



PUBLICA

AIMPLAS. Instituto Tecnológico del Plástico.
València Parc Tecnològic. C/ Gustave Eiffel, 4
46980 Paterna (Valencia) ESPAÑA
Tel.: (+34) 96 136 60 40
Fax: (+34) 96 136 60 41
www.aimplas.es
info@aimplas.es

AUTORES

AIMPLAS. Laboratorio de Envase
Ana Pascual Lizaga
Colaboraciones: Sergio Giménez Bueno
Pedro Melgarejo Martínez, Juan Pujol Salvador

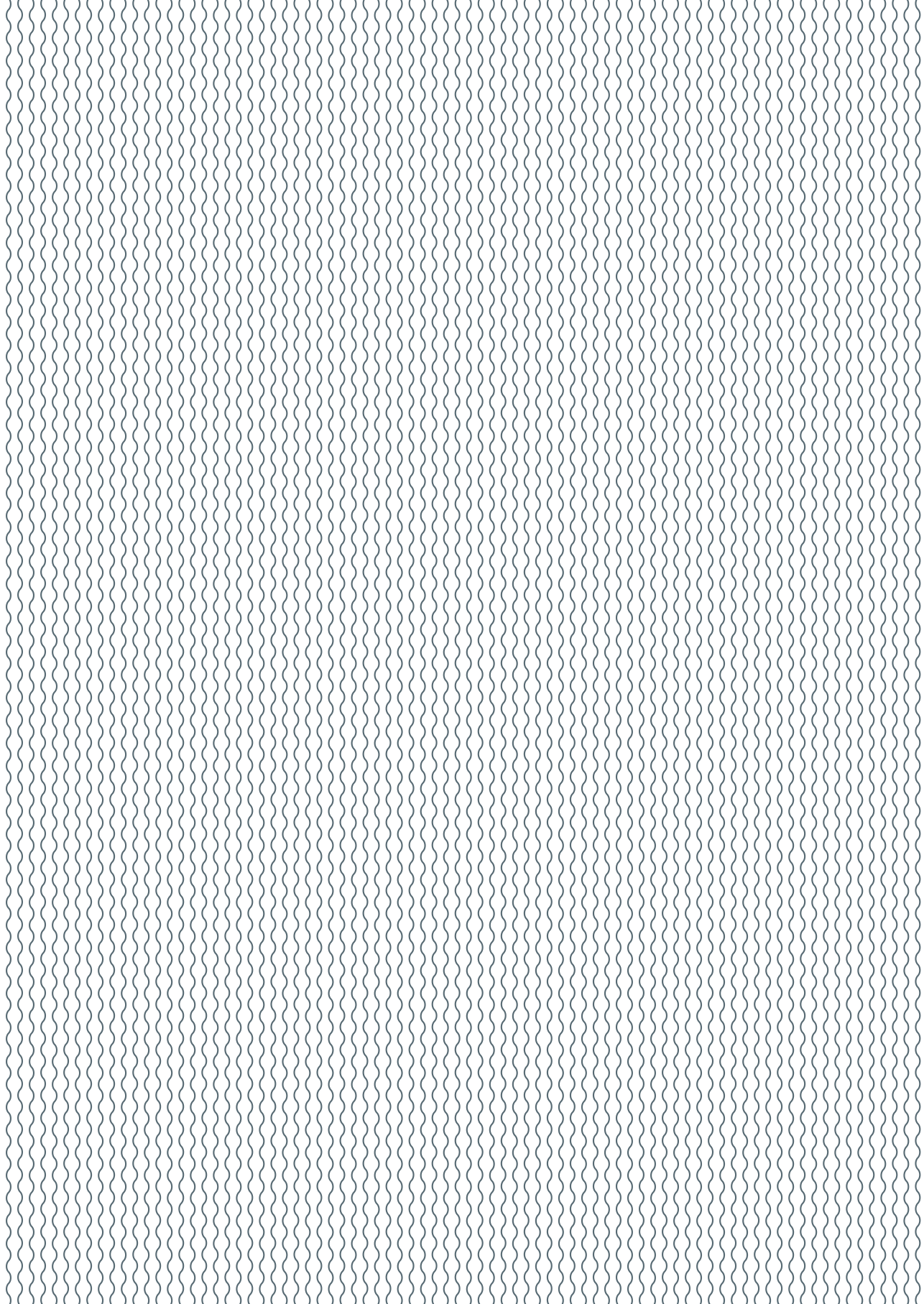
DISEÑO Y MAQUETACIÓN

Estudio Comunico



Guía

de criterios de calidad
y puntos de control
en el diseño de envases
y embalajes plásticos



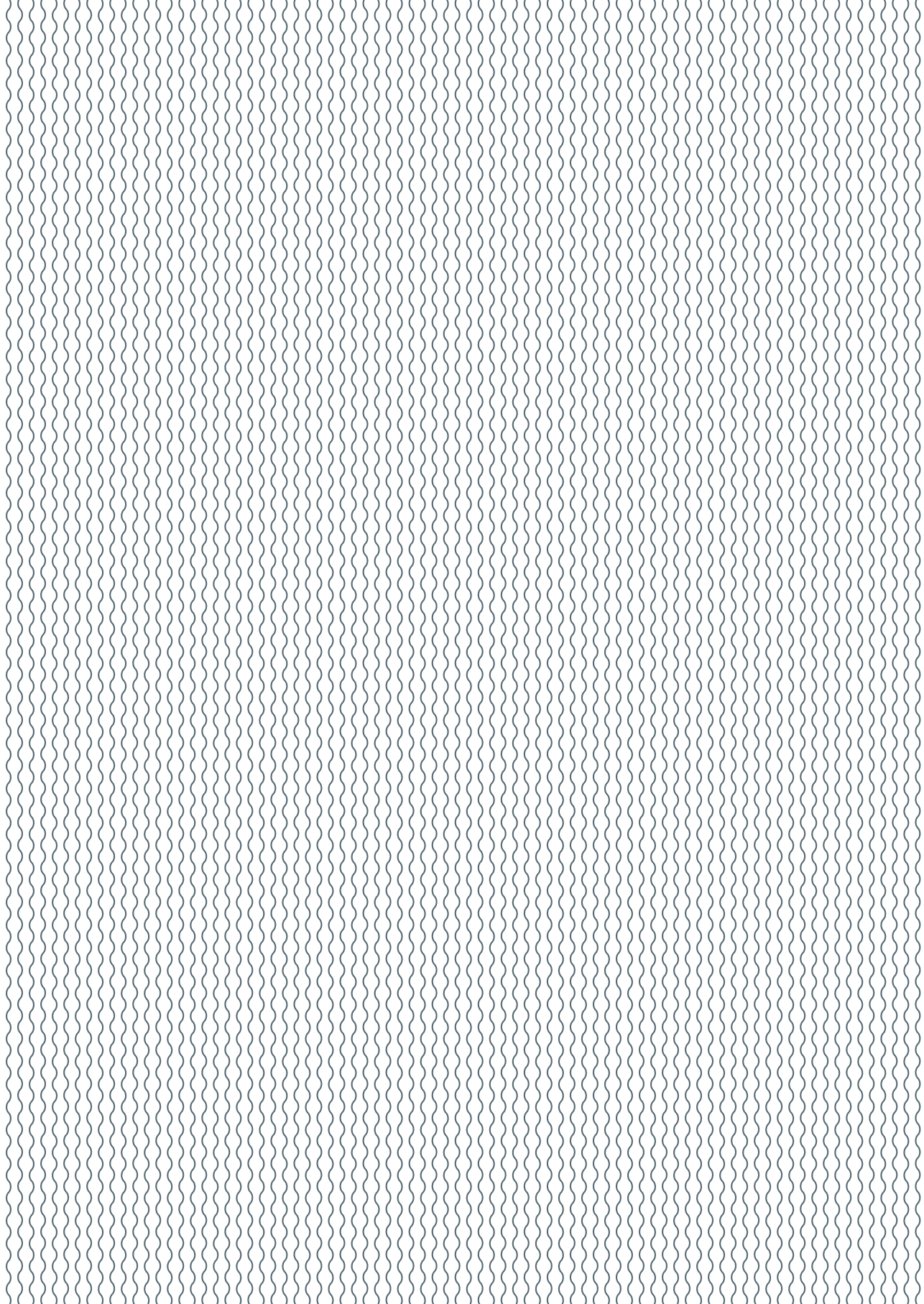
Presentación

La presente **Guía de criterios de calidad y puntos de control en el diseño de envases y embalajes plásticos** pretende ser una herramienta de utilidad para las empresas relacionadas con el sector del envase plástico, principalmente diseñadores, transformadores y usuarios finales de este tipo de envases. El objetivo es facilitar el conocimiento de los controles de calidad de este tipo de productos, en función de la tipología de envase concreta y del sector de aplicación en el que va a ser utilizado.

Para ello, la forma más ágil de consultar la Guía es la siguiente:

- 1** Para un determinado tipo de producto (botella, tarrina pelable, etc.), en el **capítulo 1** se puede **consultar la matriz de tipos de envase - sectores de aplicación**, de manera que se pueda definir en qué sectores de aplicación suele ser empleado un tipo de envase determinado. Por ejemplo, las bandejas se emplean en todos los sectores considerados (alimentación, cosmético, químico y de productos de limpieza y farmacéutico) como envase secundario (sin contacto directo con el producto), pero en el sector alimentario pueden emplearse también como envase primario (en contacto directo con el producto).
- 2** Una vez que se dispone de la información acerca del tipo de envase de interés y de si se emplea como envase primario o secundario en el sector de aplicación a considerar, en el **capítulo 2** se dispone de una serie de **fichas de producto de envase**. Habría que seleccionar la ficha de producto de interés, y en ella se detalla el listado de parámetros más importantes a controlar para verificar la calidad del mismo. Siguiendo con el ejemplo anterior, para disponer de la información acerca de los parámetros de calidad a controlar para una bandeja de uso alimentario en contacto directo con los alimentos (envase primario), se consultará la ficha de producto de "Bandeja: envase primario", donde se detalla la lista de ensayos recomendados a realizar sobre dicho producto.
- 3** Una vez que se dispone de la información acerca de los análisis y ensayos recomendados para el envase concreto de interés, se puede consultar en el **capítulo 3 la descripción de las "Técnicas de control de calidad"**, así como la información obtenida de cada uno de ellos con ejemplos concretos.

La elaboración de esta Guía ha sido cofinanciada por el IMPIVA y el Fondo Europeo de desarrollo regional dentro de las ayudas al *II Plan de Competitividad de la Empresa Valenciana* 2011.



