

2020-2021
ENTREGABLE



Proyecto "PACKBEST"

**INVESTIGACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LOS PERFILES DE ONDA EN EL
COMPORTAMIENTO DE LOS EMBALAJES DE CARTÓN ONDULADO
DURANTE LAS OPERACIONES DE TRANSPORTE**

DOCUMENTO DE RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Número de proyecto: 22000055

Expediente: IMDEEA/2020/23

Duración: Del 01/05/2020 al 30/09/2021

Coordinado en AIDIMME por: MARTÍNEZ MARTÍN, MARIA EVA

Línea de I+D: **SISTEMAS DE EMBALAJE**

“PACKBEST” – Investigación de la influencia de los perfiles de onda en el comportamiento de los embalajes de cartón ondulado durante las operaciones de transporte

Índice

RESUMEN EJECUTIVO	4
1 INTRODUCCIÓN	4
2 OBJETIVOS	6
3 MATERIALES SELECCIONADOS	6
3.1 PLANCHAS DE CARTÓN ONDULADO	6
3.2 EMBALAJES DE CARTÓN ONDULADO	7
3.2.1 EMBALAJES PARA FRUTAS Y VERDURAS	8
3.2.2 EMBALAJES PARA PRODUCTOS CONGELADOS	10
4 PLANIFICACIÓN DE PRUEBAS	10
4.1 PRUEBAS PARA PLANCHAS DE CARTÓN ONDULADO	10
4.2 PRUEBAS PARA EMBALAJES PARA FRUTAS Y VERDURAS	13
4.3 PRUEBAS PARA EMBALAJES PARA PRODUCTOS CONGELADOS	14
5 RESULTADOS	15
5.1 RESULTADOS DE LAS PLANCHAS DE CARTÓN ONDULADO	15
5.2 RESULTADOS DE EMBALAJES PARA FRUTAS Y VERDURAS	16
5.3 RESULTADOS DE EMBALAJES PARA PRODUCTOS CONGELADOS	23
6 CONCLUSIONES	25
7 RECOMENDACIONES DE MEJORA Y OPTIMIZACIÓN	27
Resumen	28
Referencias	29

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Perfiles de onda del cartón ondulado	5
Tabla 2. Plancha canal B	6
Tabla 3. Planchas canales EB	6
Tabla 4. Planchas canales BC	7
Tabla 5. Cajas 400 mm x 300 mm	9
Tabla 6. Cajas 500 mm x 300 mm	9
Tabla 7. Cajas 600 mm x 400 mm	9
Tabla 8. Cajas para productos congelados	10
Tabla 9. Resultados plancha de cartón ondulado canal B	15
Tabla 10. Resultados planchas de cartón ondulado canales EB	15
Tabla 11. Resultados planchas de cartón ondulado canales BC	16

“PACKBEST” – Investigación de la influencia de los perfiles de onda en el comportamiento de los embalajes de cartón ondulado durante las operaciones de transporte

Tabla 12. Resultados BCT cajas 400 mm x 300 mm	16
Tabla 13. Resultados BCT cajas 500 mm x 300 mm	18
Tabla 14. Resultados BCT cajas 600 mm x 400 mm	19
Tabla 15. Resultados de la prueba de flexión del fondo	22
Tabla 16. Resultados de la prueba de rotura de la cadena del frío	22
Tabla 17. Resultados de la prueba en acondicionamiento estándar a 23 °C de temperatura y 50% de humedad relativa	23
Tabla 18. Resultados de la prueba a -20 °C.....	23
Tabla 19. Resultados de la prueba de rotura de la cadena del frío	24

LISTADO DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Cartón ondulado simple-cara.....	5
Fotografía 2. Cartón ondulado doble-cara	5
Fotografía 3. Cartón ondulado doble-doble.....	5
Fotografía 4. Cartón ondulado triple.....	5
Fotografía 5. Configuración en columna	8
Fotografía 6. Configuración en tejadillo	8
Fotografía 7. Determinación del gramaje.....	11
Fotografía 8. Determinación del espesor de cartón ondulado	11
Fotografía 9. Probeta para ECT.....	12
Fotografía 10. Prueba de determinación de la resistencia a la perforación	12
Fotografía 11. Prueba de determinación de la resistencia a la compresión dinámica	13
Fotografía 12. Prueba de determinación de la flexión del fondo	14

“PACKBEST” – Investigación de la influencia de los perfiles de onda en el comportamiento de los embalajes de cartón ondulado durante las operaciones de transporte

RESUMEN EJECUTIVO

Este documento contiene un resumen de las actividades del proyecto PACKBEST - Investigación de la influencia de los perfiles de onda en el comportamiento de los embalajes de cartón ondulado durante las operaciones de transporte.

AIDIMME quiere agradecer a las empresas Cartonajes La Plana, S.L.; Cartonajes Bernabeu, S.A.U. y Papelera de La Alquería, S.L. su apoyo y participación en el proyecto, sin las cuales que no hubiera sido posible alcanzar los objetivos marcados en el mismo.

1 INTRODUCCIÓN

Los embalajes de cartón ondulado son empleados de forma extensiva por prácticamente todos los sectores industriales para la manipulación, el transporte y el almacenamiento de mercancías. Si tenemos en cuenta la segregación por materiales empleados en la fabricación de envases y embalajes, los fabricados con papel y cartón representan el 35%. Además los expertos esperan un crecimiento sostenido de la demanda entre un 3,5% y 4,0% hasta el año 2023, entre otras por la versatilidad y prestaciones del material y su sostenibilidad.

La Comunidad Valenciana es uno de los motores del crecimiento del sector del papel y cartón, tal y como destaca la Asociación Española de Fabricantes de Envases y Embalajes (AFCO), teniendo en cuenta que los principales usuarios son las empresas de la alimentación y de forma destacada las productoras y comercializadoras de frutas y verduras frescas, las empresas químicas en las que se incluye la producción de pinturas y barnices, las empresas del sector cerámico, las empresas suministradoras de piezas para automoción y otros sectores tradicionales como mueble o juguete, todos ellos plenamente implantados en esta Comunidad (<https://www.afco.es/publicaciones/valencia-y-murcia-motores-del-crecimiento-del-carton-ondulado-en-espana>). También esta Comunidad es la sede de grandes grupos empresariales dedicados a la fabricación estos embalajes con una importante creación de empleo (<https://www.lasprovincias.es/economia/empresas/hinojosa-gigante-carton-20200216230959-ntvo.html?ref=https:%2F%2Fwww.google.com%2F;https://www.expansion.com/valencia/2018/06/15/5b23fc2d268e3e6e308b460b.html>)

Sin embargo, el cartón ondulado, pese a su cotidianidad, es un material complejo. Se compone de una combinación de papeles planos y papeles ondulados, los cuales presentan diferentes calidades, y también presenta distintas estructuras. Papeles y estructuras, junto con el diseño, se combinan para proporcionar a los embalajes cartón ondulado sus características y adecuarlo al producto que se desea proteger y transportar.

