



Desarrollo de un envase ligero semirígido (I)

Development of light semi-rigid packaging (I)

Autores: Manel Bertomeu. Managing Director, Barcelona Institute of Packaging BIP. **Guillermo Reyes.** Profesor titular, Jefe del Departamento de Ingeniería Industrial IQS. **Andrés García.** Profesor Titular Departamento de Ingeniería Industrial IQS. **Ferran López.** Profesor Asociado Departamento de Ingeniería Industrial IQS. **Authors:** Manel Bertomeu. Managing Director, Barcelona Institute of Packaging BIP. **Guillermo Reyes.** Chair Professor, Chief of Industrial Engineering Department IQS. **Andrés García.** Chair Professor, Industrial Engineering Department IQS. **Ferran López.** Associate Professor, Industrial Engineering Department IQS.

Uno de los grandes retos de la industria de los productos de gran consumo es reducir el residuo de envases que genera. Este problema se hace patente de una manera especial en el acondicionamiento de productos líquidos. La manera más directa de afrontar este reto es reducir la tara de los envases y reducir el volumen en su valorización final. Esta actuación tienes dos vertientes muy claras :

- ✓ Una económica, por los ahorros importantes que se producen en los costos de producción al reducir los materiales de fabricación y aumentar el ciclo de producción.
- ✓ La otra medioambiental, consecuencia de la misma reducción de material, al disminuir la utilización de polímeros tanto de origen fósil como renovable. La tasa medioambiental queda reducida proporcionalmente con la ventaja económica que representa.

Esta reducción de la tara del envase se debe hacer eligiendo criterios científicos por las repercusiones y consecuencias que puede tener, tanto a nivel de la resistencia del envase como de criterios de uso. Para alcanzar niveles interesantes de reducción se tiene que incidir profundamente desde el diseño hasta la selección de materiales para su fabricación. El trabajo que aquí se presenta describe las actividades para conseguir

disminuir considerablemente el peso de un envase semirígido a partir del desarrollo de un sistema estructural para aumentar la rigidez del envase, compensado de esta manera la disminución de la tara.

El estudio se hizo desde el Barcelona Institute of Packaging (BIP), gracias a la subvención destinada a incentivar los planes de actuación de los agentes TECNIO, de la agencia de ayuda a la empresa Catalana ACCIÓ (resolución con número de expediente TECCOL11-1-0001).

Los participantes en el proyecto tenían la impresión que se podía mejorar el diseño de envases semirígidos para hacerlos más resistentes a sollicitaciones mecánicas. Esta mejora en el diseño debía conducir a una reducción en los espesores de pared y, por tanto, a la cantidad de material utilizado en su fabricación. Se identificaron mejoras de diseño con las que se esperaba conseguir el objetivo planteado: reducir un 20 % la tara del envase. Las posibles mejoras eran:

- ✓ Eliminar zonas de debilitamiento por forma geométrica y concentradores de tensiones.
- ✓ Disminuir lo más posible la altura del envase para hacerlo menos esbelto y, por tanto, más resistente al pandeo.
- ✓ Aumentar el módulo elástico del material.

- ✓ Utilizar elementos rigidizadores que aumentaran la resistencia.

En el trabajo se utilizaron numerosas herramientas de Product Lifecycle Management (PLM), incluidas las de diseño, modelado, prototipado rápido y fabricación asistida por ordenador.

One of the greatest challenges in the industry of high consumption products is to reduce packaging disposal. This situation is especially significant in the treatment of liquid products. The most direct method to face this challenge is to reduce both tare weight of the packaging and its volume in the final assessment. This aims at two clear benefits:

- ✓ An economic one, since you can make significant savings in production costs by reducing the amount of manufacturing material and increasing production cycles.
- ✓ An environmental one, as a consequence of material reduction, by being able to decrease the use of polymers, both fossil and renewable ones. The environmental rate is proportionally reduced, and therefore, this implies a great economic advantage.

