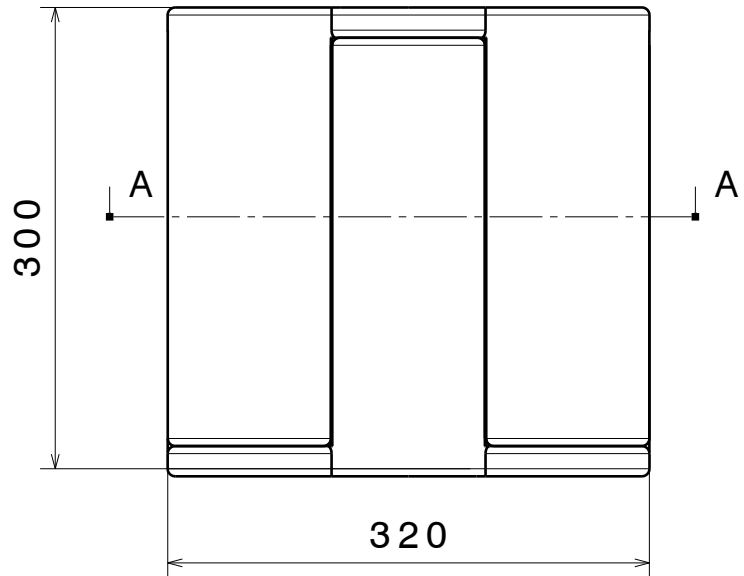


**UN CONCEPTO
DIFERENTE DE
BOTELLERO**



**BOTELLERO
ZIG-ZAG**

BOTELLERO ZIG-ZAG



BOTELLERO CAJA

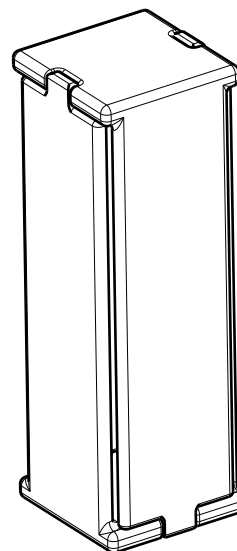
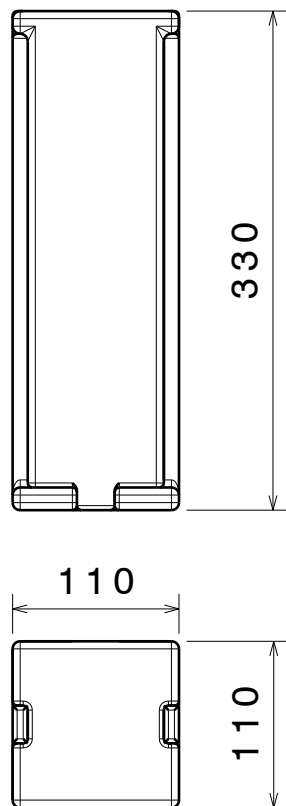