Índice

(1)

- 9 DEFINICIÓN DE PRODUCTOS DE ENVASE
- 19 MATRIZ DE TIPOS DE ENVASE - SECTORES DE APLICACIÓN

(2)

- 21 FICHAS TÉCNICAS DE PRODUCTO

(3)

- 53 TÉCNICAS DE CONTROL DE CALIDAD SOBRE ENVASE PLÁSTICO
- 56 (3).0. INTRODUCCIÓN
- 64 (3).1. IDENTIFICACIÓN DE MATERIAS PRIMAS Y OTROS COMPONENTES
- 75 (3).2. PROPIEDADES MECÁNICAS
- 95 (3).3. PROPIEDADES TÉRMICAS
- 98 (3).4. PROPIEDADES FÍSICAS
- 106 (3).5. PROPIEDADES ÓPTICAS
- 108 (3).6. PROPIEDADES BARRERA
- 110 (3).7. CUMPLIMIENTO DE LEGISLACIÓN EUROPEA DE PLÁSTICO EN CONTACTO CON ALIMENTOS
- 115 (3).8. ENSAYOS SENSORIALES
- 118 (3).9. CUMPLIMIENTO DE FARMACOPEA
- 122 (3).10. OTROS ENSAYOS ESPECÍFICOS SOBRE ENVASE FINAL





**Definición
de productos
de envase**

(1)

Definición de productos de envase

En este capítulo se ha llevado a cabo una selección de los tipos de envases más relevantes presentes en el mercado y se han relacionado con los sectores de aplicación en los que son utilizados.

Al final de este capítulo aparece una tabla que muestra la matriz de tipos de envase y los sectores de aplicación principales en los que se utilizan. Cuando se define un tipo de envase como **envase primario**, implica un contacto directo con el producto. Los **envases secundarios** son los empleados para contener envases primarios, pero no mantienen contacto con el producto (alimentario, cosmético, químico o de productos de limpieza y farmacéutico). Se considera necesaria esta distinción por los mayores requisitos de control de calidad requeridos por los envases primarios respecto a los secundarios.

Algunos ejemplos de los tipos de envase que se mencionan en la tabla se pueden ver a continuación:

BAG IN BOX



Se emplea para el almacenamiento y transporte de líquidos. Se compone de un embalaje exterior de cartón y una bolsa interior de plástico. En muchas ocasiones, la bolsa de plástico incorpora además un grifo para la dosificación del producto. Una aplicación muy extendida es, por ejemplo, el envasado de vino.

BANDEJAS



Recipientes relativamente poco profundos, que pueden o no llevar una tapa, empleados para contener productos. Dentro de esta amplia definición, existen bandejas de plástico de numerosos tipos, desde las empleadas como envase primario, por ejemplo en alimentación (espumadas, transparentes, de alta barrera, pelables, recerrables, etc.), hasta las empleadas como envase secundario, que suelen estar termoformadas para contener otros productos, como por ejemplo en packs de productos cosméticos.

BLISTERS



Se componen de una parte termoformada ("burbuja"), habitualmente de plástico transparente, y una superficie lisa, que puede ser de cartón, aluminio, plástico, etc. Ambas partes pueden estar grapadas, termoselladas o pegadas. El producto se encuentra en el espacio comprendido entre la superficie lisa y la burbuja. Este tipo de envase es muy empleado para productos farmacéuticos, como cápsulas y píldoras.

BOLSAS DE UN SOLO USO



Contenedores flexibles, generalmente cerrados por todas sus partes excepto por una, destinados principalmente al transporte de productos al por menor. Pueden ser de tipo camiseta, con asa lazo o con asa troquelada.

BOLSAS DE BASURA



Son bolsas destinadas a la recogida de basura doméstica. Suelen ser de polietileno virgen o reciclado, generalmente negras o coloreadas. Pueden cerrarse por mecanismos de autocierre, correa, o simplemente anudado. Los sacos para la recogida de basura doméstica, similares a las bolsas pero de mayor capacidad, se incluyen también en esta categoría.

BOLSAS REUTILIZABLES



Son bolsas similares a las de un solo uso en su forma, pero diseñadas para poder ser reutilizadas durante varios usos, habitualmente 15 como mínimo. Sus dimensiones también varían respecto a las bolsas de un solo uso, siendo de mayor espesor, mayor capacidad y mayor resistencia mecánica.

BOMBAS DOSIFICADORAS



Unidades empleadas en el cierre de botellas que tienen además la función de dosificar el producto, mediante un sistema de pistón activado por una pulsación. Están constituidas por diversas piezas.

BOTELLAS



Contenedores rígidos que constan de un cuello redondo de diámetro relativamente menor que el cuerpo y de una abertura capaz de soportar un tapón para la retención del producto contenido en su interior. Habitualmente se distinguen de los botes por tener un menor diámetro de cuello. La sección del cuerpo puede ser redonda, ovalada, cuadrada, oblonga, o una combinación de estas formas.

BOTES



Contenedores rígidos que constan de un cuello redondo de diámetro similar al del cuerpo y de una abertura relativamente grande capaz de soportar una tapa para la retención del producto contenido en su interior. La sección del cuerpo suele ser habitualmente redonda o cuadrada.

CAJAS



Contenedores rígidos formados por una base y cuatro paredes laterales, destinados al almacenamiento y transporte de productos.

DOY-PACK



Contenedores flexibles, diseñados para que su parte inferior les permita sostenerse en posición vertical, tanto llenos de producto como vacíos. Generalmente incorporan dos soldaduras longitudinales laterales y una soldadura en la parte superior. En muchas ocasiones constan de una boquilla para dosificar el producto, cerrada con un tapón.

ENVASES PELABLES



Envases compuestos de una bandeja o tarrina (dependiendo de la altura) sellada con un film en su parte superior, de manera que el producto contenido en su interior permanece totalmente aislado del ambiente exterior. Se dice que es pelable (también llamado abre-fácil o *Easy-Peel* en inglés) cuando no se requiere una gran fuerza de estirado para separar la tapa de film de la bandeja o tarrina.

FILM



Capa continua y delgada de material plástico, de pequeño espesor. Cuando el espesor es mayor de aproximadamente 250 micras, ya no suele hablarse de film, sino de lámina.

FILM ESTIRABLE



Tipo de film que presenta una alta resistencia a la tracción, presentando porcentajes de estiramiento muy altos, y que debido a esta propiedad se emplea principalmente en embalaje, para el agrupamiento de unidades de envase menores. También puede emplearse en otras aplicaciones, como por ejemplo, combinado con bandejas en el envasado de productos de bollería, frutas, etc.

FILM RETRÁCTIL



Tipo de film que al ser sometido a calor, se contrae en una o dos direcciones (longitudinal y transversal). Se emplea para proteger e inmovilizar el contenido, haciendo que el film quede en contacto con el producto. Un ejemplo sería el envasado de queso en forma de cuña o el agrupamiento de botellas en forma de pack.

FLOW-PACK



Este envase se compone de un film que presenta una soldadura longitudinal y dos transversales, formando una bolsa perfectamente sellada que contiene el producto.

GARRAFAS



Contenedores rígidos que constan de un cuello redondo de diámetro mucho menor que el cuerpo y de una abertura capaz de soportar un tapón para la retención del producto contenido en su interior. Se distinguen de botellas y botes por tener una mayor capacidad, así como por las aplicaciones en las que se emplean. La sección del cuerpo puede ser redonda, ovalada, cuadrada, oblonga, o una combinación de estas formas.

MALLAS



Contenedores formados por hilos o tiras de plástico entrecruzados, formando un patrón regular, usados para contener productos en su interior, principalmente con el objetivo de confinarlos o transportarlos, ya que no mantiene al producto aislado del exterior. Habitualmente suele ser tubular y va cerrada por dos grapas metálicas en sus extremos.

MENAJE DESECHABLE

Artículos de menaje fabricados en plástico, destinados a ser empleados una sola vez: platos, vasos, tenedores, cuchillos, cucharas, etc.



MENAJE REUTILIZABLE

Artículos de menaje fabricados en plástico, destinados a ser empleados varias veces, pudiendo ser sometidos a limpieza entre usos consecutivos: platos, vasos, tazas, fiambreras, etc.



PREFORMAS



Piezas inyectadas que constan de un cuello roscado y un cuerpo cilíndrico, que se emplean para la fabricación posterior de botellas y otros cuerpos huecos en el proceso de inyección-soplado. Las dimensiones del cuello permanecen constantes, mientras que el proceso de soplado hace que se estiren las paredes del cuerpo, tomando la forma correspondiente del molde para dar lugar a la botella.

SLEEVES



Films en forma de tubo (mangas o fundas) que tienen la capacidad de contraer en dirección transversal al ser sometidos a calor, tomando la forma del envase al que acompaña. Se emplean como envase secundario para envases de cuerpo hueco, como botellas y botes, habitualmente por razones decorativas (ya que suele ir impreso) o de agrupamiento de productos (por ejemplo, packs promocionales).

TAPAS Y TAPONES



Piezas de sección circular empleadas para el cerrado de botellas, botes, garrafas, etc., mediante presión o roscado. En algunos casos, la función del tapón es solo el cerrado de la botella, mientras que en otros casos pueden servir también para dosificar el contenido (mediante boquillas, cierres tipo bisagra, etc).