A reduction in tare weight of the packaging should be done under

scientific criteria, considering the impact and consequences it might have both in packaging strength and criteria of use. In order to reach significant reduction levels, a detailed analysis on the selection of designs and manufacturing materials is required. This project describes the process undergone to considerably reduce weight in a semi-rigid packaging as a result of the development of an structural system which increases packaging stiffness, and therefore, compensates the tare weight reduction.

This study took place at the Barcelona Institute of Packaging (BIP) thanks to the economic support of the Agency to Support the Catalan Companies ACCIÓ (resolution number of TECCOL11-1-0001 file) to encourage participation programmes for TECNIO agents.

The participants of the project had the idea of improving the design of semi-rigid packaging in order to make them more resistant to mechanical requirements. This improvement in the design would eventually lead to a reduction in the thickness of the walls, and therefore, a reduction in the quantity of manufacturing material. They found some design improvements which would enable them to reach their objective: a 20 % reduction in tare weight of the packaging. The possible improvements were as follows:

- ✓ Eliminate weaknesses areas because of geometric shape or stress concentration.
- ✓ Reduce as much as possible the height of the packaging to make it less slim line, and therefore, more resistant to buckling.
- ✓ Increase the elastic module of the material.
- ✓ Use stiffening elements which improve strength.

During the project they made use of different tools from Product Lifecycle Management (PLM) which included those of design, shaping, fast prototyping and computer-aided manufacturing.

Elección del envase objeto de estudio

Inicialmente se disponía de muy poca información para decidir el peso objetivo. Se tenía que encontrar un envase objetivo para cuantificar el valor inicial. Se decidió estudiar un grupo de envases de 750 ml. de volumen. Se ensayaron envases de distribución usual en el consumo sometidos a un esfuerzo de compresión en una máquina de ensayos universal con los accesorios necesarios para ensayo de pandeo. Se escogieron envases que cumplieran mayoritariamente la recomendación de las dimensiones de módulos para botellas en Europa. Algunos de los envases sometidos a la comparación son los que aparecen en la figura inferior.

Object of study: Packaging Decision

Initially, the information was not enough to decide on the objective weight. It was necessary to find an objective packaging to quantify the initial value. The team decided to study a set of packaging of 750 ml of volume. The trial was performed using distribution packaging of regular consumption which was submitted to a compression trial in a universal testing machine with

all necessary tools for buckling testing. Packaging options selected were mainly those which fit the dimensions of modules for bottle sizes in Europe. Some of the packaging options compared are the ones shown in the figure.

Después de ensayar los envases y establecer relaciones de resistencia, tara del envase y volumen, se decidió que el peso objetivo para plantear la reducción podría ser 41.7 g. *After performing packaging trials and establishing the strength to weight ratio, tare weight of the packaging and volume, it was decided that the objective weight proposed for reduction was 41.7 g.*

Propuesta de mejora al diseño de envases tradicionales

Un envase semirrígido, tipo botella, es un elemento estructuralmente esbelto debido a la relación de su altura con la sección resistente a la carga. Para optimizar elementos esbeltos sometidos a cargas de compresión hay que prestar especial atención al pandeo. Estudiadas las posibilidades para mejorar el comportamiento del envase a pandeo se vio que no hay mucho margen para reducir la altura, pues está condicionada por el módulo del envase y el volumen a envasar. Tampoco hay mucho margen para aumentar el módulo elástico si se pretende que el envase sea viable económicamente. Para este tipo de productos se suelen utilizar materiales establecidos por su resistencia mecánica, sus propiedades físico-químicas y su precio; como el PET o el HDPE.



Envases escogidos para la comparación. Códigos A, B, C, D, Y, F según el orden de la imagen. Packaging selected for comparative analysis. Codes A, B, C, D, Y, F in the order shown in the image.