**PESTAÑAS PARA
ENSAMBLAJE**



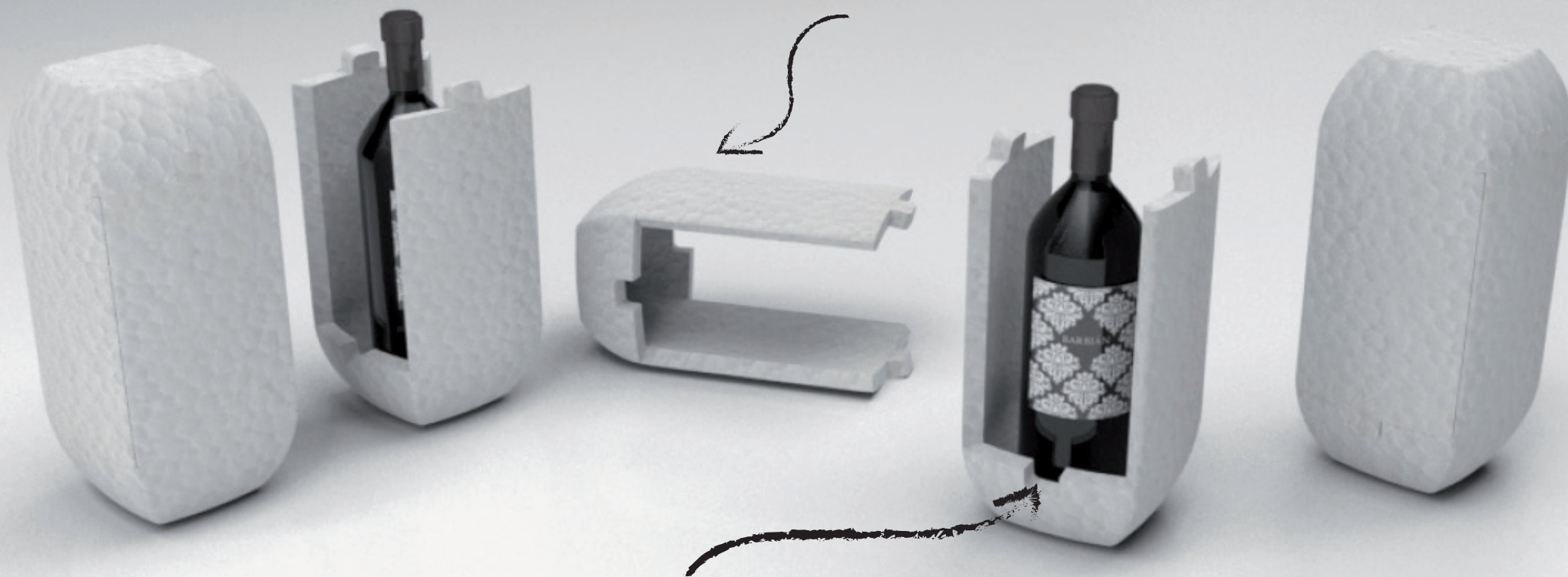
MINIMALISMO

BOTELLERO CAJA



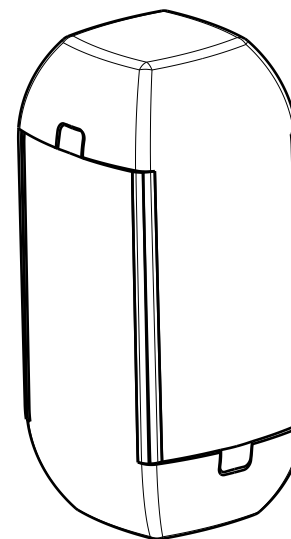
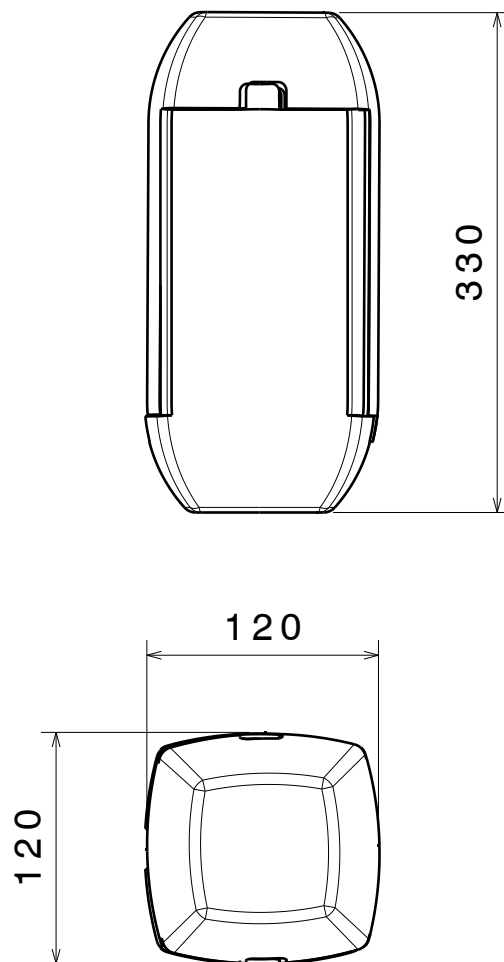
BOTELLERO CAJA RED.

¡ ÚNICA
PIEZA



PESTAÑAS PARA
ENSAMBLAJE

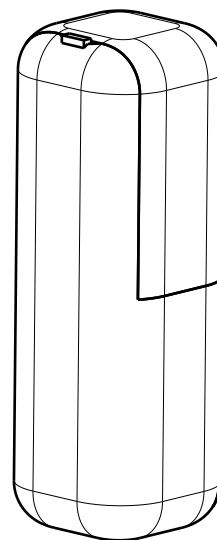
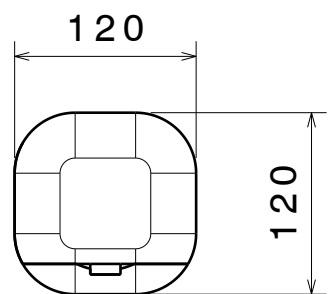
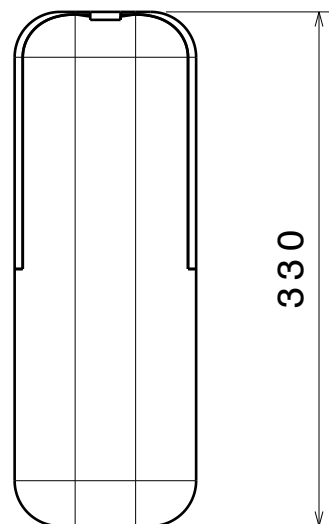
BOTELLERO CAJA RED.



BOTELLERO RED. II



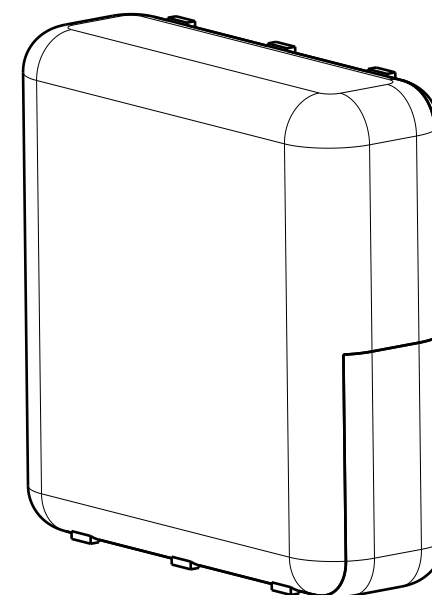
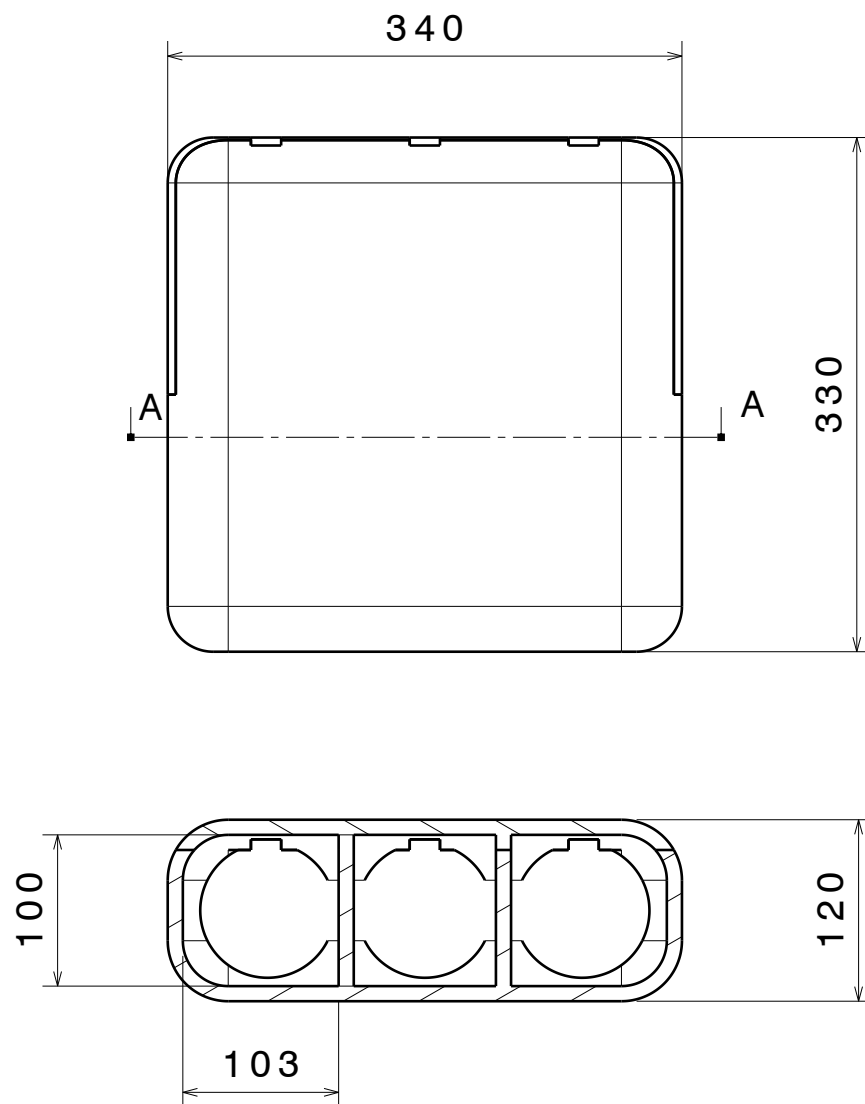
MUESCAS PARA
SUJECIÓN DE BOTELLA