Las estructuras del cartón ondulado se muestran a continuación:

- Cartón ondulado simple-cara: compuesto por dos papeles, una cara y un papel ondulado

“PACKBEST” – Investigación de la influencia de los perfiles de onda en el comportamiento de los embalajes de cartón ondulado durante las operaciones de transporte



Fotografía 1. Cartón ondulado simple-cara

- Cartón ondulado doble-cara: compuesto por tres papeles, de los que dos de ellos que forman las caras y un papel ondulado las separa



Fotografía 2. Cartón ondulado doble-cara

- Cartón ondulado doble-doble: compuesto por cinco papeles, dos forman las caras del cartón ondulado, a las cuales se unen dos papeles ondulados, separados entre sí por una cara lisa



Fotografía 3. Cartón ondulado doble-doble

- Cartón ondulado triple: constituido por siete papeles, dos forman las caras del cartón ondulado, a las cuales se unen tres papeles ondulados, separados entre sí por dos caras lisas.



Fotografía 4. Cartón ondulado triple

Las ondas más habituales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1. Perfiles de onda del cartón ondulado

Perfil del ondulado	Altura (mm)	Paso (mm)	Canales por metro	Coefficiente de ondulación
Onda grande (Canal A)	Aprox. 5	> 8	110 a 116	1,48 a 1,52
Onda pequeña (Canal B)	Aprox. 3	7 a 8	152 a 159	1,33 a 1,36
Onda mediana (Canal C)	Aprox. 4	6 a 7	123 a 137	1,41 a 1,45
Micro-canal (Canal E)	Aprox. 2	< 4	294 a 313	1,23 a 1,30

“PACKBEST” – Investigación de la influencia de los perfiles de onda en el comportamiento de los embalajes de cartón ondulado durante las operaciones de transporte

En la actualidad no existen estudios exhaustivos y actualizados que permitan relacionar las propiedades y el comportamiento de los embalajes con su composición y estructura. Solamente se pueden encontrar trabajos de investigación centrados en una característica, o que tengan en cuenta factores que pueden afectar a la resistencia del cartón ondulado, como las variaciones en el contenido en humedad.

2 OBJETIVOS.

Teniendo en cuenta lo anteriormente indicado, el proyecto PACKBEST tiene como principal objetivo la optimización de los embalajes de cartón ondulado mediante el conocimiento de la influencia sobre sus prestaciones de la composición y estructura del cartón ondulado. Como objetivo específico se establece las relaciones existentes entre la composición del cartón ondulado, las propiedades del cartón ondulado y el comportamiento en transporte de diferentes tipologías de embalaje fabricado con este material.

3 MATERIALES SELECCIONADOS

Seguidamente se muestra un resumen de los materiales seleccionados para la realización de las actividades del proyecto, que fueron planchas de cartón ondulado y los embalajes fabricados con las mismas.

3.1 PLANCHAS DE CARTÓN ONDULADO

Se ha seleccionado las siguientes planchas, con las que posteriormente se fabricaron los embalajes objeto de estudio en este proyecto.

Tabla 2. Plancha canal B

Plancha	Cara exterior	Ondulado interior	Cara interior
B1	T 140 g/m ²	F 140 g/m ²	T 140 g/m ²

Tabla 3. Planchas canales EB

Plancha	Cara exterior	Ondulado exterior	Cara lisa	Ondulado interior	Cara interior
EB1	TBE 160 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	K 150 g/m ²
EB2	KBE 160 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	K 150 g/m ²
EB3	KBE 160 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 200 g/m ²
EB4	KBE 160 g/m ²	SQ 145 g/m ²	K 200 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 200 g/m ²
EB5	KBE 160 g/m ²	SQ 145 g/m ²	K 220 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 220 g/m ²
EB6	KBE 160 g/m ²	SQ 150 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 220 g/m ²

“PACKBEST” – Investigación de la influencia de los perfiles de onda en el comportamiento de los embalajes de cartón ondulado durante las operaciones de transporte

Tabla 4. Planchas canales BC

Plancha	Cara exterior	Ondulado exterior	Cara lisa	Ondulado interior	Cara interior
BC1	K 150 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	K 150 g/m ²
BC2	K 150 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 200 g/m ²
BC3	K 150 g/m ²	SQ 150 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 220 g/m ²
BC4	K 150 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 150 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 200 g/m ²
BC5	TBE 160 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	K 150 g/m ²
BC6	KBE 160 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	K 150 g/m ²
BC7	KBE 160 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 200 g/m ²
BC8	KBE 160 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 220 g/m ²
BC9	KBE 160 g/m ²	SQ 150 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 220 g/m ²
BC10	KBE 160 g/m ²	SQ 145 g/m ²	K 200 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 200 g/m ²
BC11	KBE 160 g/m ²	SQ 145 g/m ²	K 220 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 220 g/m ²

3.2 EMBALAJES DE CARTÓN ONDULADO

Una de las tipologías de embalaje que se tenía claro desde un principio que era objeto de la investigación, fue la de los embalajes destinados al transporte y almacenamiento de frutas y verduras. A su vez, los embalajes destinados al transporte y almacenamiento de productos hortofrutícolas son también muy interesantes desde el punto de vista científico, ya que tienen que ser capaces de mantener su resistencia cuando las condiciones de transporte son desfavorables. Las frutas y verduras se distribuyen refrigeradas y liberan humedad en el ambiente, lo que afecta a las propiedades del cartón ondulado.

La otra tipología de embalaje seleccionada fue la de los embalajes para almacenar productos congelados. La inclusión estos embalajes en la investigación se debió a que, habitualmente, son motivo de reclamación y se deseaba establecer las causas que originaban las posibles quejas.

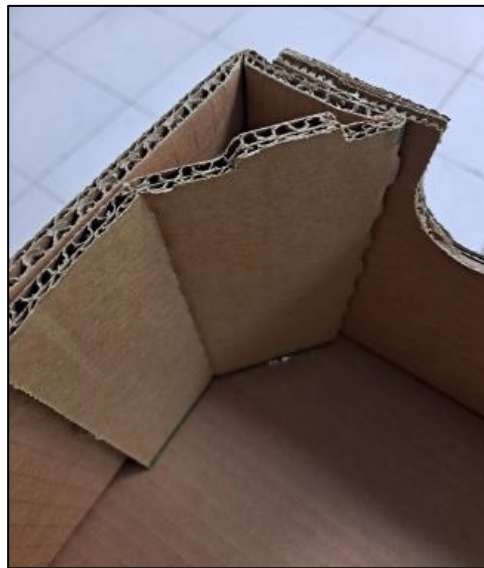
A continuación se muestra los embalajes objeto del proyecto. Cuando se muestra su composición, ésta atiende a la leyenda:

- K: papel kraft-liner
- KB: papel kraft-liner blanqueado
- KBE: papel kraft-liner blanqueado estucado
- T: papel test-liner
- TBE: papel test-liner blanqueado estucado
- SQ: papel semiquímico
- F: papel fluting medium reciclado

“PACKBEST” – Investigación de la influencia de los perfiles de onda en el comportamiento de los embalajes de cartón ondulado durante las operaciones de transporte

3.2.1 EMBALAJES PARA FRUTAS Y VERDURAS

Los embalajes para frutas y verduras se seleccionaron según las dimensiones del fondo, siendo éstas 400 mm x300 mm, 500 mm x 300 mm y 600 mm x 400 mm, variando las alturas. Otro aspecto importante fue su estructura. Todas estas cajas estaban formadas por cartón ondulado doble-doble, con canales EB o BC y podían ser cajas con tejadillo, aquellas en las que el testero forma una especie de repisa de la que sobresale una pestaña de encaje, o cajas de columna, que son las que en el testero el cartón se pliega formando un triángulo (columna). También se tuvo en cuenta su composición y el peso del contenido.