TUBOS

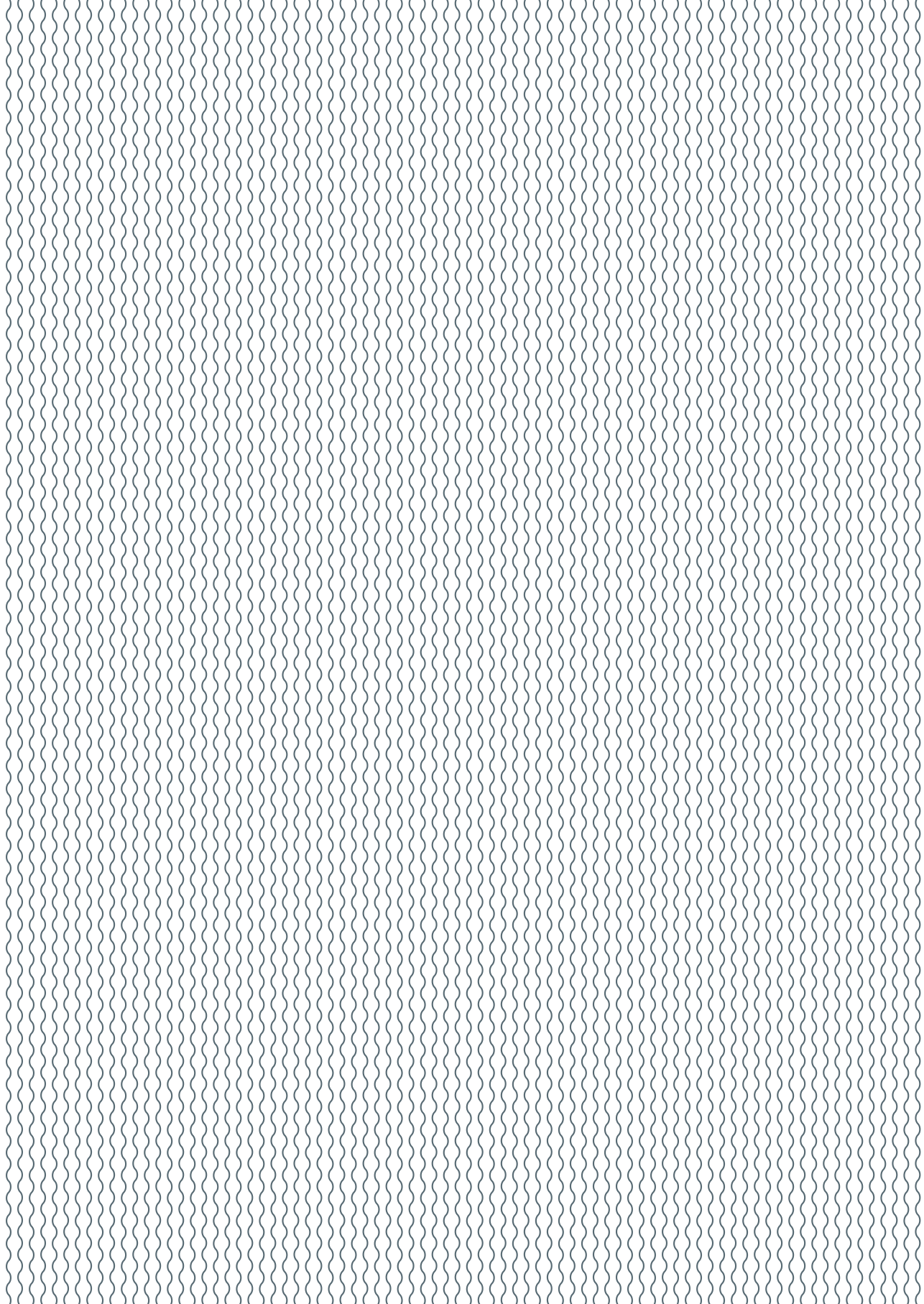


Contenedores cilíndricos sellados en un extremo y con una boquilla en la otra para la dispensación del producto. Esta boquilla va cerrada con un tapón.

TIPO DE ENVASE	SECTOR DE APLICACIÓN			
	ALIMENTARIO	COSMÉTICO	QUÍMICO + PRODUCTOS DE LIMPIEZA	FARMACÉUTICO
Bag-in-box	●		●	
Bandejas	● ●●	●●	●●	●●
Blisters	● ●●	● ●●	● ●●	● ●●
Bolsas de un solo uso	● ●●	●●	●●	●●
Bolsas de basura	●●	●●	●●	●●
Bombas dosificadoras	●	●	●	●
Botellas	●	●	●	●
Botes	●	●	●	●
Cajas	● ●●	●●	●●	●●
Doy-pack	●	●	●	●
Envases pelables	●	●	●	
Film	● ●●	● ●●	● ●●	● ●●
Film estirable	● ●●	●●	●●	●●
Film retráctil	● ●●	●●	●●	●●
Flow-pack	● ●●	● ●●	● ●●	● ●●
Garrafas	●		●	
Mallas	●			
Menaje desechable	●			
Menaje reutilizable	●			
Preformas	●	●	●	●
Sleeves	●●	●●	●●	●●
Tapas y tapones	●	●	●	●
Tubos	●	●	●	●

ENVASE PRIMARIO ●

ENVASE SECUNDARIO ●●





**Fichas técnicas
de producto**

(2)

Fichas técnicas de producto

En este capítulo de la Guía, se incluye una recopilación de **fichas de productos de envase**, en función del tipo de envase y de su empleo como envase primario o secundario en los distintos sectores de aplicación.

Tras la clasificación de los tipos de envase en función del sector de aplicación, se definen distintos casos en los que un tipo determinado de envase puede ser empleado o no en un sector de aplicación. En el caso de que sí sea empleado en dicho sector, puede serlo como envase primario (en contacto directo con el producto) o como envase secundario (sin contacto directo con el producto, conteniendo envases primarios en la mayor parte de los casos).

Para los envases empleados como envase primario, en la **ficha de producto de envase** se detalla, en función del sector de aplicación en el que va a ser utilizado, los análisis o ensayos a realizar. En la tabla pueden aparecer columnas con las siguientes abreviaturas:



..... SECTOR ALIMENTARIO



..... SECTOR COSMÉTICO



..... SECTOR QUÍMICO Y DE PRODUCTOS DE LIMPIEZA



..... SECTOR FARMACÉUTICO

Para los envases empleados como envase secundario, se define una ficha única de producto que no depende del sector de aplicación, ya que el envase no va a estar en contacto directo con los productos que contiene.



..... ENVASE PRIMARIO



..... ENVASE SECUNDARIO

(BAG IN BOX)

TIPO 

SECTOR  

Análisis y ensayos		
Identificación e idoneidad de los materiales	x	x
Análisis de estructuras multicapa, espesores y materiales empleados	x	x
Sustancias y/o disolventes residuales	x	x
Migración global	x	
Migración específica	x	
Análisis sensorial	x	
Velocidad de transmisión de oxígeno	x	
Velocidad de transmisión de vapor de agua	x	
Velocidad de transmisión de dióxido de carbono	x	
Análisis de la composición de los gases en el interior del envase (O ₂ , CO ₂ , N ₂)	x	
Análisis y/o evolución de oxígeno en el interior del envase mediante método de análisis no invasivo	x	
Estudios de vida útil	x	
Integridad del sellado	x	x
Estanqueidad	x	x
Test de estallido	x	x
Compatibilidad química	x	x
Tracción	x	x
Rasgado Elmendorf	x	x
Resistencia a punción	x	x
Deslaminación	x	x
Coefficiente de rozamiento estático y dinámico	x	x
Turbiedad	x	x
Gramaje	x	x
Estudio de termosellado	x	x

(BANDEJAS)

TIPO 

SECTOR 

Análisis y ensayos
Identificación e idoneidad de los materiales
Análisis de estructuras multicapa, espesores y materiales empleados
Índice de fluidez
Viscosidad intrínseca
Sustancias y/o disolventes residuales
Migración global
Migración específica
Análisis sensorial
Velocidad de transmisión de oxígeno
Velocidad de transmisión de vapor de agua
Velocidad de transmisión de dióxido de carbono
Análisis de la composición de los gases en el interior del envase (O ₂ , CO ₂ , N ₂)
Análisis y/o evolución de oxígeno en el interior del envase mediante método de análisis no invasivo
Estudios de vida útil
Compresión
Flexión
Deslaminación
Coordenadas de color
Turbiedad

(BANDEJAS)





TIPO  SECTOR    

Análisis y ensayos
Identificación e idoneidad de los materiales
Análisis de estructuras multicapa, espesores y materiales empleados
Índice de fluidez
Viscosidad intrínseca
Sustancias y/o disolventes residuales
Compresión
Flexión
Deslaminación
Coordenadas de color
Turbiedad
Brillo

(BLISTERS)

TIPO 

SECTOR    

Análisis y ensayos				
Identificación e idoneidad de los materiales	x	x	x	x
Análisis de estructuras multicapa, espesores y materiales empleados	x	x	x	x
Migración global	x			
Migración específica	x			
Sustancias y/o disolventes residuales	x	x	x	x
Velocidad de transmisión de oxígeno	x	x	x	x
Velocidad de transmisión de vapor de agua	x	x	x	x
Velocidad de transmisión de dióxido de carbono	x			
Análisis sensorial	x			
Estudios de vida útil	x	x	x	x
Análisis de la composición de los gases en el interior del envase (O ₂ , CO ₂ , N ₂)	x	x	x	x
Análisis y/o evolución de oxígeno en el interior del envase mediante análisis no invasivo	x	x	x	x
Compatibilidad química		x	x	x
Integridad del sellado	x	x	x	x
Estanqueidad	x	x	x	x
Sustancias y/o disolventes residuales	x	x		x
Estudio de termosellado	x	x	x	x
Compresión	x	x	x	x
Deslaminación	x	x	x	x
Resistencia a Punción	x	x	x	x
Turbiedad	x	x	x	x
Verificación del cumplimiento de la farmacopea				x
Verificación del cumplimiento de norma de envase compostable	x	x	x	x

(BLISTERS)

TIPO  SECTOR 

Análisis y ensayos
Identificación e idoneidad de los materiales
Análisis de estructuras multicapa, espesores y materiales empleados
Integridad del sellado
Estanqueidad
Estudio de termosellado
Compresión
Deslaminación
Resistencia a Punción
Turbiedad
Verificación del cumplimiento de norma de envase compostable

(BOLSAS DE UN SOLO USO)

TIPO 

SECTOR 

Análisis y ensayos
Aspecto
Dimensiones
Espesor
Volumen
Carga estática
Resistencia a la adhesión de las tintas
Resistencia a la carga dinámica (capacidad de transporte)
Resistencia al impacto (método caída de dardo)
Tracción
Rasgado Elmendorf
Contenido total de metales pesados (Pb, Cd, Hg, Cr)
Verificación del cumplimiento de norma de envase compostable
Migración global
Migración específica
Verificación del cumplimiento de norma de envase compostable

(BOLSAS DE UN SOLO USO)

TIPO  SECTOR    

Análisis y ensayos
Aspecto
Dimensiones
Espesor
Volumen
Carga estática
Resistencia a la adhesión de las tintas
Resistencia a la carga dinámica (capacidad de transporte)
Resistencia al impacto (método caída de dardo)
Tracción
Rasgado Elmendorf
Contenido total de metales pesados (Pb, Cd, Hg, Cr)
Verificación del cumplimiento de norma de envase compostable

(BOLSAS DE BASURA)

TIPO  SECTOR 

Análisis y ensayos
Dimensiones
Espesor
Opacidad
Resistencia a las fugas
Ensayo de caída
Resistencia del sistema de cierre
Contenido en metales pesados
Resistencia al impacto (método caída de dardo)
Tracción
Rasgado Elmendorf
Resistencia a la carga estática
Resistencia a la carga dinámica (capacidad de transporte)
Estanqueidad
Verificación del cumplimiento de norma de envase compostable

(BOMBAS DOSIFICADORAS)