BOTELLERO RED TRIPLE



BOTELLERO RED TRIPLE







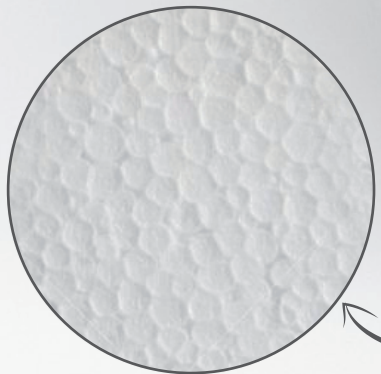


**UN
DISEÑO
DELICADO
Y CUIDADO,
QUE ACOMPAÑA
AL ESTILO
REFINADO
DEL PRODUCTO
QUE CONTIENE.
DIAMANTE
PACKAGING
PRESENTA UN
INNOVADOR
EMBALAJE
PARA BOTELLAS
DE VIDRIO**



REALIZADO EN EPS,

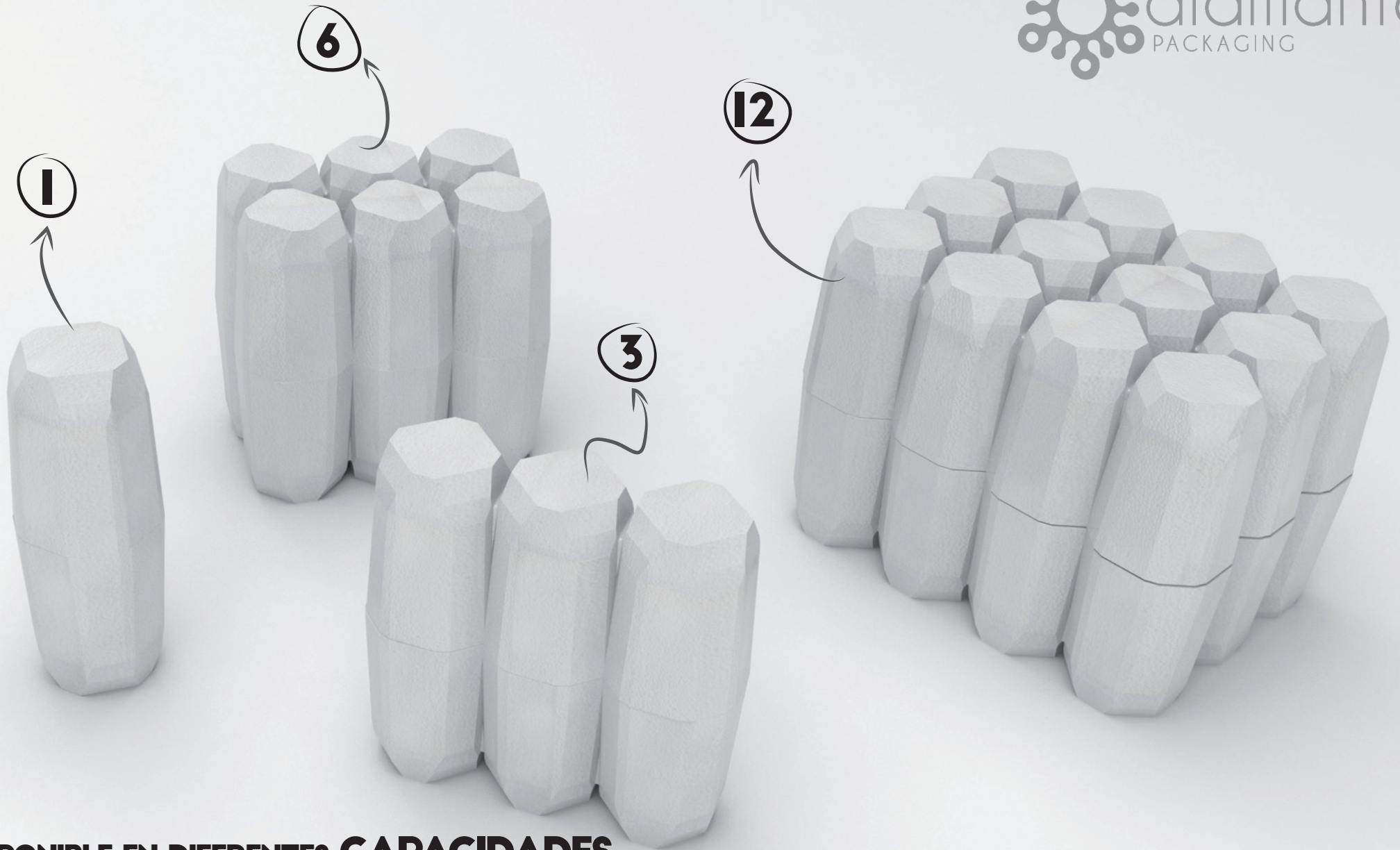
UN MATERIAL QUE SE CARACTERIZA POR SU ALTA CAPACIDAD DE AMORTIGUACIÓN DE IMPACTOS, AISLAMIENTO TÉRMICO, RECICLABILIDAD Y LIVIANDAD