Fotografía 5. Configuración en columna



Fotografía 6. Configuración en tejadillo

“PACKBEST” – Investigación de la influencia de los perfiles de onda en el comportamiento de los embalajes de cartón ondulado durante las operaciones de transporte

Tabla 5. Cajas 400 mm x 300 mm

Caja	Dimensiones (mm)	Configuración	Peso contenido (kg)	Cara exterior	Ondulado exterior	Cara lisa	Ondulado interior	Cara interior
1	400x300x90 BC	Tejadillo	4	K 150 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	K 150 g/m ²
2	400x300x97 BC	Columna	4	K 150 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	K 150 g/m ²
3	400x300x110 BC	Tejadillo	4	KBE 160 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 220 g/m ²
4	400x300x205 EB	Tejadillo	5	KBE 160 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	K 150 g/m ²
5	400x300x205 EB	Tejadillo	5	TBE 160 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	K 150 g/m ²
6	400x300x205 EB	Tejadillo	5	TBE 160 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	K 150 g/m ²
7	400x300x205 EB	Tejadillo	5	TBE 160 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	K 150 g/m ²
8	400x300x205 EB	Tejadillo	5	TBE 160 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	K 150 g/m ²
9	400x300x205 EB	Tejadillo	5	TBE 160 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	K 150 g/m ²
10	400x300x205 EB	Tejadillo	5	TBE 160 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	K 150 g/m ²

Tabla 6. Cajas 500 mm x 300 mm

Caja	Dimensiones (mm)	Configuración	Peso contenido (kg)	Cara exterior	Ondulado exterior	Cara lisa	Ondulado interior	Cara interior
1	500x300x90 EB	Columna	5	KBE 160 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 200 g/m ²
2	500x300x90 EB	Columna	5	KBE 160 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 200 g/m ²
3	500x300x95 EB	Tejadillo	5	KBE 160 g/m ²	SQ 145 g/m ²	K 220 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 220 g/m ²
4	500x300x95 EB	Tejadillo	5	KBE 160 g/m ²	SQ 145 g/m ²	K 220 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 220 g/m ²
5	500x300x95 EB	Tejadillo	5	KBE 160 g/m ²	SQ 145 g/m ²	K 200 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 200 g/m ²
6	500x300x100 BC	Tejadillo	5	KBE 160 g/m ²	SQ 150 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 220 g/m ²
7	500x300x100 EB	Tejadillo	5	KBE 160 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 200 g/m ²

Tabla 7. Cajas 600 mm x 400 mm

Caja	Dimensiones (mm)	Configuración	Peso contenido (kg)	Cara exterior	Ondulado exterior	Cara lisa	Ondulado interior	Cara interior
1	600x400x95 BC	Tejadillo	7	K 150 g/m ²	SQ 150 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 220 g/m ²
2	600x400x95 EB	Tejadillo	5	KBE 160 g/m ²	SQ 145 g/m ²	K 200 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 200 g/m ²
3	600x400x100 BC	Tejadillo	7	KBE 160 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 200 g/m ²
4	600x400x100 BC	Tejadillo	7	KBE 160 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 200 g/m ²
5	600x400x100 BC	Tejadillo	7	KBE 160 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 200 g/m ²
6	600x400x100 BC	Columna	7	K 150 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 200 g/m ²
7	600x400x110 BC	Tejadillo	5	KBE 160 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	K 150 g/m ²
8	600x400x110 BC	Tejadillo	5	KBE 160 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	K 150 g/m ²
9	600x400x110 BC	Tejadillo	5	KBE 160 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	K 150 g/m ²
10	600x400x110 BC	Tejadillo	5	TBE 160 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	K 150 g/m ²
11	600x400x110 BC	Tejadillo	5	TBE 160 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	K 150 g/m ²
12	600x400x110 BC	Tejadillo	5	TBE 160 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	K 150 g/m ²
13	600x400x110 BC	Tejadillo	7	K 150 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 150 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 200 g/m ²
14	600x400x150 BC	Tejadillo	12	KB 160 g/m ²	SQ 150 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 220 g/m ²
15	600x400x153 BC	Columna	6	K 150 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 150 g/m ²

“PACKBEST” – Investigación de la influencia de los perfiles de onda en el comportamiento de los embalajes de cartón ondulado durante las operaciones de transporte

16	600x400x160 BC	Columna	7	K 150 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 150 g/m ²
17	600x400x170 BC	Tejadillo	15	KBE 160 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 220 g/m ²
18	600x400x180 BC	Tejadillo	15	KBE 160 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 150 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 220 g/m ²
19	600x400x180 BC	Tejadillo	15	K 220 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 150 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 220 g/m ²
20	600x400x180 BC	Tejadillo	15	K 150 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 220 g/m ²
21	600x400x180 BC	Tejadillo	15	KB 160 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 220 g/m ²
22	600x400x180 BC	Columna	15	K 150 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 200 g/m ²
23	600x400x230 BC	Columna	14	K 150 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 220 g/m ²
24	600x400x230 BC	Columna	20	K 150 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 150 g/m ²
25	600x400x230 BC	Tejadillo	20	K 150 g/m ²	SQ 150 g/m ²	SQ 145 g/m ²	SQ 150 g/m ²	K 220 g/m ²

3.2.2 EMBALAJES PARA PRODUCTOS CONGELADOS

Los embalajes para productos congelados estaban formados por cajas de solapas fabricadas por cartón doble-cara canal B, con la misma composición, y la diferencia entre los embalajes fueron las dimensiones de los mismos.

Los embalajes seleccionados para productos congelados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 8. Cajas para productos congelados

Caja	Dimensiones (mm)	Cara exterior	Ondulado interior	Cara interior
1	375x195x300 B	T 140 g/m ²	F 140 g/m ²	T 140 g/m ²
2	395x265x235 B	T 140 g/m ²	F 140 g/m ²	T 140 g/m ²
3	375x210x320 B	T 140 g/m ²	F 140 g/m ²	T 140 g/m ²
4	400x155x255 B	T 140 g/m ²	F 140 g/m ²	T 140 g/m ²

4 PLANIFICACIÓN DE PRUEBAS

A continuación se muestra las pruebas realizadas sobre los materiales seleccionados, para la consecución de los objetivos del proyecto.

4.1 PRUEBAS PARA PLANCHAS DE CARTÓN ONDULADO

Las pruebas seleccionadas fueron las siguientes:

- Determinación del gramaje según UNE-EN ISO 536:2021
Dimensiones de la probeta: 10 000 mm²
Pre-acondicionamiento: 25 °C de temperatura y 35% de humedad relativa
Acondicionamiento: 23 °C de temperatura y 50% de humedad relativa
Probetas ensayadas: 20

“PACKBEST” – Investigación de la influencia de los perfiles de onda en el comportamiento de los embalajes de cartón ondulado durante las operaciones de transporte



Fotografía 7. Determinación del gramaje

- Determinación del espesor según UNE-ISO 3034:2016
Dimensiones de la probeta: 10 000 mm²
Pre-acondicionamiento: 25 °C de temperatura y 35% de humedad relativa
Acondicionamiento: 23 °C de temperatura y 50% de humedad relativa
Probetas ensayadas: 10



Fotografía 8. Determinación del espesor de cartón ondulado

“PACKBEST” – Investigación de la influencia de los perfiles de onda en el comportamiento de los embalajes de cartón ondulado durante las operaciones de transporte