TIPO 





SECTOR    

Análisis y ensayos				
Identificación e idoneidad de los materiales	X	X	X	X
Sustancias y/o disolventes residuales	X	X	X	X
Índice de fluidez	X	X	X	X
Viscosidad intrínseca	X	X	X	X
Migración global	X			
Migración específica	X			
Análisis sensorial	X			
Resistencia al impacto por caída libre	X	X	X	X
Caracterización dimensional.	X	X	X	X
Compatibilidad de los componentes al producto a contener	X	X	X	X
Pico de fuerza	X	X	X	X
Número de ciclos de uso	X	X	X	X
Estabilidad funcional	X	X	X	X
Fugas en los cierres	X	X	X	X
Verificación del cumplimiento de la farmacopea				X

(BOTELLAS)

TIPO 





SECTOR    

Análisis y ensayos				
Identificación e idoneidad de los materiales	x	x	x	x
Análisis de estructuras multicapa, espesores y materiales empleados	x	x	x	x
Índice de fluidez	x	x	x	x
Viscosidad intrínseca	x	x	x	x
Migración global	x			
Migración específica	x			
Sustancias y/o disolventes residuales	x	x	x	x
Análisis sensorial	x			
Velocidad de transmisión de oxígeno	x	x		x
Velocidad de transmisión de vapor de agua	x	x		x
Velocidad de transmisión de dióxido de carbono	x	x		
Análisis de la composición de los gases en el interior del envase (O ₂ , CO ₂ , N ₂)	x			
Análisis y/o evolución de oxígeno en el interior del envase mediante método de análisis no invasivo	x	x	x	x
Estudios de vida útil	x	x		x
Turbiedad	x	x		x
Brillo	x	x		x
Coordenadas de color	x	x		x
Estanqueidad	x	x	x	x
Fuerza de torque (tapones)	x	x	x	x
Compresión	x	x	x	x
Ensayo de caída libre	x	x	x	x
Distribución de espesores y peso	x	x	x	x
Compatibilidad química		x	x	x
Resistencia a rayado y abrasión		x		
Verificación del cumplimiento de norma de envase compostable	x	x	x	x
Verificación del cumplimiento de la farmacopea				x

(BOTES)

TIPO 

SECTOR    

Análisis y ensayos				
Identificación e idoneidad de los materiales	x	x	x	x
Análisis de estructuras multicapa, espesores y materiales empleados	x	x	x	x
Índice de fluidez	x	x	x	x
Viscosidad intrínseca	x	x	x	x
Migración global	x			
Migración específica	x			
Sustancias y/o disolventes residuales	x	x	x	x
Análisis sensorial	x			
Velocidad de transmisión de oxígeno	x	x		x
Velocidad de transmisión de vapor de agua	x	x		x
Velocidad de transmisión de dióxido de carbono	x			
Análisis de la composición de los gases en el interior del envase (O ₂ , CO ₂ , N ₂)	x			x
Análisis y/o evolución de oxígeno en el interior del envase mediante método de análisis no invasivo	x	x	x	x
Estudios de vida útil	x	x	x	x
Turbiedad	x	x		x
Brillo	x	x		x
Coordenadas de color	x	x	x	x
Estanqueidad	x	x	x	x
Fuerza de torque (tapas)	x	x	x	x
Compresión	x	x	x	x
Ensayo de caída libre	x	x	x	x
Distribución de espesores y peso	x	x	x	x
Compatibilidad química		x	x	x
Resistencia a rayado y abrasión		x		
Verificación del cumplimiento de norma de envase compostable	x	x	x	x
Verificación del cumplimiento de la farmacopea				x

(CAJAS)

TIPO 

SECTOR 

Análisis y ensayos
Identificación e idoneidad de los materiales
Índice de fluidez
Viscosidad intrínseca
Migración global
Migración específica
Análisis sensorial
Coordenadas de color
Compresión
Tracción
Ensayo de resistencia a impacto por caída libre

TIPO  




SECTOR    

Análisis y ensayos
Identificación e idoneidad de los materiales
Índice de fluidez
Viscosidad intrínseca
Coordenadas de color
Compresión
Tracción
Ensayo de resistencia a impacto por caída libre

(DOY-PACK)

TIPO 




SECTOR   

Análisis y ensayos			
Identificación e idoneidad de los materiales	x	x	x
Análisis de estructuras multicapa, espesores y materiales empleados	x	x	x
Migración global	x		
Migración específica	x		
Análisis sensorial	x		
Estudios de vida útil	x	x	x
Velocidad de transmisión de oxígeno	x	x	x
Velocidad de transmisión de vapor de agua	x	x	x
Velocidad de transmisión de dióxido de carbono	x		
Análisis de la composición de los gases en el interior del envase (O ₂ , CO ₂ , N ₂)	x		
Análisis y/o evolución de oxígeno en el interior del envase mediante análisis no invasivo	x	x	x
Tracción	x	x	x
Rasgado Elmendorf	x	x	x
Resistencia a punción	x	x	x
Resistencia al impacto (método caída de dardo)	x	x	x
Coefficiente de rozamiento estático y dinámico	x	x	x
Deslaminación	x	x	x
Integridad del sellado	x	x	x
Estanqueidad	x	x	x
Test de estallido	x	x	x
Estudio de termosellado	x	x	x
Brillo	x	x	x
Gramaje	x	x	x
Espesor	x	x	x
Verificación del cumplimiento de norma de envase compostable	x	x	x

(ENVASES PELABLES)

TIPO 

SECTOR   

Análisis y ensayos			
Identificación e idoneidad de los materiales	x	x	x
Análisis de estructuras multicapa, espesores y materiales empleados	x	x	x
Migración global	x		
Migración específica	x		
Análisis sensorial	x		
Estudios de vida útil	x	x	x
Velocidad de transmisión de oxígeno	x	x	
Velocidad de transmisión de vapor de agua	x	x	
Velocidad de transmisión de dióxido de carbono	x		
Compresión	x	x	x
Resistencia a punción	x	x	x
Resistencia a impacto por caída libre	x	x	x
Resistencia de la soldadura (pelado)	x	x	x
Estudio de termosellado	x	x	x
Turbiedad	x	x	x
Brillo	x	x	x
Verificación del cumplimiento de norma de envase compostable	x	x	x

(FILM)

TIPO 

SECTOR    

Análisis y ensayos				
Identificación e idoneidad de los materiales	x	x	x	x
Análisis de estructuras multicapa, espesores y materiales empleados	x	x	x	x
Migración global	x			
Migración específica	x			
Análisis sensorial	x			
Sustancias y/o disolventes residuales	x	x	x	x
Velocidad de transmisión de oxígeno	x	x	x	x
Velocidad de transmisión de vapor de agua	x	x	x	x
Velocidad de transmisión de dióxido de carbono	x			
Tracción	x	x	x	x
Rasgado Elmendorf	x	x	x	x
Resistencia a punción	x	x	x	x
Resistencia al impacto (método caída de dardo)	x	x	x	x
Coefficiente de rozamiento estático y dinámico	x	x	x	x
Deslaminación	x	x	x	x
Estudio de termosellado	x	x	x	x
Turbiedad	x	x	x	x
Brillo	x	x	x	x
Gramaje	x	x	x	x
Espesor	x	x	x	x
Retracción	x	x	x	x
Verificación del cumplimiento de norma de envase compostable	x	x	x	x
Verificación del cumplimiento de la farmacopea				x

(FILM)

TIPO  SECTOR 

Análisis y ensayos
Identificación e idoneidad de los materiales
Análisis de estructuras multicapa, espesores y materiales empleados
Tracción
Rasgado Elmendorf
Resistencia a punción
Resistencia al impacto (método caída de dardo)
Coefficiente de rozamiento estático y dinámico
Deslaminación
Estudio de termosellado
Turbiedad
Brillo
Gramaje
Espesor
Retracción
Verificación del cumplimiento de norma de envase compostable

(FILM ESTIRABLE)

TIPO



SECTOR



Análisis y ensayos

Identificación e idoneidad de los materiales

Migración global

Migración específica

Análisis sensorial

Sustancias y/o disolventes residuales

Velocidad de transmisión de oxígeno

Velocidad de transmisión de vapor de agua

Turbiedad

Brillo

Gramaje

Espesor

Tracción

Rasgado Elmendorf

Resistencia a punción

Coefficiente de rozamiento estático y dinámico

Estudio de termosellado

Verificación del cumplimiento de norma de envase compostable

TIPO



SECTOR



Análisis y ensayos

Identificación e idoneidad de los materiales

Gramaje

Espesor

Tracción

Rasgado Elmendorf

Estudio de termosellado

Verificación del cumplimiento de norma de envase compostable

(FILM RETRÁCTIL)

TIPO



SECTOR



Análisis y ensayos

Identificación e idoneidad de los materiales

Análisis de estructuras multicapa, espesores y materiales empleados

Migración global

Migración específica

Análisis sensorial

Sustancias y/o disolventes residuales

Velocidad de transmisión de oxígeno

Velocidad de transmisión de vapor de agua

Velocidad de transmisión de dióxido de carbono

Turbiedad

Brillo

Gramaje

Espesor

Deslaminación

Tracción

Rasgado Elmendorf

Resistencia a punción

Coefficiente de rozamiento estático y dinámico

Retracción

Estudio de termosellado

Verificación del cumplimiento de norma de envase compostable

(FILM RETRÁCTIL)

TIPO



SECTOR



Análisis y ensayos

Identificación e idoneidad de los materiales

Gramaje

Espesor

Tracción

Rasgado Elmendorf

Resistencia a punción

Coefficiente de rozamiento estático y dinámico

Retracción



Estudio de termosellado

Verificación del cumplimiento de norma de envase compostable

(FLOW-PACK)

TIPO 

SECTOR    

Análisis y ensayos				
Identificación e idoneidad de los materiales	x	x	x	x
Análisis de estructuras multicapa, espesores y materiales empleados	x	x	x	x
Migración global	x			
Migración específica	x			
Análisis sensorial	x			
Sustancias y/o disolventes residuales	x	x	x	x
Estudios de vida útil	x	x	x	x
Velocidad de transmisión de oxígeno	x	x	x	x
Velocidad de transmisión de vapor de agua	x	x	x	x
Velocidad de transmisión de dióxido de carbono	x			
Análisis de la composición de los gases en el interior del envase (O ₂ , CO ₂ , N ₂)	x	x	x	x
Análisis y/o evolución de oxígeno en el interior del envase mediante análisis no invasivo	x	x	x	x
Tracción	x	x	x	x
Rasgado Elmendorf	x	x	x	x
Resistencia a punción	x	x	x	x
Resistencia al impacto (Método caída de dardo)	x	x	x	x
Coefficiente de rozamiento estático y dinámico	x	x	x	x
Deslaminación	x	x	x	x
Integridad del sellado	x	x	x	x
Estanqueidad	x	x	x	x
Test de estallido	x	x	x	x
Estudio de termosellado	x	x	x	x
Turbiedad	x	x	x	x
Brillo	x	x	x	x
Gramaje	x	x	x	x
Espesor	x	x	x	x
Verificación del cumplimiento de norma de envase compostable	x	x	x	x
Verificación del cumplimiento de farmacopea				x