Proposal for the improvement of traditional packaging designs

A semi-rigid packaging, bottle type, is a structurally slim line element due to the relation between heights to the section which is resistant to the load. In order to optimise slim line elements subjected to compression loads, it is relevant to pay special attention to buckling. After having studied all possibilities to improve packaging behaviour at buckling, it was observed that there is not any margin to reduce height as this depends on the packaging module and the volume to be packed. Besides, there is not much scope for enlarging the elastic module if aimed at offering an economically feasible packaging. For these products it is common to use materials chosen for their mechanical strength, their physic-chemical properties, and their price, such as the PET or the HDPE.

Se aprovechó al máximo el diseño de la geometría, eliminando debilitadores como cambios bruscos de sección, radios de redondeo agudos, entregas generosas, etc. También se aumentó gradualmente la dimensión de la sección transversal a medida que se avanza desde el cuello hasta el fondo. De esta manera no sólo se podía reducir la altura del envase, sino que también se podía hacer más estable para el proceso de llenado.

The project members decided to take profit from its geometric design by eliminating any weakness such as any abrupt section changes, acute rounding radius, numerous deliveries, etc. The proportions of the transversal section from the neck to the bottom were also gradually increased. In this way, they not only reduced the height of the packaging, but also made it more stable for the filling process.

Con los primeros diseños se hicieron simulaciones apoyadas en modelos

calculados mediante elementos finitos. Primero se hizo una ingeniería inversa al envase con mejor relación tara/resistencia y tara/volumen. A partir de la ingeniería inversa se hizo un modelo CAD (Computer Aided Design) tridimensional. Con el modelo CAD se generó el modelo CAE (Computer Aided Engineering) con el que modelar virtualmente el comportamiento a pandeo; tanto del envase de referencia como del nuevo diseño. Los resultados de esta primera fase fueron muy esperanzadores, pero se veía que era necesario mejorar la propuesta para conseguir el objetivo inicial. With the first designs they were able to make simulations based on models calculated through finite elements. First, they proceeded with an inverse engineering to the packaging with a better strength/tare and volume/tare ratio. From this inverse engineering, a tridimensional CAD (Computer Aided Design) tridimensional was developed. With the CAD they were able to develop a CAE (Computer Aided Engineering) model and with this they were able to virtually module buckling behaviour, both for the reference packaging and the new design. The results obtained in this first stage were very promising, but they could anticipate that it was necessary to improve the proposal in order to successfully reach the initial goal.



Modelos CAD del envase de referencia (izquierda) y del nuevo diseño (derecha). CAD models of reference packaging (left) and the new design (right).

Se decidió hacer un prototipo funcional del envase aprovechando las capacidades de Fabricación Aditiva instaladas en los laboratorios del Departamento de Ingeniería Industrial

de la IQS School of Engineering. Allí hay instalado un sistema de fabricación por Fused Deposition Modelling (FDM) Fortus 400 de Stratasys. Se fabricaron prototipos del envase de referencia y del nuevo envase, se ensayaron y se correlacionaron los resultados con los de los cálculos numéricos para ajustar el modelo.

The research team decided to develop a functional prototype of the packaging by making use of Additive Manufacturing facilities installed in the laboratories of the Industrial Engineering Department of IQS School of Engineering. There they had a manufacturing system for Fused Deposition Modelling (FDM) Fortus 400 from Stratasys.

They were able to manufacture prototypes of the reference packaging and the new packaging as well. Then, these prototypes were tested and results were checked with the numerical calculations to adjust the model.



Sistema de fabricación Fortus 400 mc., de Stratasys (izquierda) y fabricación de prototipos en Policarbonato (derecha). Manufacturing System Fortus 400mc, from Stratasys (left) and manufacturing prototypes in polycarbonate (right).

Teniendo mayor control sobre las variables de diseño, se decidió aumentar la rigidez del envase propuesto añadiendo elementos estructurales, a los que se llamó Differential Steps (DS).