- Determinación de la resistencia al aplastamiento sobre el canto ECT según UNE-EN ISO 3037:2013
 - Dimensiones de la probeta: 25 mm x 100 mm
 - Velocidad de los platos: 12,5 mm/min
 - Pre-acondicionamiento: 25 °C de temperatura y 35% de humedad relativa
 - Acondicionamientos:
 - 23 °C de temperatura y 50% de humedad relativa
 - 20 °C de temperatura y 90% de humedad relativa
 - Probetas ensayadas: 10 en cada condición



Fotografía 9. Probeta para ECT

- Determinación de la resistencia a la perforación según UNE-ISO 3036:2013
 - Dimensiones de la probeta: 175 mm x 175 mm
 - Pre-acondicionamiento: 25 °C de temperatura y 35% de humedad relativa
 - Acondicionamientos:
 - 23 °C de temperatura y 50% de humedad relativa
 - 20 °C de temperatura y 90% de humedad relativa
 - Probetas ensayadas: 20 en cada condición



Fotografía 10. Prueba de determinación de la resistencia a la perforación

“PACKBEST” – Investigación de la influencia de los perfiles de onda en el comportamiento de los embalajes de cartón ondulado durante las operaciones de transporte

4.2 PRUEBAS PARA EMBALAJES PARA FRUTAS Y VERDURAS

Antes de realizar las pruebas para establecer el comportamiento de esta tipología de embalajes, se abordaron los aspectos relativos a su montaje. Habitualmente estos embalajes se sirven en forma de plancha y son montados posteriormente por centros de montaje, dependientes de las empresas fabricantes o bien de las usuarias, pero independientes de la fabricación del cartón ondulado. Para evitar la influencia del montaje, se decidió que éste se llevase a cabo en AIDIMME empleando adhesivo termofusible, al igual que el empleado en los centros de montaje. El laboratorio de AIDIMME ya contaba con los medios necesarios y con un protocolo de montaje para cajas hortofrutícolas.

En los embalajes para frutas y verduras se llevaron a cabo las pruebas que se muestra a continuación.

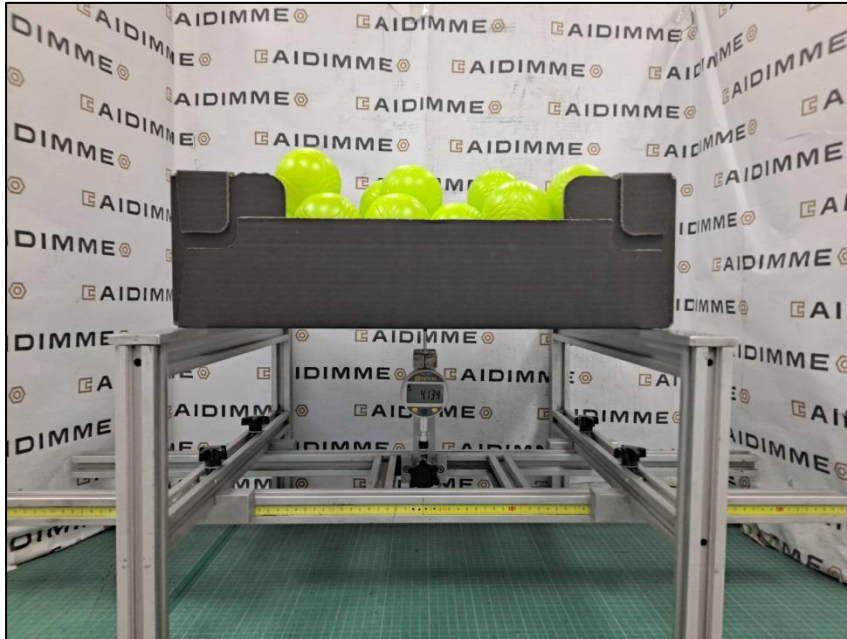
- Determinación de la resistencia a la compresión dinámica según UNE 137001:2003
Montaje de las cajas: En el laboratorio de AIDIMME con adhesivo termofusible
Pre-acondicionamiento: 23 °C de temperatura y 50% de humedad relativa
Acondicionamiento: 20 °C de temperatura y 90% de humedad relativa
Velocidad de compresión: 12,5 mm/min
Precarga: 5% de valor obtenido con un máximo de 200 N
Posición del embalaje: Embalaje paralelepípedo apoyado sobre el fondo
Cajas ensayadas: 5



Fotografía 11. Prueba de determinación de la resistencia a la compresión dinámica

- Determinación de la flexión del fondo según UNE 49706:2002 (esta prueba se lleva a cabo en cajas cuyo contenido superaba los 15 kg)
Montaje de las cajas: En el laboratorio de AIDIMME con adhesivo termofusible
Pre-acondicionamiento: 23 °C de temperatura y 50% de humedad relativa
Acondicionamiento: 20 °C de temperatura y 90% de humedad relativa
Peso aplicado: 1,5 veces el peso del contenido
Contenido: Pelotas de plástico rellenas de agua, con pesos de 195 g y 10 g, respectivamente
Tiempo de aplicación del peso: 10 minutos
Cajas ensayadas: 5

“PACKBEST” – Investigación de la influencia de los perfiles de onda en el comportamiento de los embalajes de cartón ondulado durante las operaciones de transporte



Fotografía 12. Prueba de determinación de la flexión del fondo

- Rotura de la cadena de frío (esta prueba se lleva a cabo en cajas cuyo contenido supera los 15 kg)
 - Montaje de las cajas: Montaje en el laboratorio de AIDIMME con adhesivo termofusible
 - Pre-acondicionamiento: 23 °C de temperatura y 50% de humedad relativa
 - Peso aplicado en las cajas: Peso nominal del contenido
 - Contenido: Pelotas de plástico rellenas de agua, con pesos de 195 g y 10 g, respectivamente
 - Acondicionamiento: 72 horas a 3°C de temperatura
 - Transición a 20 °C de temperatura y 90% de humedad relativa en menos de 15 minutos

4.3 PRUEBAS PARA EMBALAJES PARA PRODUCTOS CONGELADOS

Seguidamente se muestra las pruebas que se llevaron a cabo sobre los embalajes destinados a contener productos congelados. Estas pruebas comparten con las cajas para frutas y verduras la prueba de resistencia a la compresión, si bien las condiciones de acondicionamiento para la realización de la misma fueron diferentes, adaptándolas al uso previsto. También se realizó esta prueba tras la rotura de la cadena de frío, muy relevante en el transporte de productos congelados, quedando como se describe.