EPS
98% AIRE



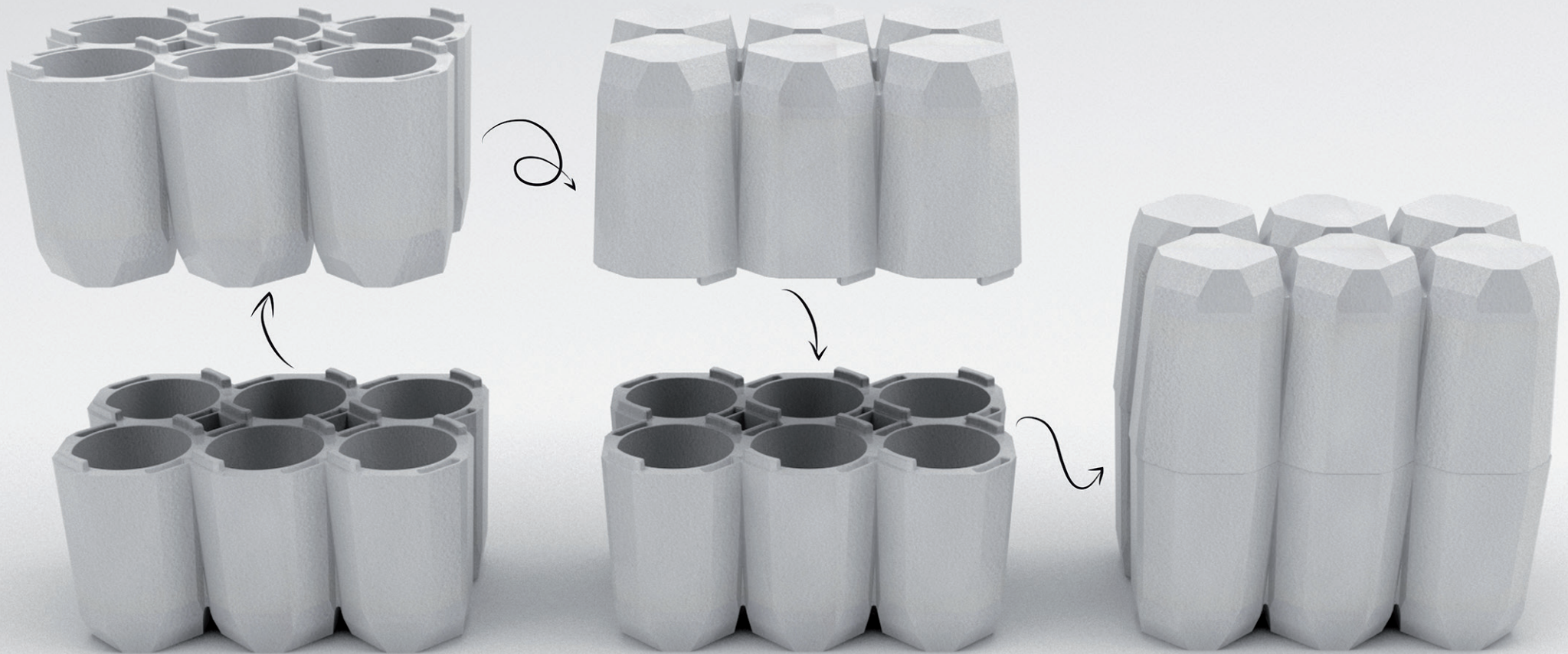
100% RECICLABLE



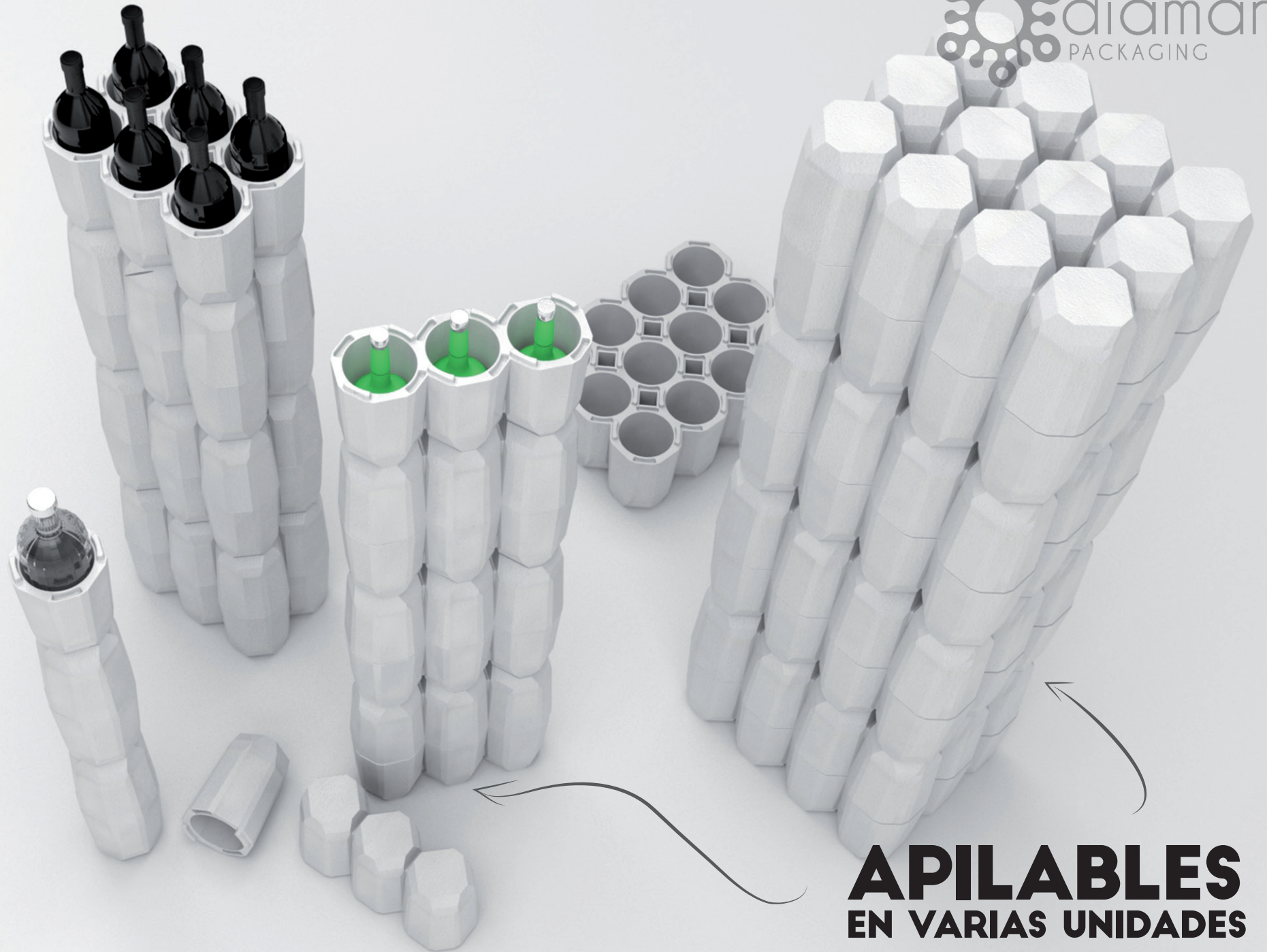
DISPONIBLE EN DIFERENTES **CAPACIDADES**,
QUE APORTAN LA **VERSATILIDAD**
QUE EL **CLIENTE** NECESITA.