(FLOW-PACK)



TIPO  SECTOR 

Análisis y ensayos
Identificación e idoneidad de los materiales
Análisis de estructuras multicapa, espesores y materiales empleados
Tracción
Rasgado Elmendorf
Resistencia a punción
Resistencia al impacto (método caída de dardo)
Coefficiente de rozamiento estático y dinámico
Deslaminación
Integridad del sellado
Estanqueidad
Test de estallido
Estudio de termosellado
Turbiedad
Brillo
Gramaje
Espesor
Verificación del cumplimiento de norma de envase compostable

(GARRAFAS)

TIPO 

SECTOR  

Análisis y ensayos		
Identificación e idoneidad de los materiales	x	x
Análisis de estructuras multicapa, espesores y materiales empleados	x	x
Índice de fluidez	x	x
Viscosidad intrínseca	x	x
Migración global	x	
Migración específica	x	
Sustancias y/o disolventes residuales	x	x
Análisis sensorial	x	
Velocidad de transmisión de oxígeno	x	
Velocidad de transmisión de vapor de agua	x	
Velocidad de transmisión de dióxido de carbono	x	
Análisis de la composición de los gases en el interior del envase (O ₂ , CO ₂ , N ₂)	x	
Análisis y/o evolución de oxígeno en el interior del envase mediante método de análisis no invasivo	x	
Estudios de vida útil	x	
Turbiedad	x	
Brillo	x	
Coordenadas de color	x	
Estanqueidad	x	x
Fuerza de torque (tapones)	x	x
Compresión	x	x
Ensayo de caída libre	x	x
Distribución de espesores y peso	x	x
Compatibilidad química		x
Verificación del cumplimiento de norma de envase compostable	x	x

(MALLAS)

TIPO 

SECTOR 

Análisis y ensayos

Identificación e idoneidad de los materiales

Migración global

Migración específica

Análisis sensorial

Carga estática (aplicable a bolsas)

Carga dinámica

Estudio de termosellado

Verificación del cumplimiento de norma de envase compostable

(MENAJE DESECHABLE)

TIPO



SECTOR



Análisis y ensayos
En general para todos
Identificación e idoneidad de los materiales
Migración global
Migración específica
Análisis sensorial
Estudios de resistencia térmica (variación dimensional con la temperatura)
Coordenadas de color
Para platos
Tracción
Flexión
Resistencia a punción
Para vasos
Compresión
Brillo
Turbiedad
Para cubiertos
Flexión
Verificación del cumplimiento de norma de envase compostable

(MENAJE REUTILIZABLE)

TIPO 


SECTOR 

Análisis y ensayos
Identificación e idoneidad de los materiales
Índice de fluidez
Viscosidad intrínseca
Migración global
Migración específica
Análisis sensorial
Sustancias y/o disolventes residuales
Flexión
Compresión
Resistencia a impacto por caída libre
Estanqueidad
Brillo
Turbiedad
Coordenadas de color
Distribución de espesores
Peso
Estudios de resistencia térmica (variación dimensional con la temperatura)
Verificación del cumplimiento de norma de envase compostable

(PREFORMAS)

TIPO 

SECTOR    

Análisis y ensayos				
Identificación e idoneidad de los materiales	X	X	X	X
Análisis de estructuras multicapa, espesores y materiales empleados	X	X	X	X
Índice de fluidez	X	X	X	X
Viscosidad intrínseca	X	X	X	X
Migración global	X			
Migración específica	X			
Sustancias y/o disolventes residuales	X	X	X	X
Análisis sensorial	X			
Turbiedad	X	X	X	X
Brillo	X	X	X	X
Coordenadas de color	X	X	X	X
Estanqueidad	X	X	X	X
Fuerza de torque (tapones)	X	X	X	X
Compresión	X	X	X	X
Ensayo de caída libre	X	X	X	X
Distribución de espesores y peso	X	X	X	X
Verificación del cumplimiento de norma de envase compostable	X	X	X	X
Verificación del cumplimiento de la farmacopea				X

(SLEEVES)

TIPO  SECTOR    

Análisis y ensayos

Identificación e idoneidad de los materiales

Análisis de estructuras multicapa, espesores y materiales empleados

Velocidad de transmisión de oxígeno

Velocidad de transmisión de vapor de agua

Brillo

Gramaje

Espesor

Deslaminación

Tracción

Rasgado Elmendorf

Resistencia a punción

Coefficiente de rozamiento estático y dinámico

Retracción

Estudio de termosellado

Verificación del cumplimiento de norma de envase compostable

(TAPAS Y TAPONES)

TIPO 



SECTOR    

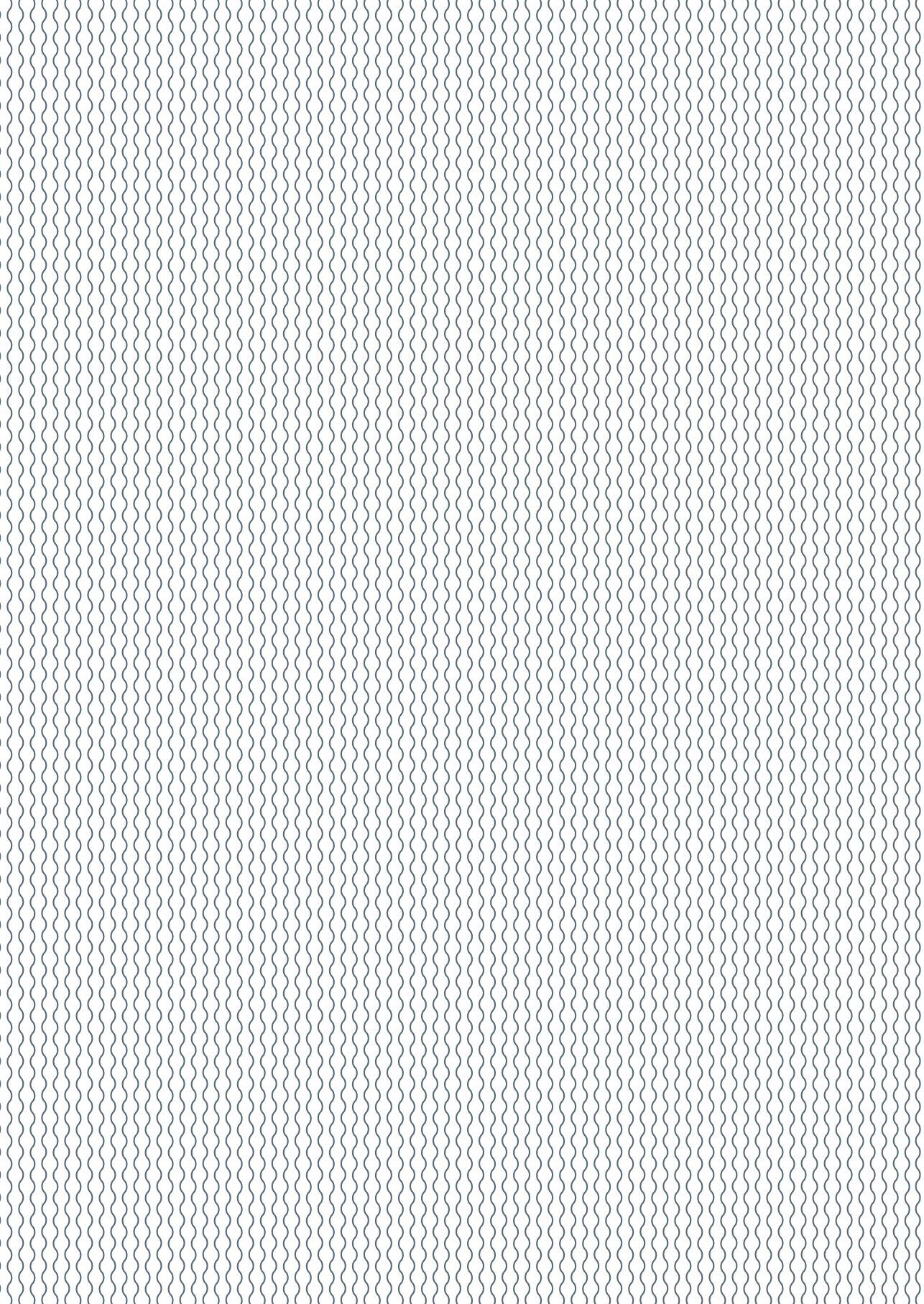
Análisis y ensayos				
Identificación e idoneidad de los materiales	X	X	X	X
Análisis de estructuras multicapa, espesores y materiales empleados	X	X	X	X
Migración global	X			
Migración específica	X			
Análisis sensorial	X			
Sustancias y/o disolventes residuales	X	X	X	X
Velocidad de transmisión de oxígeno	X	X	X	X
Velocidad de transmisión de vapor de agua	X	X	X	X
Velocidad de transmisión de dióxido de carbono	X			
Compatibilidad envase-producto	X	X	X	X
Estanqueidad	X	X	X	X
Fuerza de torque	X	X	X	X
Compresión	X	X	X	X
Coordenadas de color	X	X	X	X
Verificación dimensional	X	X	X	X
Peso	X	X	X	X
Verificación del cumplimiento de norma de envase compostable	X	X	X	X
Verificación del cumplimiento de la farmacopea				X

(TUBOS)

TIPO 

SECTOR    

Análisis y ensayos				
Identificación e idoneidad de los materiales	x	x	x	x
Análisis de estructuras multicapa, espesores y materiales empleados	x	x	x	x
Índice de fluidez	x	x	x	x
Viscosidad intrínseca	x	x	x	x
Migración global	x			
Migración específica	x			
Sustancias y/o disolventes residuales	x	x	x	x
Análisis sensorial	x			
Velocidad de transmisión de oxígeno	x	x	x	x
Velocidad de transmisión de vapor de agua	x	x	x	x
Velocidad de transmisión de dióxido de carbono	x			
Análisis de la composición de los gases en el interior del envase (O ₂ , CO ₂ , N ₂)	x			
Análisis y/o evolución de oxígeno en el interior del envase mediante método de análisis no invasivo	x			
Estudios de vida útil	x	x	x	x
Estanqueidad	x	x	x	x
Fuerza de torque (tapones)	x	x	x	x
Brillo	x	x	x	x
Turbiedad	x	x	x	x
Coordenadas de color	x	x	x	x
Compresión	x	x	x	x
Resistencia a Impacto por caída libre	x	x	x	x
Deslaminación	x	x	x	x
Verificación del cumplimiento de norma de envase compostable	x	x	x	x
Compatibilidad química		x	x	x
Verificación del cumplimiento de farmacopea				x





**Técnicas de
control de calidad
sobre envase
plástico**

(3)

TÉCNICAS DE CONTROL DE CALIDAD SOBRE ENVASE PLÁSTICO

56_(3).0. INTRODUCCIÓN

56_____ (3).0.1. Estructura de los polímeros

59_____ (3).0.2. Procesos de transformación de los polímeros

59_____ Extrusión y co-extrusión de film soplado

60_____ Extrusión y co-extrusión de lámina plana

61_____ Termoconformado

61_____ Laminación e impresión

62_____ Extrusión y co-extrusión soplado de cuerpo hueco.