“PACKBEST” – Investigación de la influencia de los perfiles de onda en el comportamiento de los embalajes de cartón ondulado durante las operaciones de transporte

- Determinación de la resistencia a la compresión dinámica según UNE 137001:2003
 Montaje de las cajas: Montaje en el laboratorio de AIDIMME con cinta de embalar
 Pre-acondicionamiento: 25 °C de temperatura y 35% de humedad relativa
 Acondicionamientos:
 23 °C de temperatura y 50% de humedad relativa
 -20 °C de temperatura
 5 minutos a 20 °C de temperatura y 90% de humedad relativa tras acondicionamiento a -20°C
 Velocidad de compresión: 12,5 mm/min
 Precarga: 5% de valor obtenido con un máximo de 200 N
 Posición del embalaje: Embalaje paralelepípedo apoyado sobre el fondo
 Cajas ensayadas: 5 cajas a 23 °C de temperatura y 50% de humedad relativa y a -20 °C. y 3 cajas tras transición a 20 °C de temperatura y 90% de humedad relativa

5 RESULTADOS

5.1 RESULTADOS DE LAS PLANCHAS DE CARTÓN ONDULADO

Tabla 9. Resultados plancha de cartón ondulado canal B

Plancha de cartón	Acond. 23/50				Acond. 20/90	
	Gramaje (g/m ²)	Espesor (mm)	ECT (kN/m)	Perforación (J)	ECT (kN/m)	Perforación (J)
B1	452	4,11	4,60	4,1	2,10	3,8

Tabla 10. Resultados planchas de cartón ondulado canales EB

Plancha de cartón	Acond. 23/50				Acond. 20/90	
	Gramaje (g/m ²)	Espesor (mm)	ECT (kN/m)	Perforación (J)	ECT (kN/m)	Perforación (J)
EB1	881	4,53	13,06	12,8	7,17	11,1
EB2	888	4,51	13,17	13,4	7,36	12,0
EB3	1010	4,56	15,63	15,0	7,51	14,0
EB4	1080	4,66	15,43	16,6	8,69	15,8
EB5	1098	4,65	17,12	15,7	7,75	15,3
EB6	1034	4,63	15,70	15,2	7,60	14,4

“PACKBEST” – Investigación de la influencia de los perfiles de onda en el comportamiento de los embalajes de cartón ondulado durante las operaciones de transporte

Tabla 11. Resultados planchas de cartón ondulado canales BC

Plancha de cartón	Acond. 23/50				Acond. 20/90	
	Gramaje (g/m ²)	Espesor (mm)	ECT (kN/m)	Perforación (J)	ECT (kN/m)	Perforación (J)
BC1	875	6,67	11,87	12,8	5,61	11,6
BC2	999	6,76	14,11	15,2	6,78	13,6
BC3	1078	6,85	14,10	16,6	6,16	14,4
BC4	1045	6,87	14,11	15,2	6,89	14,2
BC5	892	6,81	11,99	13,2	5,47	12,2
BC6	896	6,78	12,04	13,6	5,66	12,8
BC7	972	6,71	14,73	15,6	6,74	14,3
BC8	1005	6,78	14,18	16,0	7,65	14,8
BC9	1064	6,73	15,19	17,7	8,08	16,4
BC10	1104	6,72	14,85	18,0	7,91	16,8
BC11	1139	6,80	15,26	19,2	7,99	17,4

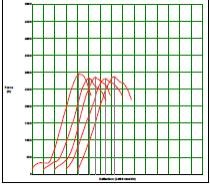
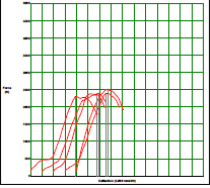
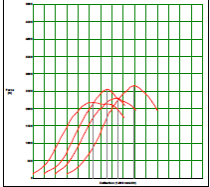
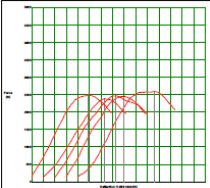

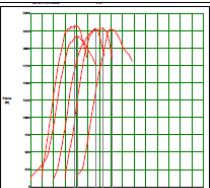
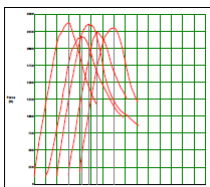
5.2 RESULTADOS DE EMBALAJES PARA FRUTAS Y VERDURAS

Prueba de resistencia a la compresión dinámica (BCT)

Tabla 12. Resultados BCT cajas 400 mm x 300 mm

Caja	Dimensiones (mm)	Configuración	BCT (N)	BCT (kg)	BCT 10% (N)	BCT 10% (kg)	Gráfico
1	400x300x90 BC	Tejadillo	2641	269	2555	260	
2	400x300x97 BC	Columna	3237	330	-	-	
3	400x300x110 BC	Tejadillo	3188	325	2884	294	

“PACKBEST” – Investigación de la influencia de los perfiles de onda en el comportamiento de los embalajes de cartón ondulado durante las operaciones de transporte

4	400x300x205 EB	Tejadillo	2863	292	-	-	
5	400x300x205 EB	Tejadillo	2395	244	-	-	
6	400x300x205 EB	Tejadillo	2423	247	-	-	
7	400x300x205 EB	Tejadillo	2477	252	-	-	
9	400x300x205 EB	Tejadillo	2129	217	-	-	
9	400x300x205 EB	Tejadillo	2267	231	-	-	
10	400x300x205 EB	Tejadillo	2289	233	-	-	

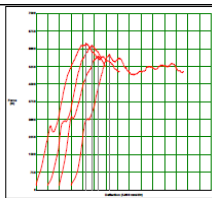
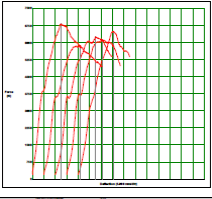
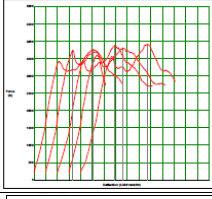
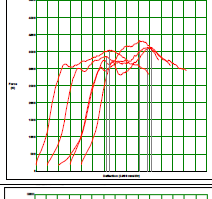
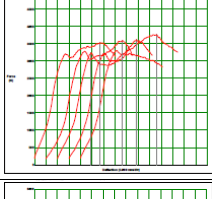
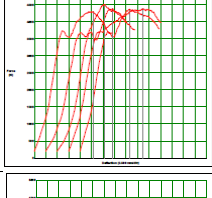
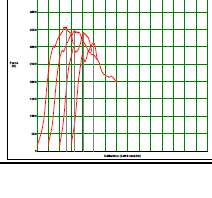
“PACKBEST” – Investigación de la influencia de los perfiles de onda en el comportamiento de los embalajes de cartón ondulado durante las operaciones de transporte

Tabla 13. Resultados BCT cajas 500 mm x 300 mm

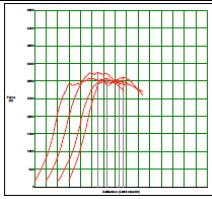
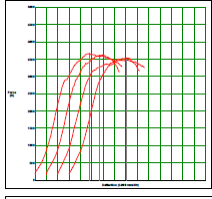
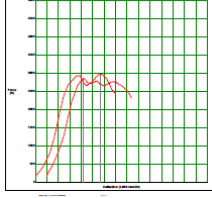
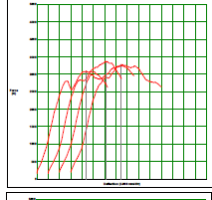
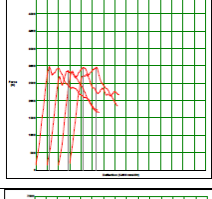
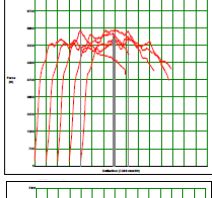
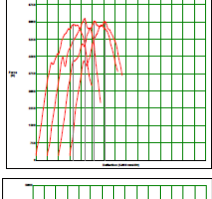
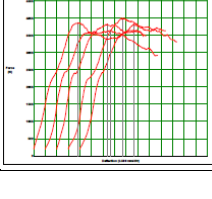
Caja	Dimensiones (mm)	Configuración	BCT (N)	BCT (kg)	BCT 10% (N)	BCT 10% (kg)	Gráfico
1	500x300x90 EB	Columna	6951	709	6792	692	
2	500x300x90 EB	Columna	7350	749	6977	711	
3	500x300x95 EB	Tejadillo	5278	538	4507	459	
4	500x300x95 EB	Tejadillo	5158	526	4655	475	
5	500x300x95 EB	Tejadillo	4495	458	4333	442	
6	500x300x100 BC	Tejadillo	3575	364	3502	358	
7	500x300x100 EB	Tejadillo	4695	479	4592	468	