**GRACIAS A SU DISEÑO INTERIOR,
SE AJUSTA A LA GRAN MAYORÍA
DE BOTELLAS DEL MERCADO**





**COMPUESTO POR DOS PIEZAS SIMÉTRICAS,
FÁCILMENTE ENSAMBLABLE CON UN SIMPLE GIRO**



APILABLES
EN VARIAS UNIDADES

**CONDICIONES HIGIÉNICAS
AISLAMIENTO TÉRMICO**

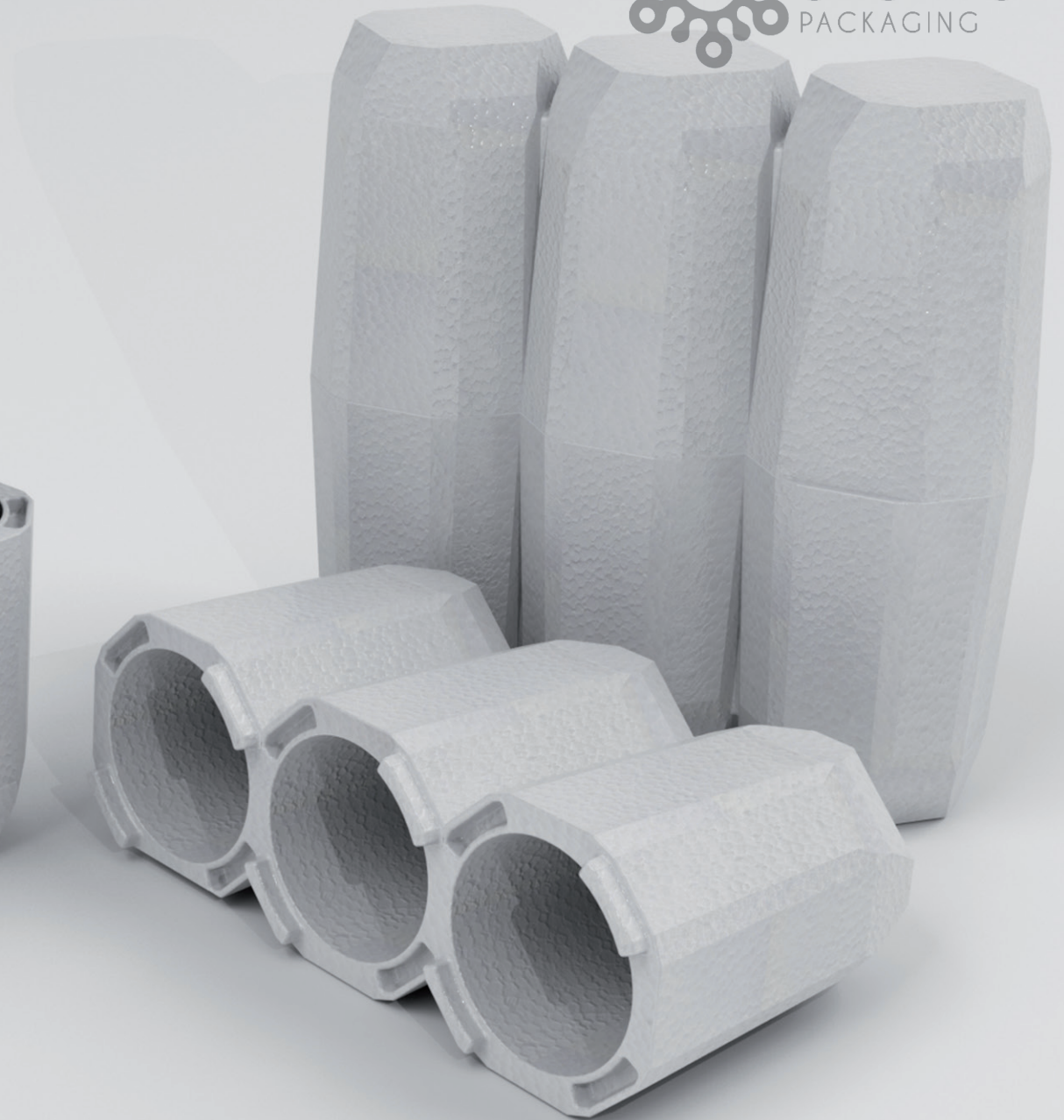


**SISTEMA DE PESTAÑAS
QUE PERMITE EL ENSAMBLE
DE AMBAS PARTES DEL EMBALAJE**



CAPACIDAD PARA
UNA BOTELLA

3