62_____ Inyección y co-inyección

63_____ Soplado de preformas

64_(3).1. IDENTIFICACIÓN DE MATERIAS PRIMAS Y OTROS COMPONENTES

64_____ (3).1.1. Técnicas de identificación: Polímeros

65_____ * FTIR: Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier

67_____ * DSC: Calorimetría diferencial de barrido

68_____ (3).1.2. Técnicas de identificación: Cargas y refuerzos

69_____ * TGA: Análisis termogravimétrico

70_____ (3).1.3. Identificación/cuantificación de monómero libre, aditivos y compuestos orgánicos volátiles

71_____ * Análisis cromatográfico

73_____ (3).1.4. Caracterización de muestras multicapa

74_____ * Microscopía óptica

75_(3).2. PROPIEDADES MECÁNICAS

76_____ * Propiedades en tracción

78_____ * Propiedades en flexión

80_____ * Propiedades en compresión

82_____ * Coeficientes de fricción o rozamiento

84_____ * Separación por pelado (*Peeling test*)

86_____ * Propiedades de impacto

90_____ * Propiedades de rasgado/desgarro

92_____ * Dureza

92_____ * Resistencia a punción

94_____ * Resistencia a carga estática y dinámica

95_(3).3. PROPIEDADES TÉRMICAS

- 95 _____ * Temperatura Vicat / HDT
- 97 _____ * Estudio de termosellado

98_(3).4. PROPIEDADES FÍSICAS

- 98 _____ * Densidad
- 99 _____ * Absorción de agua
- 100 _____ * Resistencia a agrietamiento por tensiones
en medio ambiente activo
- 103 _____ * Índice de fluidez (MFI)
- 104 _____ * Tensión superficial

106_(3).5. PROPIEDADES ÓPTICAS

- 106 _____ * Brillo
- 107 _____ * Turbiedad (Haze)

108_(3).6. PROPIEDADES BARRERA

- 108 _____ * Velocidad de transmisión de gases

110_(3).7. CUMPLIMIENTO DE LEGISLACIÓN EUROPEA DE PLÁSTICO EN CONTACTO CON ALIMENTOS

- 110 _____ Legislación europea de plástico en contacto con alimentos
- 113 _____ * Ensayos de migración

115_(3).8. ENSAYOS SENSORIALES

118_(3).9. CUMPLIMIENTO DE FARMACOPEA

- 120 _____ * Farmacopea Europea y Farmacopea Española
- 121 _____ * Farmacopea de Estados Unidos (USP)

122_(3).10. OTROS ENSAYOS ESPECÍFICOS SOBRE ENVASE FINAL

- 122 _____ * Estanqueidad y/ detección de fugas
- 124 _____ * Ensayos específicos sobre bombas dosificadoras
- 125 _____ * Ensayos para el cumplimiento de la norma europea
de compostabilidad de envases y embalajes (EN 13432)

(3).0

Introducción

De manera previa a la descripción de las técnicas de control de calidad aplicadas sobre los polímeros se considera conveniente describir, al menos brevemente, algunos aspectos de partida relacionados con los materiales poliméricos.

(3).0.1. Estructura de los polímeros

Un polímero es un conjunto de macromoléculas formado por unidades que se repiten, unidas unas a otras por enlaces covalentes.

El elevado tamaño molecular de los polímeros se alcanza por la unión de moléculas pequeñas llamadas **monómeros**. Cada unidad repetida, o unidad monomérica, es un eslabón de dicha cadena macromolecular. La obtención de polímeros a partir de monómeros se llama **polimerización**, que es el proceso químico por el que los monómeros se van enlazando unos con otros.

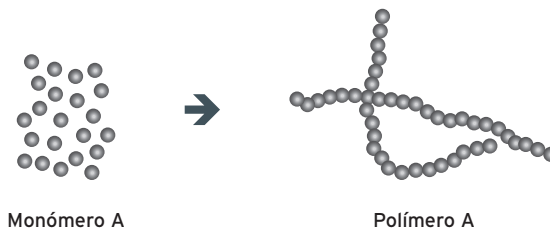


Figura 1. Ejemplo de polimerización (formación de polímeros a partir de monómeros).

Un polímero se compone de macromoléculas, de diversas longitudes, que se estructuran a nivel molecular, en forma de ovillo, dando lugar a lo que se llama **ovillo molecular**. Muchas veces se compara la estructura molecular de un polímero con el aspecto de un plato de spaghetti, en el que existen cadenas de distintas longitudes, más o menos enmarañadas, como se muestra en la Figura 2:



Figura 2. Ejemplo de modelo de "ovillo molecular" de un polímero.

La forma en la que se estructuran las cadenas de un polímero define las propiedades y las características de los distintos tipos de polímeros: si están más o menos ordenadas, si son más largas o más cortas, si existen cadenas de longitudes muy diferentes o si por el contrario, todas las cadenas son de longitudes similares, etc. Por poner un ejemplo, una de las propiedades fundamentales de los polímeros, la **crystalinidad**, se define como el grado de ordenamiento que tienen las cadenas poliméricas. En función de si el polímero tiene sus cadenas totalmente desordenadas o presenta regiones con un mayor grado de ordenamiento, se definen dos tipos de polímeros: **amorfos** (polímeros con cadenas totalmente desordenadas, que suelen presentar una alta transparencia) y **semicristalinos** (polímeros donde se alternan regiones ordenadas y regiones desordenadas, que suelen presentar una mayor turbiedad u opacidad). Este último tipo de polímero es el que se representa en la Figura 3:

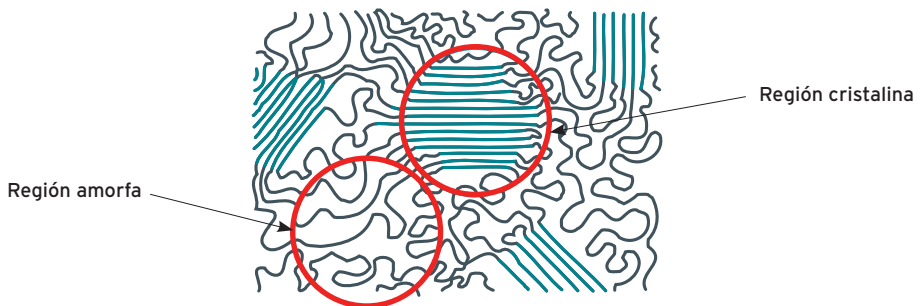


Figura 3. Representación de las regiones amorfas y cristalinas en la estructura de un polímero semicristalino.

Existen numerosas familias de polímeros, de las que en la Tabla 1 se muestran algunos de los principales, mostrando además su número identificativo, empleado, entre otros campos, para la gestión de residuos:

Nombre	Abreviatura (opcional)	Número de identificación
Polietilentereftalato	PET	1
Polietileno de alta densidad	PEAD o HDPE	2
Policloruro de vinilo	PVC	3
Polietileno de baja densidad	PEBD o LDPE	4
Polipropileno	PP	5
Poliestireno	PS	6
Otros	Otros	7

Tabla 1. Número de identificación de los polímeros estándar.

Además de las diferentes propiedades de partida que tienen los polímeros, éstos raramente se encuentran solos en la fabricación de los productos plásticos. Junto a ellos se encuentran numerosos **aditivos**, que son sustancias químicas que se añaden a los polímeros para modificar y mejorar sus propiedades. Habitualmente se dice que un plástico es la mezcla de uno o más polímeros con uno o más aditivos. Los aditivos son esenciales para la obtención de productos útiles en la industria. Se dispersan físicamente en la matriz del polímero sin que afecten de forma significativa a la estructura molecular del mismo. Los aditivos usados en los materiales plásticos tienen muchas utilidades, cabe destacar: estabilizadores del proceso, lubricantes externos e internos, plastificantes, antiestáticos, pigmentos, antioxidantes, estabilizantes ultravioleta, biocidas, ignífugantes, etc.

(3).0.2. Procesos de transformación de los polímeros: Obtención de envases

Los procesos de transformación más habituales empleados sobre materiales y objetos plásticos destinados a la obtención de envases son los siguientes:

- Extrusión y co-extrusión de film soplado: Obtención de film de una o varias capas.
- Extrusión y co-extrusión de lámina plana: Obtención de film y lámina de una o varias capas.
- Termoconformado: Obtención de bandejas y barquetas.
- Laminación e impresión: Obtención de film multicapa.
- Extrusión y co-extrusión soplado de cuerpo hueco: Obtención de botellas y cuerpos huecos en general, como por ejemplo frascos, tarros, etc.
- Inyección y co-inyección: Barquetas, bandejas, tapones, accesorios, utensilios de cocina, fiambreras, etc.
- Soplado de preformas: Obtención de botellas y cuerpos huecos como frascos, tarros, etc.
- Otros procesos secundarios: corte, rebobinado e impresión.

A continuación se definen los procesos anteriormente enumerados ilustrando para cada uno de ellos, un esquema del proceso, imágenes de la maquinaria industrial, el tipo de molde o cabezal empleado y algunos ejemplos de los productos más representativos.

Extrusión y co-extrusión de film soplado: Obtención de film de una o varias capas

La extrusión consiste en la obtención de longitudes ilimitadas de producto con una sección transversal constante, que se consigue al darle forma al material fundido obligándolo a pasar a través de una boquilla con la forma de la sección que se desee obtener, bajo condiciones controladas de presión y temperatura. Es decir, el material plástico fundido se hace pasar a través de una boquilla que tiene una forma determinada, de manera que tras el paso por esta boquilla el material adquiere esa forma, que se mantiene cuando el material se enfría. Para envase tipo lámina, lo más habitual es que la boquilla tenga forma de ranura, con lo que se obtiene una lámina plana (**extrusión de lámina plana**), o bien de anillo, con lo que se obtiene un globo de material (**extrusión soplado de film**).

La extrusión de film soplado consiste en extruir un tubo de termoplástico para hincharlo con aire hasta varias veces su diámetro inicial, formando un producto tubular que se llama globo, el cual puede recogerse, una vez el material ya se ha enfriado, en forma de film doble. En el proceso se pueden incorporar varias extrusoras con cabezales especiales con el objetivo de obtener estructuras multicapa. Este proceso se denomina co-extrusión.