“PACKBEST” – Investigación de la influencia de los perfiles de onda en el comportamiento de los embalajes de cartón ondulado durante las operaciones de transporte

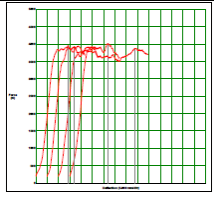
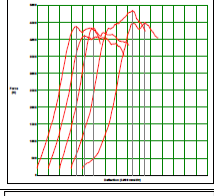
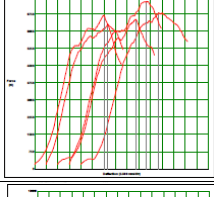
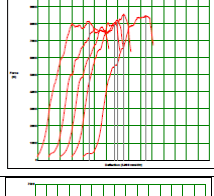

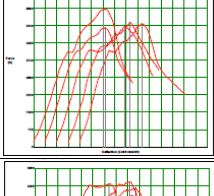
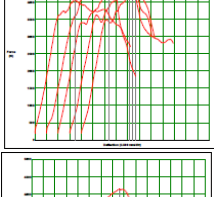
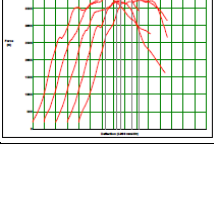
Tabla 14. Resultados BCT cajas 600 mm x 400 mm

Caja	Dimensiones (mm)	Configuración	BCT (N)	BCT (kg)	BCT 10% (N)	BCT 10% (kg)	Gráfico
1	600x400x95 BC	Tejadillo	5955	607	3547	362	
2	600x400x95 EB	Tejadillo	6309	643	5221	532	
3	600x400x100 BC	Tejadillo	3819	389	3643	371	
4	600x400x100 BC	Tejadillo	3593	366	3353	342	
5	600x400x100 BC	Tejadillo	3539	361	3338	340	
6	600x400x100 BC	Columna	4377	446	4037	412	
7	600x400x110 BC	Tejadillo	3388	345	3345	341	

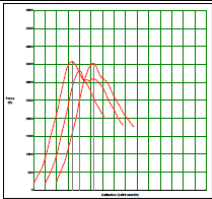
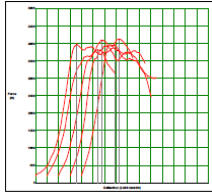
“PACKBEST” – Investigación de la influencia de los perfiles de onda en el comportamiento de los embalajes de cartón ondulado durante las operaciones de transporte

8	600x400x110 BC	Tejadillo	3106	317	3105	317	
9	600x400x110 BC	Tejadillo	3579	365	3564	363	
10	600x400x110 BC	Tejadillo	2910	297	2904	296	
11	600x400x110 BC	Tejadillo	3248	331	-	-	
12	600x400x110 BC	Tejadillo	2938	299	2932	299	
13	600x400x110 BC	Tejadillo	5764	588	5283	539	
14	600x400x150 BC	Tejadillo	6022	614	5853	597	
15	600x400x153 BC	Columna	3825	390	-	-	

“PACKBEST” – Investigación de la influencia de los perfiles de onda en el comportamiento de los embalajes de cartón ondulado durante las operaciones de transporte

16	600x400x160 BC	Columna	3942	402	3913	399	
17	600x400x170 BC	Tejadillo	4429	451	-	-	
18	600x400x180 BC	Tejadillo	6706	684	-	-	
19	600x400x180 BC	Tejadillo	8286	845	-	-	
20	600x400x180 BC	Tejadillo	4882	498	-	-	
21	600x400x180 BC	Tejadillo	5409	551	-	-	
22	600x400x180 BC	Columna	4375	446	-	-	
23	600x400x230 BC	Columna	3857	393	-	-	

“PACKBEST” – Investigación de la influencia de los perfiles de onda en el comportamiento de los embalajes de cartón ondulado durante las operaciones de transporte

24	600x400x230 BC	Columna	3474	354	-	-	
25	600x400x230 BC	Tejadillo	3993	407	-	-	

Prueba de determinación de la flexión del fondo

Tabla 15. Resultados de la prueba de flexión del fondo

Caja	Dimensiones (mm)	Configuración	Peso contenido (kg)	Flexión del fondo (mm)
17	600x400x170 BC	Tejadillo	15	8,1
18	600x400x180 BC	Tejadillo	15	7,8
19	600x400x180 BC	Tejadillo	15	7,1
20	600x400x180 BC	Tejadillo	15	8,2
21	600x400x180 BC	Tejadillo	15	8,4
22	600x400x180 BC	Columna	15	9,1
24	600x400x230 BC	Columna	20	11,2
25	600x400x230 BC	Tejadillo	20	10,7

Prueba de rotura de la cadena de frío

Tabla 16. Resultados de la prueba de rotura de la cadena del frío

Caja	Dimensiones (mm)	Configuración	Peso contenido (kg)	Resultado
17	600x400x170 BC	Tejadillo	15	<p>Si bien las cargas fueron capaces de permanecer estables durante una hora tras la rotura de la cadena de frío, presentaron un acusado pandeo de las paredes y del fondo, que podrían afectar a la protección del producto.</p> <p>Intensos fenómenos de condensación en el interior de las cajas y sobre la carga simulada.</p>
18	600x400x180 BC	Tejadillo	15	
19	600x400x180 BC	Tejadillo	15	
20	600x400x180 BC	Tejadillo	15	
21	600x400x180 BC	Tejadillo	15	
22	600x400x180 BC	Columna	15	
24	600x400x230 BC	Columna	20	
25	600x400x230 BC	Tejadillo	20	
26	600x400x240 BC	Tejadillo	20	

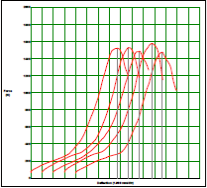
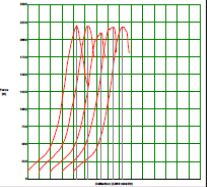
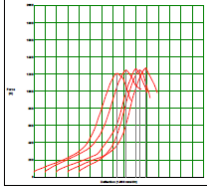
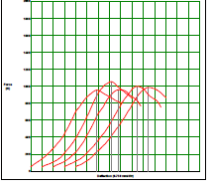
“PACKBEST” – Investigación de la influencia de los perfiles de onda en el comportamiento de los embalajes de cartón ondulado durante las operaciones de transporte

5.3 RESULTADOS DE EMBALAJES PARA PRODUCTOS CONGELADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos para las cajas destinadas a transportar productos congelados.