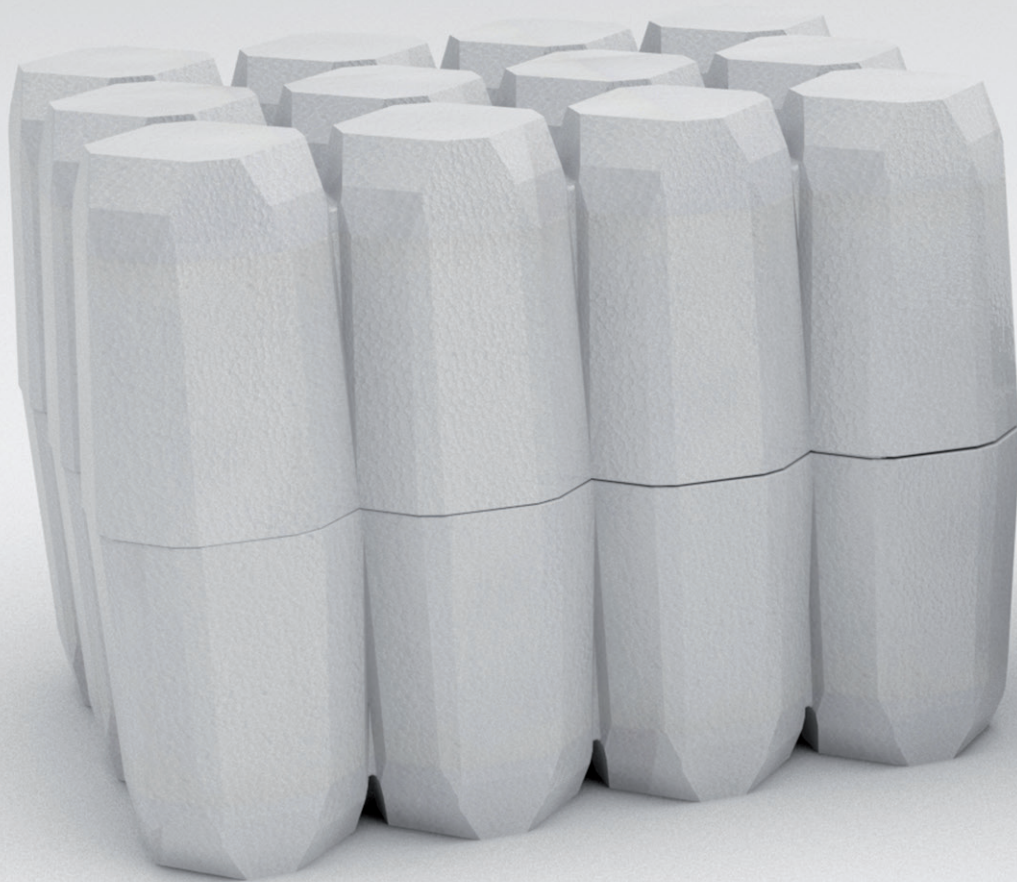
CAPACIDAD PARA
TRES BOTELLAS

6



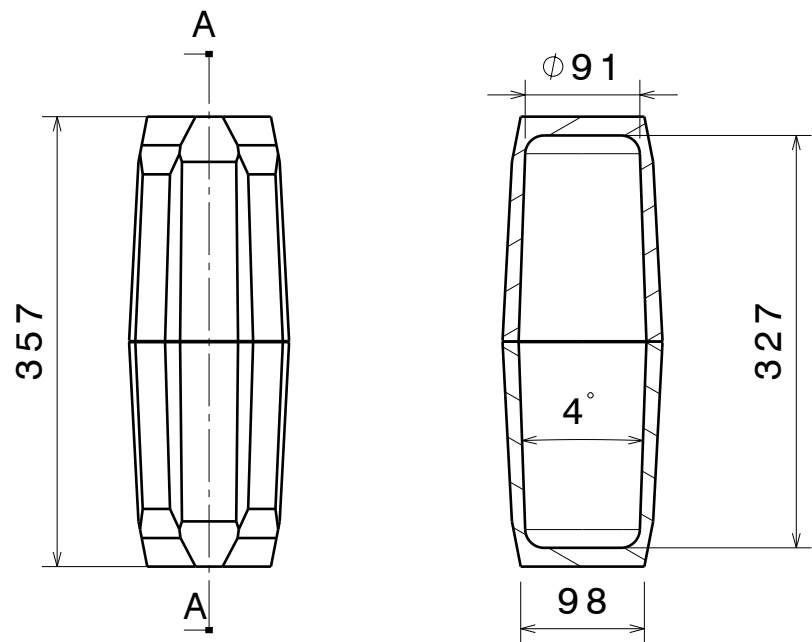
CAPACIDAD PARA
SEIS BOTELLAS

12

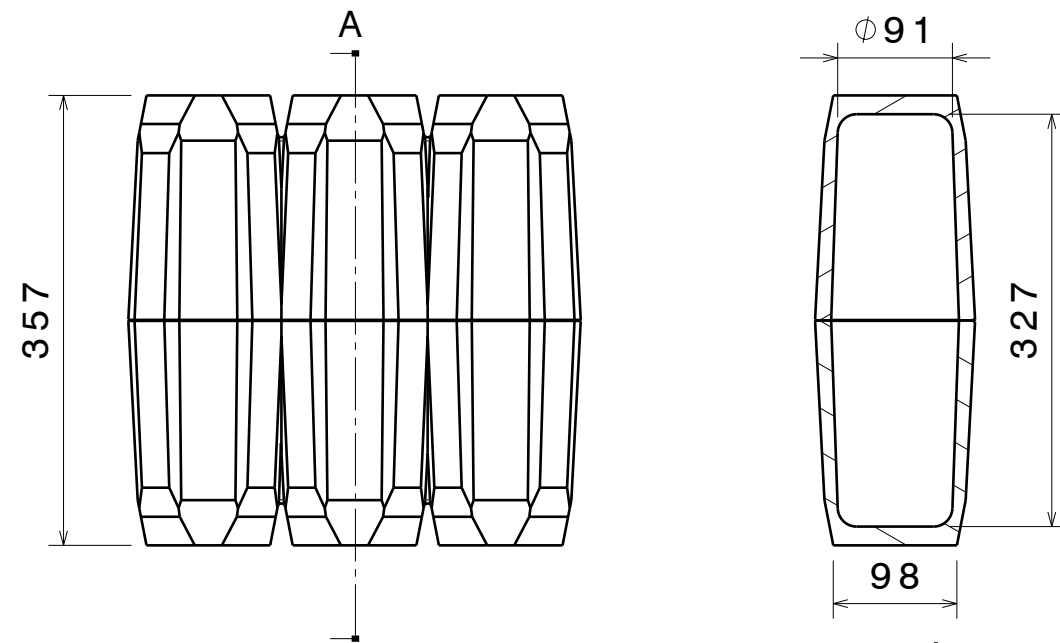
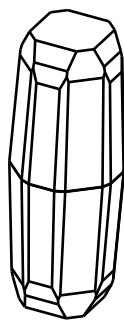
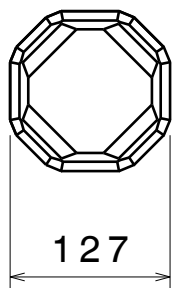


CAPACIDAD PARA
DOCE BOTELLAS

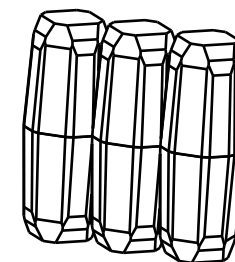
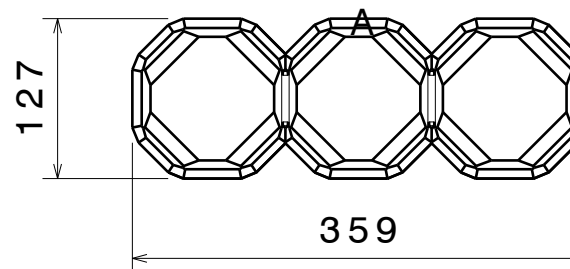
DIMENSIONES GENERALES