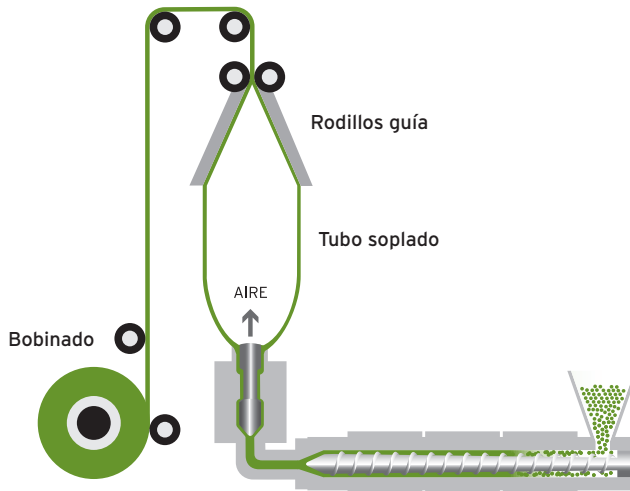


Figura 4. Esquema del proceso de extrusión soplado de globo e imagen del globo formado por el film plástico.

Extrusión y co-extrusión de lámina plana: Obtención de film y lámina de una o varias capas

Este proceso consiste en la extrusión del material al que se le obliga a pasar por un cabezal de ranura transversal, de forma que obtendremos una lámina continua. Esta se recoge en una serie de rodillos, los cuales pueden estar atemperados. Dichos rodillos les darán las dimensiones finales (espesor y anchura) además de tener otras funciones como la de solidificación, tratamientos superficiales, orientación, enfriamiento y estabilización...

En este proceso pueden obtenerse estructuras multicapa introduciendo diferentes extrusoras, proceso denominado co-extrusión.

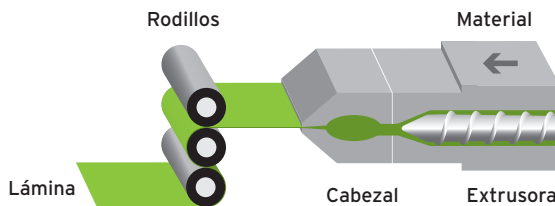


Figura 5. Esquema del proceso de extrusión de lámina plana y del producto obtenido.

Termoconformado: Obtención de bandejas y barquetas

El termoformado es un proceso de fabricación de piezas en el que se parte de una lámina de materiales plásticos previamente obtenida en un proceso de extrusión. La lámina, por la acción del calor, se deforma hasta el punto que queda moldeable y le permite adaptarse al molde con la forma del artículo final. Para adaptarse al molde se emplea vacío o aire comprimido en función del tipo de proceso.

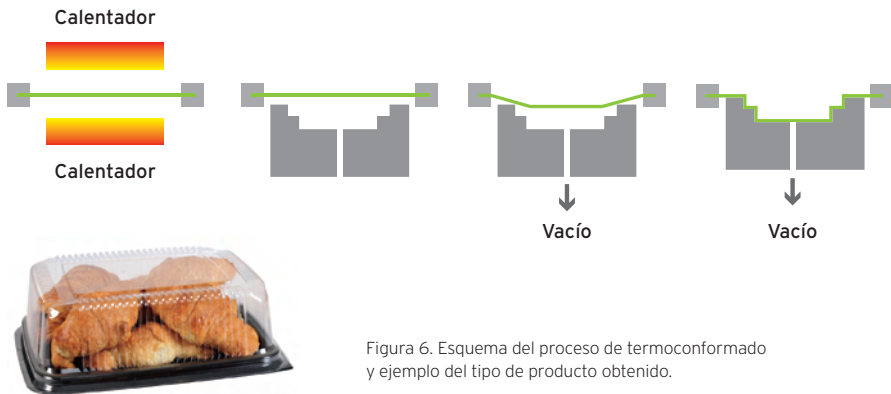


Figura 6. Esquema del proceso de termoconformado y ejemplo del tipo de producto obtenido.

Laminación e impresión: Obtención de film multicapa

El proceso de laminación permite realizar estructuras multicapa mediante la unión de dos o más films o laminas de plástico con adhesivos. Estas industrias pueden realizar recubrimientos y procesos de impresión.

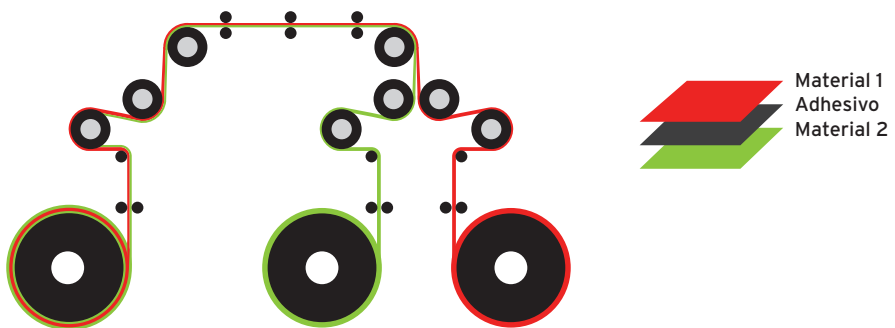


Figura 7. Esquemas del proceso de laminación y de un ejemplo de laminado de 2 capas.

Extrusión y co-extrusión soplado de cuerpo hueco: Obtención de botellas y otros cuerpos huecos como por ejemplo frascos, tarros...

Consiste en formar por extrusión un objeto hueco llamado "parisón" a partir de un tipo de termoplástico fundido. Cuando el tubo tiene las dimensiones adecuadas es atrapado por el molde. Se inserta una aguja, a través de la cual entra aire y expande el material plástico, haciendo que se pegue sobre las paredes del molde y adoptando su forma.

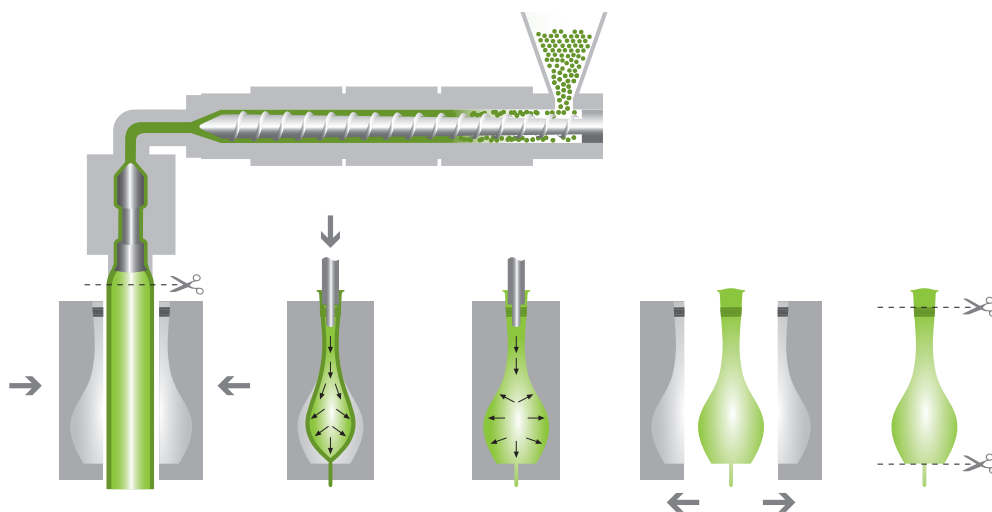


Figura 8. Esquema del proceso de extrusión soplado de cuerpo hueco.

Inyección y co-inyección: Barquetas, bandejas, tapones, accesorios, utensilios de cocina, fiambreras...

El proceso de moldeo por inyección es un proceso de transformación discontinuo, en el que la entrada del material fundido al interior de una cavidad se fuerza bajo presión, y la pieza acaba de tomar su forma por enfriamiento. La máquina de moldeo por inyección convierte material en forma de grana en piezas moldeadas mediante la fusión, inyección, compactación y el ciclo de enfriamiento final.

En el proceso se pueden incorporar dos unidades de inyección con el objetivo de obtener estructuras multicapa, este proceso es denominado co-inyección.

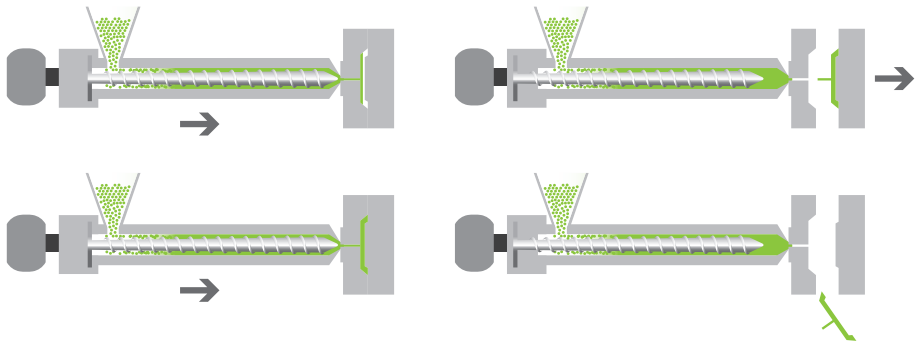


Figura 9. Esquema del proceso de moldeo por inyección.

Soplado de preformas: Obtención de botellas y envases de cuerpo hueco

El proceso de soplado parte de una preforma de material previamente inyectado. El proceso consiste en calentar la preforma para posteriormente introducir aire por la boca. La presión de aire deforma el material hasta que copia el molde.

Existe también el proceso de inyección soplado en el que primero se inyecta la preforma para posteriormente proceder de manera inmediata al soplado de la misma.

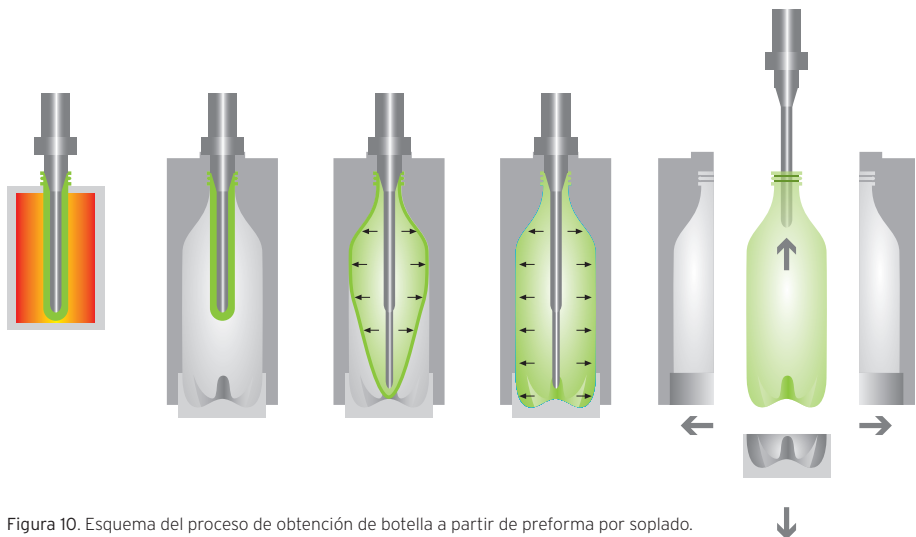


Figura 10. Esquema del proceso de obtención de botella a partir de preforma por soplado.