After having a greater control over design variables, it was decided to increase stiffness of the proposed packaging by adding structural elements which were called Differential Steps (DS).



Diseño final con rigidizadores estructurales (DS). Final design with structural stiffeners (SS).

Después de varias iteraciones se llegó a un resultado muy prometedor que se pudo validar incluso con prototipos físicos fabricados por FMD.

After many trials they obtained a highly promising result, which was even validated with physical prototypes manufactured by FMD.



Prototipos del envase de referencia y los nuevos diseños.
Reference packaging prototypes and new designs.

Al comparar los resultados de la experimentación con los prototipos se vio que el nuevo diseño era muy favorable comparado con el envase de referencia. Con esta perspectiva se decidió fabricar un molde para fabricar una serie cero. Se escogió el proceso de extrusión-soplado para poder regular de manera más flexible y barata la tara del envase.

When comparing the research results of trials with the prototypes, it was observed that the new design was much better than the reference packaging. From this standpoint, it was decided to manufacture a mould to produce a zero series. The procedure was done by extrusion-blow moulding in order to regulate the tare weight of the packaging in an economical and more flexible way.



Molde piloto y uno de los envases fabricados en él.
Pilot mould and the packaging produced from it.

VÍAS DE FINANCIACIÓN Y PROPUESTAS DE PROYECTOS INNOVADORES APLICADOS AL PACKAGING

El Cluster de Packaging organizó una jornada en LEITAT, donde, además de presentarse propuestas de proyectos innovadores a partir de determinadas tecnologías industriales desarrolladas en el BIP (Barcelona Institute of Packaging), como la biotecnología, los nanomateriales, el tratamiento de superficies, polímeros, etc., también se explicaron diferentes opciones para las empresas para encontrar financiación tanto a nivel público (para proyectos de i + I + D) como a nivel privado (Arboribus).

Por una parte, ACCIÓ (Generalitat de Catalunya) informó sobre las propuestas regionales y europeas (Horizon 2020). LEITAT, desde su departamento de gestión de proyectos europeos, explicó las líneas abiertas este año 2013 en Europa para proyectos de i + I + D. El Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial CDTI, dependiente del Ministerio de Economía y Competitividad, presentó sus líneas de financiación a nivel nacional.

Por último, se presentó Arboribus, como una vía innovadora en sí misma orientada a financiar pequeñas y medianas empresas. Como comenta Josep Nebot, gerente de la empresa, es una iniciativa pionera en España que crea una alternativa de financiación y de inversión a las tradicionalmente ofrecidas por el sistema financiero. A través de la plataforma de Arboribus, las personas pueden prestar dinero directamente a pequeñas y medianas empresas (modelo de financiación conocido como "Crowdlending"), obteniendo así atractivas rentabilidades.

FUNDING CHANNELS AND INNOVATIVE PROJECT PROPOSALS AS REGARDS PACKAGING

The Packaging Cluster organised a conference at LEITAT, which saw the presentation of various innovative project proposals that will make use of certain industrial technologies developed at the BIP (Barcelona Institute of Packaging), such as biotechnology, nano materials, surface treatments, polymers, etc. Different options were also explained to companies on how to find funding both on a public level (for i + I + D projects) as well as in the private sphere (Arboribus).

ACCIÓ (Generalitat de Catalunya) provided information on regional and European proposals (Horizon 2020). LEITAT, from its European project management department, explained the lines open in Europe for i + I + D projects this year (2013). The Centre for Technological Development (CDTI), now part of the Ministry of Economy and Competitiveness, presented its funding lines on a national level.

Finally, Arboribus introduced itself as an innovative channel, targeted towards financing small and medium-sized businesses. As company director Josep Nebot remarked, it's a pioneering initiative in Spain that creates alternative funding and investment options to those traditionally offered by the financial system. Through the Arboribus platform, people can lend money directly to small and medium firms (funding model known as "crowd-lending"), and thus gain attractive returns.