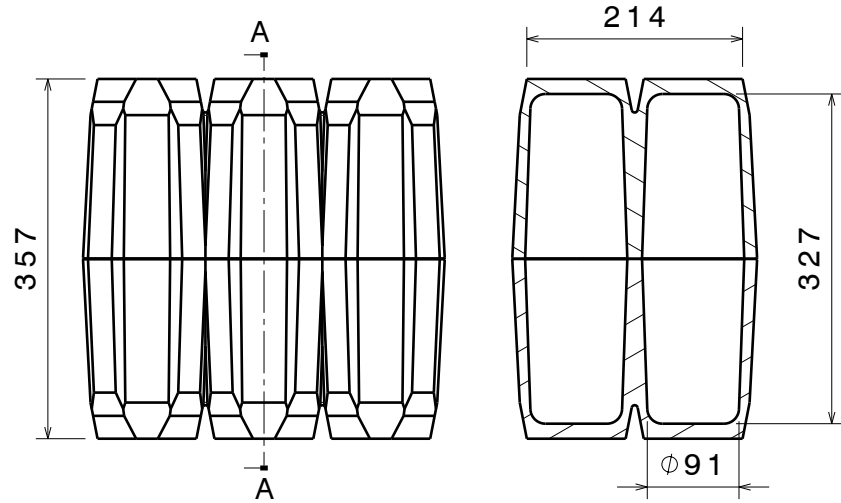
Sección A-A



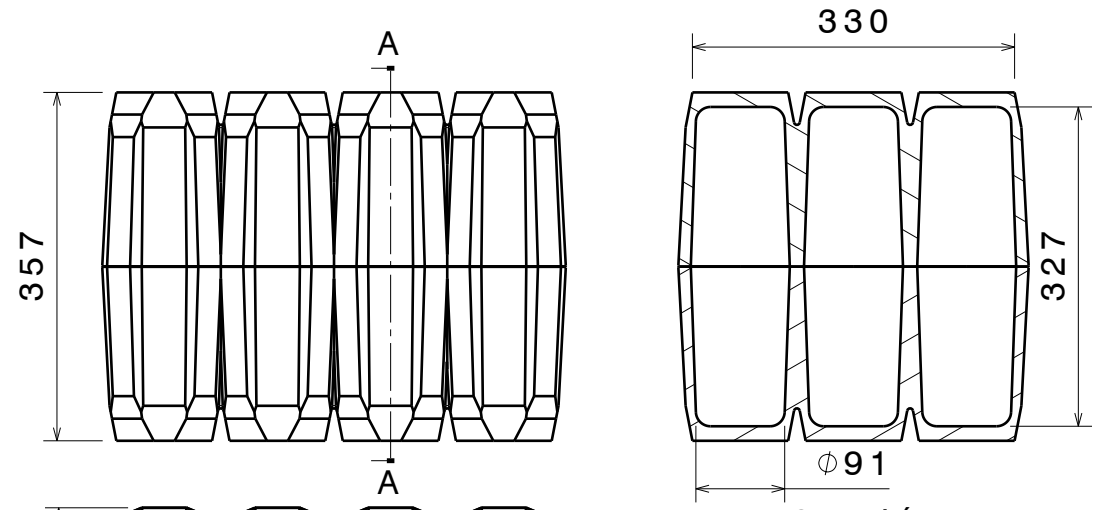
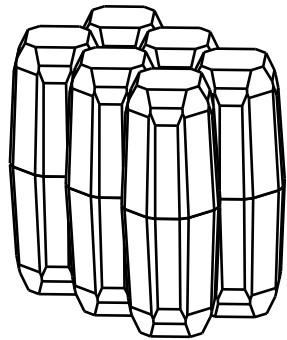
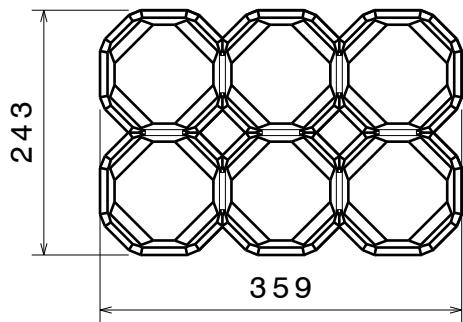
Sección A-A



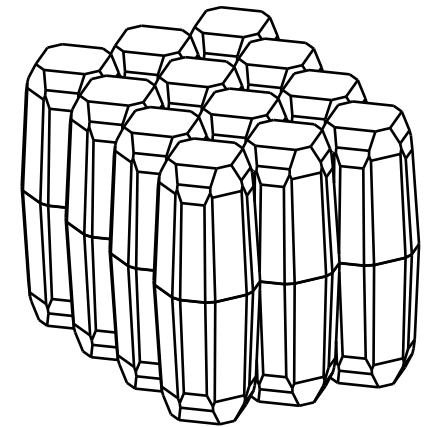
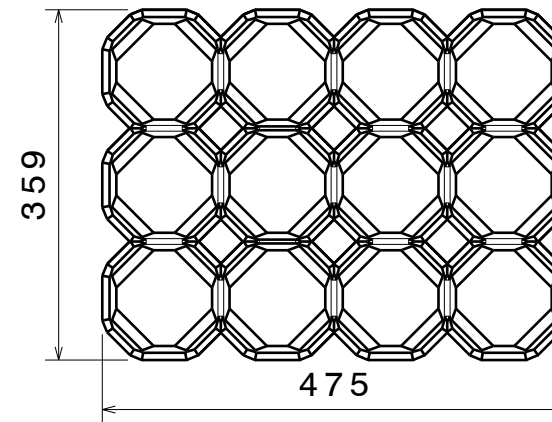
DIMENSIONES GENERALES



Sección A-A



Sección A-A





CATÁLOGO DIAMANTE PACKAGING | DISEÑO DE EMBALAJE EN ESPUMAS PLÁSTICAS PARA TRANSPORTE
Y PROTECCIÓN DE BOTELLAS | VIRGINIA FAÚNDEZ BARROSO | 2016

ANEXO V. TABLAS SOBRE AISLAMIENTO TÉRMICO

TABLAS DE DATOS (Tomados del catálogo Styropor de BASF)

Tabla 1 Resistencia a la transmisión térmica en $\frac{m^2 \cdot K}{W}$

Espuma rígida de Styropor El embalaje está en contacto directo con	$1/\alpha_i$	$1/\alpha_a$	$1/\alpha_i + 1/\alpha_a$
a) un producto líquido	0	0,1	0,1
b) un producto sólido	0,2	0,1	0,3
c) un intersticio de aire	0,4 - 0,6	0,1	0,5 - 0,7

Tabla 2 Conductividad térmica en λ en $\frac{W}{m \cdot k}$

Densidad aparente de la espuma rígida DA kg/m ³	Temperatura media de la espuma rígida en °C			
	+50	+10	± 0	-50
15	0,042	0,037	0,036	0,029
20	0,040	0,035	0,033	0,028
25	0,038	0,034	0,031	0,027
30	0,037	0,033	0,031	0,027
35	0,037	0,033	0,031	0,027
40	0,037	0,033	0,031	0,027

En caso de contacto directo con un líquido, la conductividad térmica es aproximadamente 0,001 más alta

Tabla 3 Capacidad térmica específica de diversos productos

Producto	Densidad en kg/dm ³	Capacidad térmica específica en antes de la solidificación $\frac{kJ}{kg \cdot K}$
Cerveza	1,02 - 1,04	3,77
Agua	1,00	4,18
Vino	1,00	3,77
Leche	1,03	2,72 - 2,93

ANEXO VI. Matriz MET

La matriz MET es un método cualitativo que sirve para obtener una visión global de las entradas y salidas en cada etapa del Ciclo de Vida del producto. Proporciona así mismo una primera indicación de los aspectos para los que se precisa información adicional. Es una herramienta cualitativa porque a pesar de manejar cantidades, la priorización de aspectos ambientales propiamente dicha es cualitativa y se basa en conocimientos ambientales, pero no en cifras o resultados numéricos.

Las iniciales tienen su significado:

-M: Utilización de materiales. Se refiere a todas las entradas en cada una de las etapas del Ciclo de Vida. Esto proporciona una visión de cuáles son las entradas prioritarias por su mayor cantidad, toxicidad o porque son materiales escasos.