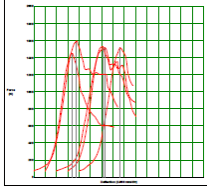
Acondicionamiento: 23 °C de temperatura y 50% de humedad relativa

Tabla 17. Resultados de la prueba en acondicionamiento estándar a 23 °C de temperatura y 50% de humedad relativa

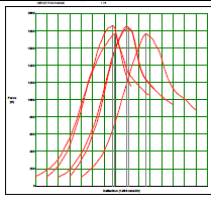
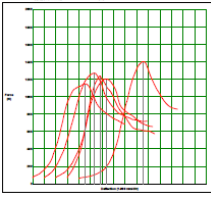
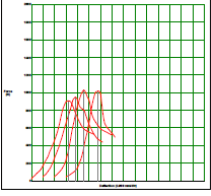
Caja	Dimensiones (mm)	BCT (N)	BCT (kg)	Gráfico
1	375x195x300 B	1517	155	
2	395x265x235 B	2167	221	
3	375x210x320 B	1245	127	
4	400x155x255 B	990	101	

Acondicionamiento: -20°C

Tabla 18. Resultados de la prueba a -20 °C

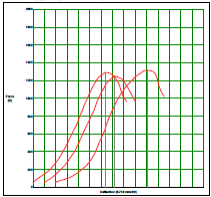
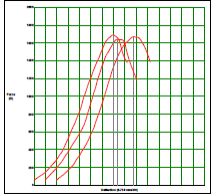
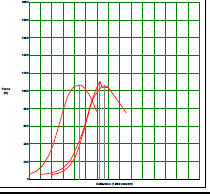
Caja	Dimensiones (mm)	BCT (N)	BCT (kg)	Gráfico
1	375x195x300 B	1520	155	

“PACKBEST” – Investigación de la influencia de los perfiles de onda en el comportamiento de los embalajes de cartón ondulado durante las operaciones de transporte

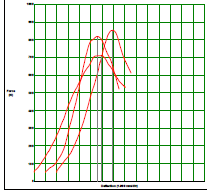
2	395x265x235 B	1811	185	
3	375x210x320 B	1252	128	
4	400x155x255 B	976	99,5	

Acondicionamiento: Rotura de la cadena de frío

Tabla 19. Resultados de la prueba de rotura de la cadena del frío

Caja	Dimensiones (mm)	BCT (N)	BCT (kg)	Gráfico
1	375x195x300 B	1284	130	
2	395x265x235 B	1667	170	
3	375x210x320 B	1073	109	

“PACKBEST” – Investigación de la influencia de los perfiles de onda en el comportamiento de los embalajes de cartón ondulado durante las operaciones de transporte

4	400x155x255 B	794	80,9	
---	---------------	-----	------	--

6 CONCLUSIONES

Seguidamente se muestra las conclusiones encontradas.

Planchas de cartón ondulado: En primer lugar se centró la atención en los valores de resistencia al aplastamiento sobre el canto ECT, ya que se considera que esa propiedad está directamente relacionada con la resistencia a la compresión de los embalajes que se fabrican con las planchas de cartón ondulado. Se observó que el valor de ECT devuelve valores similares cuando la composición del ondulado no variaba, aunque los papeles que formaban las caras difirieran en clasificación y/o gramaje. Sin embargo, en el caso de la resistencia a la perforación, sí que se apreció la influencia de los papeles para caras, ya que un incremento en el gramaje o en la calidad de los mismos reflejó un aumento de la resistencia a la perforación.

Por otro lado, se evidenció que la resistencia al aplastamiento sobre el canto ECT está muy influida por las condiciones atmosféricas, con un fuerte descenso al incrementar la humedad del acondicionamiento (partiendo de la estándar a 23 °C de temperatura a la de lata humedad a 20 °C de temperatura y 90% de humedad relativa), con un mínimo de un 44%, pero llegando incluso hasta el 56%. Por el contrario, la resistencia a la perforación se vio mucho menos afectada por el cambio de condiciones, siendo el mayor descenso experimentado del 13%.

Estas conclusiones están en consonancia con las obtenidas en el desarrollo del proyecto ONDUBEST, “Investigación de la influencia de los perfiles de onda en el comportamiento y propiedades del cartón ondulado”, realizado entre los años 2019-2020 (Expediente: IMDEEA/2019/40).

Embalajes para frutas y verduras. Influencia de la configuración: Al realizar las comparaciones con cajas de las mismas dimensiones y misma composición con la única diferencia de la configuración, es decir, en columna o en tejadillo, se observó que la configuración de columna siempre devolvió una mejor resistencia a la compresión - un 23% más en la configuración de columna - lo lleva a concluir que esta configuración es la preferente cuando se requiere incrementar la resistencia al apilamiento de los embalajes.

Embalajes para frutas y verduras. Influencia del perfil de las ondas: Los embalajes para frutas y verduras seleccionados presentaron dos perfiles de onda, onda EB y onda BC, si bien la onda EB solamente se emplea en cajas destinadas a contener poco peso (en las cajas seleccionadas para el proyecto, el peso de contenido no superaba los 5 kg). A igualdad del resto de parámetros, dimensiones y configuración, las cajas fabricadas con cartón ondulado con perfil de onda EB

“PACKBEST” – Investigación de la influencia de los perfiles de onda en el comportamiento de los embalajes de cartón ondulado durante las operaciones de transporte

presentaron una mayor resistencia a la compresión. Si bien el menor espesor de esta configuración haría pensar que sería menos eficiente en un esfuerzo de compresión, la alta concentración de canales por metro de ambas ondas, y por ello de papel ondulado que ha demostrado que tiene alta influencia en la resistencia a la compresión sobre el canto ECT, hace que las cajas fabricadas con cartón ondulado EB resistan más, cuantificándose entre un 20% y un 25% de incremento en la resistencia.

Embalajes para frutas y verduras. Influencia de las dimensiones: Como ya se esperaba, a igual composición, estructura y altura, un incremento de las dimensiones llevaba asociado un aumento de la resistencia a la compresión, al ser mayor la superficie de apoyo. Mucho más relevantes fueron las conclusiones derivadas de la variación de la altura de las cajas. Las cajas con una altura por debajo de 150 mm experimentaron una deflexión mayor que el 10% de la altura de la caja (solo hubo dos excepciones) independientemente del resto de dimensiones, configuración, estructura o composición. Superar ese porcentaje de deflexión obligó a recalcular el valor de resistencia a la compresión BCT, considerándolo menor que el máximo obtenido inicialmente. Por lo general, el cálculo mostró una reducción de resistencia que no superó el 10% del máximo alcanzado, pero en cajas por debajo de 100 mm, excepcionalmente la reducción podría ser del 40%. También relacionado con la altura de las cajas se observó que a igualdad del resto de parámetros, al incrementarse la altura de las cajas disminuye la resistencia a la compresión. Esta pérdida no es lineal y es mayor cuanto más alta es la caja. Diferencias de hasta 10 mm de altura no producen variaciones significativas. Aumentar en 50 mm la altura de la caja disminuye en entre un 18% y un 20% la resistencia a la compresión, tanto en cajas de columnas como de tejadillo.

Embalajes para frutas y verduras. Influencia de la composición de cartón ondulado: La composición del cartón ondulado también demostró tener influencia sobre la resistencia a la compresión de las cajas y, a diferencia de lo que ocurría con las planchas de cartón ondulado, tanto los papeles planos como los papeles para ondular ejercieron su efecto sobre la resistencia a la compresión BCT. Este último hecho podría deberse a que la determinación de la resistencia a la compresión en columna (ECT) se lleva a cabo con probetas que presentan una altura de 25 mm, con lo que la rigidez del cartón tiene poco efecto, que sí se pone de manifiesto en la compresión de los embalajes. Ejemplo de ello es que sustituir el papel de la cara exterior de un kraft-liner a un test-liner (sin variar el resto de parámetros) incrementó la resistencia a la compresión hasta en un 10,5%. De igual manera, incrementar cualquiera de los papeles planos en 10 g/m², mejora en hasta en un 11% la resistencia a la compresión. Sin embargo, la influencia de los papeles planos pierde eficiencia cuando la altura aumenta. En las cajas más altas, 230 mm, incrementar en 70 g/m² uno de los papeles planos solo se tradujo en un 15% de mejora en la resistencia a la compresión.

Tal y como se esperaba, la resistencia a la compresión de las cajas se vio muy influida por los papeles ondulados, un incremento de 5 g/m² en los papeles ondulados produjo un 20% más en la mencionada resistencia. No se pierde prácticamente eficiencia al aumentar la altura de las cajas.

“PACKBEST” – Investigación de la influencia de los perfiles de onda en el comportamiento de los embalajes de cartón ondulado durante las operaciones de transporte

Embalajes para frutas y verduras. Flexión del fondo: Los valores de la flexión del fondo fueron independientes de la altura de la caja y dependieron exclusivamente del peso de contenido y de la composición de cartón ondulado. En este caso, la mayor influencia la ejercen los papeles planos, que son los que aportan rigidez al cartón ondulado, si bien las diferencias entre las cajas con un mismo peso fueron inferiores a 1 mm.

Embalajes para frutas y verduras. Rotura de la cadena de frío: La rotura de la cadena de frío afectó a todos los embalajes por igual, fuera cual fuese su configuración, estructura o composición. Las cargas permanecieron estables cuando se mantuvieron en las condiciones de refrigeración, pero se vieron muy afectadas al pasar bruscamente a condiciones de alta humedad. Se produjeron condensaciones importantes en el interior y exterior de las cajas, lo que provocó que, ante la pérdida de resistencia, las paredes y el fondo pandeasen, comprometiendo la estabilidad de la carga. Si bien todas las cargas probadas fueron capaces de permanecer durante 1 hora sin colapsar, esto fue posible porque no hubo desplazamiento de las cargas. En una situación real de transporte, no se descarta que las cargas pudiesen colapsar debido al incremento de humedad del cartón.

Embalajes para productos congelados: La creencia de que la congelación hace que las cajas incrementen su resistencia a la compresión resultó no ser cierta. En el mejor de los casos mantiene la misma resistencia que la evaluada cuando se acondiciona bajo el acondicionamiento estándar a 23 °C de temperatura y 50% de humedad relativa. Cuando se rompe la cadena de frío las cajas experimentan una pérdida de resistencia a la compresión con respecto a la inicial entre un 15% y un 23%.

7 RECOMENDACIONES DE MEJORA Y OPTIMIZACIÓN

Seguidamente se muestra las recomendaciones para la mejora y optimización de los embalajes.

Embalajes para frutas y verduras

- Siempre que sea posible, se recomienda el empleo de la configuración en columna, ya que es la que proporciona una mayor resistencia a la compresión de la caja.
- Si bien tradicionalmente se ha considerado que las estructuras con microcanal no son adecuadas para la fabricación de embalajes que deben soportar peso y proporcionar resistencia a la compresión, la combinación de canales EB ha resultado ser más efectiva que la combinación BC. Se recomienda pues el empleo de la combinación de canales EB en las cajas destinadas a contener poco peso.
- Se ha de tener en cuenta que la resistencia a la compresión se ve influida por la altura de la caja. Las cajas con poca altura, por debajo de 150 mm, generalmente alcanzan el máximo de resistencia a la compresión con una deflexión superior al 10% de la altura de la caja, lo que comprometería el contenido de las cajas. Para evitar superar el límite de

“PACKBEST” – Investigación de la influencia de los perfiles de onda en el comportamiento de los embalajes de cartón ondulado durante las operaciones de transporte

deflexión, se recomienda incrementar la resistencia del cartón ondulado para proporcionar un extra de al menos un 10% de la resistencia final a la compresión deseada.

- La altura de las cajas influye en la resistencia a la compresión, debido a la disipación de energía por la deformación de la caja, lo que es más acusado en las cajas de mayor altura, es decir, las que superan los 170 mm. Se recomienda incrementar la resistencia del cartón ondulado para compensar dicha deformación, pudiendo llegar a ser necesario un 20% extra de la resistencia a la compresión deseada, en cajas altas con contenidos pesados.
- La forma más efectiva de incrementar la resistencia a la compresión del cartón ondulado es incrementando el gramaje y la calidad de los papeles ondulados, si bien en el caso de los embalajes para frutas y verduras, la mejora de los papeles planos también demuestra su influencia en la resistencia a la compresión.
- Para la mejora de los valores de flexión del fondo hay que actuar sobre la composición del cartón ondulado, principalmente sobre los papeles planos, incrementando su gramaje y calidad.
- Todas las calidades y configuraciones se ven afectadas por una rotura brusca de la cadena de frío, desembocando en condensaciones y deformaciones de las cajas. Se recomienda advertir de sus efectos a los agentes de transporte, ya que no es posible una actuación preventiva de sus efectos adversos en el proceso de fabricación de las cajas.

Embalajes para productos congelados

- La congelación no incrementa la resistencia de las cajas, lo que se debe de tener en cuenta en su diseño. Para prevenir colapsos debidos a la rotura de la cadena de frío, se debe incrementar la resistencia prevista de las cajas en, al menos, un 15%. Una vez más, se recomienda advertir de los efectos adversos de la rotura de la cadena de frío, si no es posible realizar una actuación preventiva de incremento de la resistencia.

Resumen.

En este documento se muestra las conclusiones y relaciones obtenidas entre las propiedades físico-mecánicas de las planchas de cartón ondulado y el comportamiento de los embalajes

“PACKBEST” – Investigación de la influencia de los perfiles de onda en el comportamiento de los embalajes de cartón ondulado durante las operaciones de transporte

Referencias

1. *UNE-EN 20187:1994. Papel, cartón y pastas. Atmósfera normal de acondicionamiento y ensayo y procedimiento para controlar la atmósfera y el acondicionamiento de muestras*
2. *UNE -EN ISO 536:2021. Papel y cartón. Determinación del gramaje*
3. *UNE-ISO 3034:2016. Cartón ondulado. Determinación del espesor de una sola plancha.*
4. *UNE-EN ISO 3037:2013. Cartón ondulado. Determinación de la resistencia al aplastamiento sobre el canto (método sin impregnación de parafina).*
5. *UNE-ISO 3036:2013. Cartón. Determinación de la resistencia a la perforación.*
6. *UNE 137001:2003. Envases y embalajes de cartón ondulado y compacto vacíos. Determinación de la resistencia a la compresión.*
7. *UNE 49706:2002. Envases y embalajes. Envases para el transporte de frutas y hortalizas. Determinación de la flexión estática del fondo.*
8. *UNE-EN ISO 2233: 2002. Envases y embalajes. Embalajes de expedición completos y llenos y unidades de carga. Acondicionamiento para ensayos.*
9. *UNE-EN ISO 2234:2003. Envases y embalajes. Embalajes de expedición completos y llenos y unidades de carga. Ensayos de apilamiento utilizando una carga estática.*
10. *ASTM D4332-14. Standard Practice for Conditioning Containers, Packages, or Packaging Components for Testing*
11. *ASTM D4577-19. Standard Test Method for Compression Resistance of a Container Under Constant Load*