-E: Utilización de energía. Se refiere al impacto de los procesos y del transporte en cada etapa del Ciclo de Vida (aquellos que consumen mucha energía principalmente). Esto proporciona una visión de cuáles son los procesos o transportes de mayor impacto en todo el Ciclo de Vida del producto.

-T: Emisiones tóxicas: Se refiere a todas las salidas (emisiones, vertidos o residuos tóxicos) que se producen en cada una de las fases del proceso. Da una idea de cuáles son las salidas más importantes debido a su toxicidad.

MATRIZ MET	MATERIALES	ENERGÍA	EMISIONES TÓXICAS
OBTENCIÓN Y CONSUMO DE MATERIALES Y COMPONENTES	-Polimerización de pentano y estireno -Perlas con pentano	Alto contenido de energía	-Emisiones de pentano
PRODUCCIÓN EN FÁBRICA	-Perlas EPS (0,4 kg para embalaje de 12 botellas) -Agua -Gas	Alto gasto en procesos de inyección	-Residuos plásticos (virutas, recortes y sobrantes). Son reciclables. -Residuos de lubricantes y desengrasantes -Pentano
DISTRIBUCIÓN	No necesario. En caso de uso, film palezable de PE para facilitar el transporte de más unidades.	Baja cantidad de combustible (debido a la liviandad del embalaje) necesario para el transporte mediante camiones.	-Emisiones a la atmósfera en la combustión. -Restos de embalajes.
USO			
FIN DE VIDA			Reciclado de materiales: -EPS

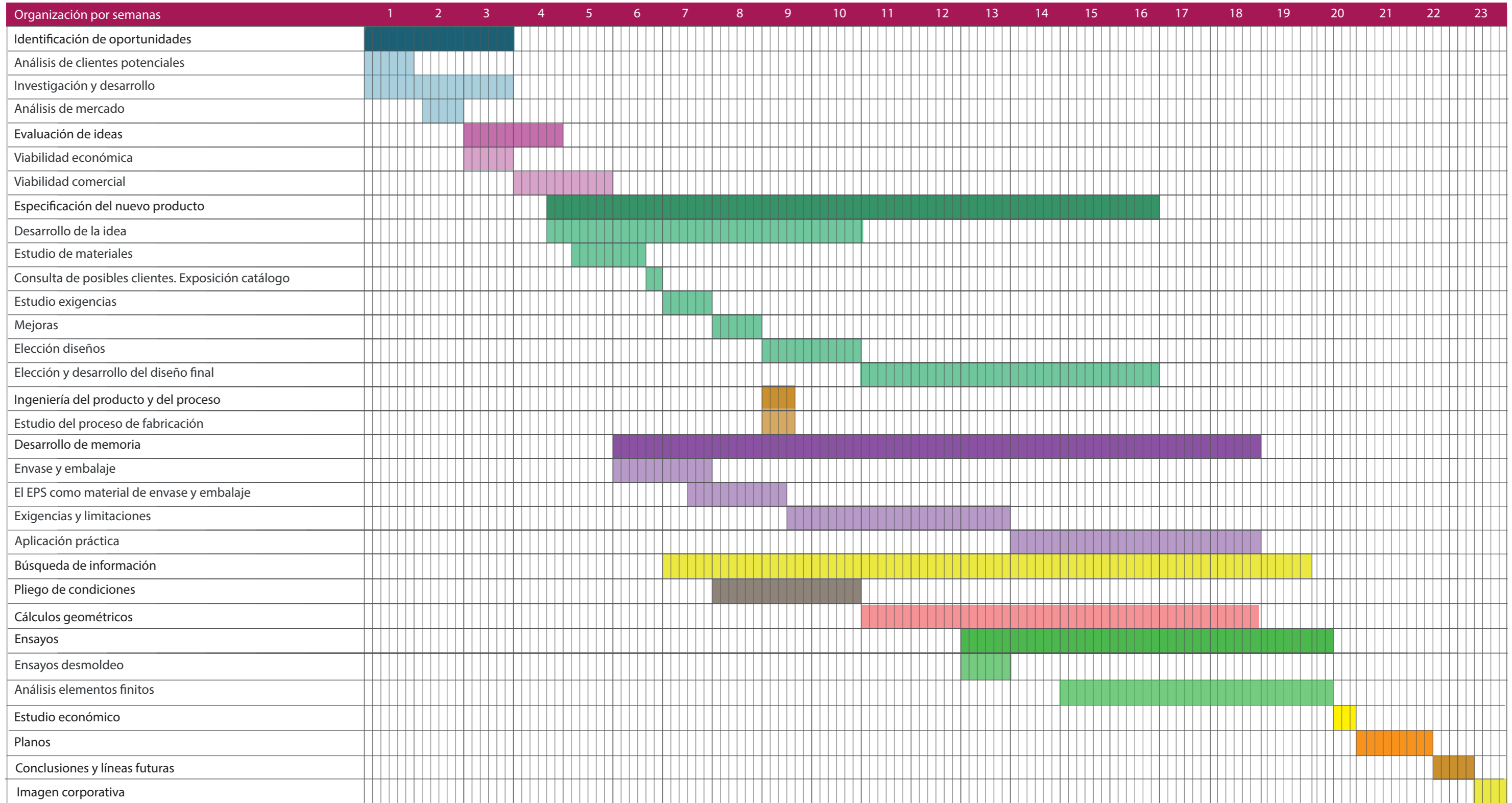
Como se ha determinado anteriormente, la matriz MET es una herramienta cualitativa. Se puede decir que hay algunas conclusiones que se ven a primera vista.

Debido al empleo de únicamente EPS, el gasto será mínimo. Además, el evitar empleo de varios materiales, permite un fácil reciclado, que no ha de encargarse de separar diferentes materiales.

Las emisiones durante el proceso van a ser mínimas, al igual que el uso de lubricantes para retardar el desgaste de las cavidades del molde.

Además el EPS es un material que puede ser reciclado de varias formas, por lo que no necesariamente encontraremos un residuo tras ser reciclado.

ANEXO VII. DIAGRAMA DE GANTT



VALLADOLID, Diciembre 2016

Ingeniera en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Virginia', with a horizontal line underneath it.

Fdo. Virginia Faúndez Barroso



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES



Universidad de Valladolid

TFG | DISEÑO DE EMBALAJE EN ESPUMAS PLÁSTICAS PARA TRANSPORTE
Y PROTECCIÓN DE BOTELLAS | VIRGINIA FAÚNDEZ BARROSO | DICIEMBRE 2016
GRADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTO
ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES | UNIVERSIDAD DE VALLADOLID