(3).1

Identificación de materias primas y otros componentes

(3).1.1. Técnicas de identificación: Polímeros

En muchas ocasiones no se dispone de antemano de un dato básico en la caracterización de un envase, que es saber con qué material se ha fabricado. El tipo de material plástico que compone este envase va a determinar sus propiedades, por ejemplo, si va a poder ser calentado y hasta qué temperatura, por lo que es importante conocer con qué material o materiales se ha fabricado un envase determinado.

Para la identificación de materiales poliméricos las técnicas más comúnmente empleadas son la espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) y la calorimetría diferencial de barrido (DSC). Es necesario señalar que, como se verá a continuación, estas técnicas se emplean la mayoría de las veces de manera combinada, ya que proporcionan información complementaria entre sí.

Aplicación

Estas técnicas pueden emplearse tanto en la caracterización de polímeros en muestras de composición desconocida, como para el control de materia prima, de manera que se compruebe si existe alguna variación de la calidad entre diferentes lotes de un mismo material.

* FTIR: Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier

Descripción

Cuando se somete una muestra a radiación infrarroja, se produce una vibración de los enlaces que forman parte de la estructura del polímero. Esta vibración se produce en distintas longitudes de onda de manera característica para cada tipo de enlace, como se muestra en la Figura 11:

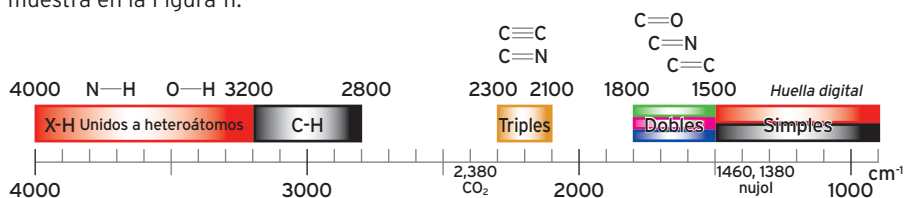


Figura 11. Esquema de longitudes de onda a las que se produce la resonancia para diversos tipos de enlaces químicos.

La técnica de FTIR consiste en obtener un espectro mediante la interacción de la radiación infrarroja con la muestra analizada, dando lugar a una serie de bandas correspondientes a los diferentes enlaces entre átomos y por lo tanto a grupos funcionales concretos. En función de los enlaces que presenta la estructura analizada, se obtiene una señal en forma de pico en esa longitud de onda en la que entran en resonancia los enlaces. La gráfica total para todas las longitudes de onda se conoce como **espectro**. El espectro obtenido se compara con espectros de referencia y/o con tablas de correlación para determinar a qué tipo de material corresponde la muestra.

Se puede decir que el espectro IR de un material es la "huella dactilar" de ese material.

Información que proporciona

Esta técnica proporciona información acerca de qué polímero está compuesto un determinado material. Es decir, al analizar una muestra, se puede obtener como resultado que el material que la compone es polietileno, polietileno tereftalato (PET), policloruro de vinilo (PVC), etc. Es decir, **de qué material polimérico se compone la muestra**.

Esta técnica se considera una técnica cualitativa, es decir, proporciona información acerca de **"lo que es" o "lo que lleva" la muestra, pero no de "cuánto lleva"**. Para obtener información acerca de cuánto, se deben emplear otras técnicas analíticas.

Esta técnica se suele emplear de manera complementaria a otras técnicas de identificación, como la calorimetría diferencial de barrido (DSC). La razón es que para materiales poliméricos que presentan los mismos enlaces y grupos de moléculas en su estructura, pero dispuestos de diferente manera, como ocurre con el polietileno de alta y baja densidad (HDPE y LDPE, respectivamente), solo se obtiene como resultado que la muestra analizada es polietileno, pero no permite identificar de qué tipo específico de polietileno se trata. Se puede asimilar a dar un nombre sin apellido. Para ponerle el apellido, hay que emplear otras técnicas complementarias.

Ejemplo

A continuación se muestra un ejemplo del resultado obtenido para esta técnica en el caso del polietileno:

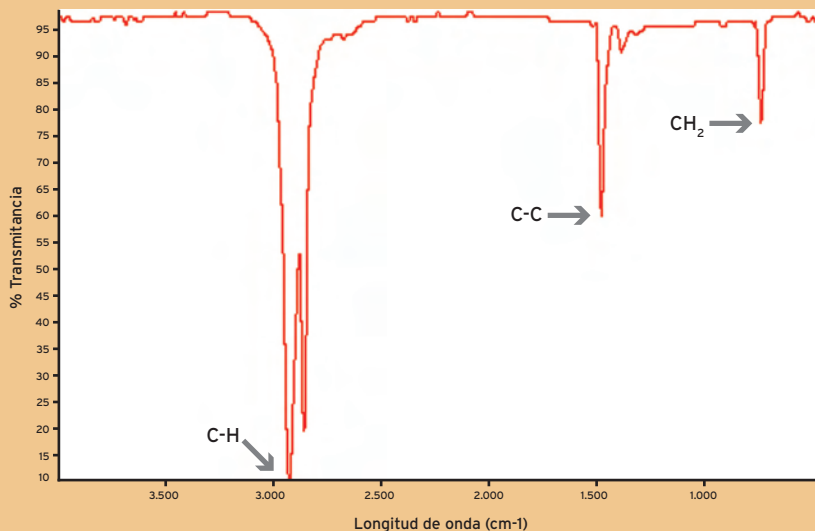


Figura 12. Espectro IR obtenido para una muestra de polietileno.

Para este caso concreto, aparecen en el espectro varios picos y bandas. El primero de ellos, con forma de doblete (doble pico) aparece a una longitud de onda alrededor de 2.900 cm⁻¹, y corresponde a enlaces C-H; el segundo, alrededor de 1.500 cm⁻¹, corresponde a enlaces C-C; y el tercero, de mucho menor tamaño y alrededor de 500 cm⁻¹, a grupos CH₂. Conociendo que la estructura del polietileno es la siguiente:

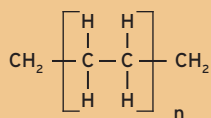


Figura 13. Estructura de un polietileno.

Se puede concluir que si en el espectro obtenido se obtiene que en la estructura del polímero analizado existen únicamente enlaces de tipo C-C, C-H y CH₂, el material analizado es un polietileno.

* DSC: Calorimetría diferencial de barrido

Descripción

Esta técnica consiste en medir la absorción o desprendimiento de calor de una muestra, colocada en una cápsula de aluminio, cuando es calentada empleando una rampa de temperatura determinada. Al calentar la muestra, en función de la estructura que tenga el polímero analizado, se producen diversos cambios en su estructura que se reflejan en una absorción de calor (como por ejemplo la fusión), o bien un desprendimiento de calor (como sucede en una cristalización). Estos cambios se llaman **transiciones térmicas**. La temperatura o rango de temperaturas a las que se registran estas transiciones son propiedades características de cada material polimérico. Comparando los valores obtenidos con valores de referencia (disponibles en bases de datos, tablas, bibliotecas, etc.), se puede concluir cuál es el material analizado.

Información que proporciona

Al igual que en el caso del FTIR, esta técnica **proporciona información acerca de qué material polimérico está presente en la muestra**.

Al emplearse de manera complementaria al FTIR, **permite completar la identificación de materiales** (poner el "apellido" al tipo de material de que se trata, como se ha mostrado en el ejemplo para polietileno de baja densidad, LDPE).

Ejemplo

La gráfica obtenida se llama **termograma**. En la Figura 14 se muestra un ejemplo:

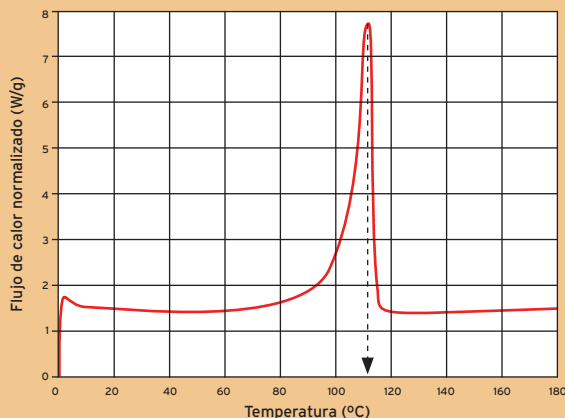


Figura 14. Ejemplo de termograma para una muestra de polietileno de baja densidad (LDPE), que presenta una T^a fusión alrededor de 112 °C.

En este caso se observa un único pico en la gráfica, que por sus características (es un pico, no un "valle") corresponde a una fusión del material que se produce alrededor de 112 °C. Consultando en tablas y/o bibliotecas, se obtiene que este valor es característico de polietileno de baja densidad.

(3).1.2. Técnicas de identificación: Cargas y refuerzos

Las cargas son sustancias que se incorporan a los materiales plásticos con diversos objetivos:

- Coloración: algunas de las cargas empleadas confieren color a los materiales, como el dióxido de titanio (TiO_2), que proporciona color blanco, o el negro de carbono, que proporciona color negro.
- Reducción de coste: al disminuir la cantidad de material plástico empleado en el producto final, sustituyéndolo por otro material de menor coste se reduce el coste total del producto.
- Modificación de propiedades: la incorporación de cargas a un material polimérico modifica las propiedades del mismo. Por ejemplo, proporciona una mayor rigidez, de manera que se pueden incorporar con este fin.
- Los refuerzos son un tipo especial de cargas, que por su configuración (habitualmente en forma de fibra o hilo), refuerzan la resistencia del material en una de las direcciones.

Las técnicas más empleadas para la identificación de las cargas y/o refuerzos son la espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) y el análisis termogravimétrico (SDTA/TGA). Además es posible caracterizar las fibras mediante microscopía óptica. La cuantificación se realiza mediante calcinación de los componentes orgánicos y posterior gravimetría del residuo inorgánico. Esto puede hacerse en un horno de mufla o bien en un equipo de análisis termogravimétrico (SDTA/TGA).

Aplicaciones

Determinar la causa de problemas de funcionalidad de los envases de plástico, análisis/control de materiales, caracterización de cargas y/o refuerzos en muestras de composición desconocida, control de materia prima, etc.

* TGA: Análisis termogravimétrico

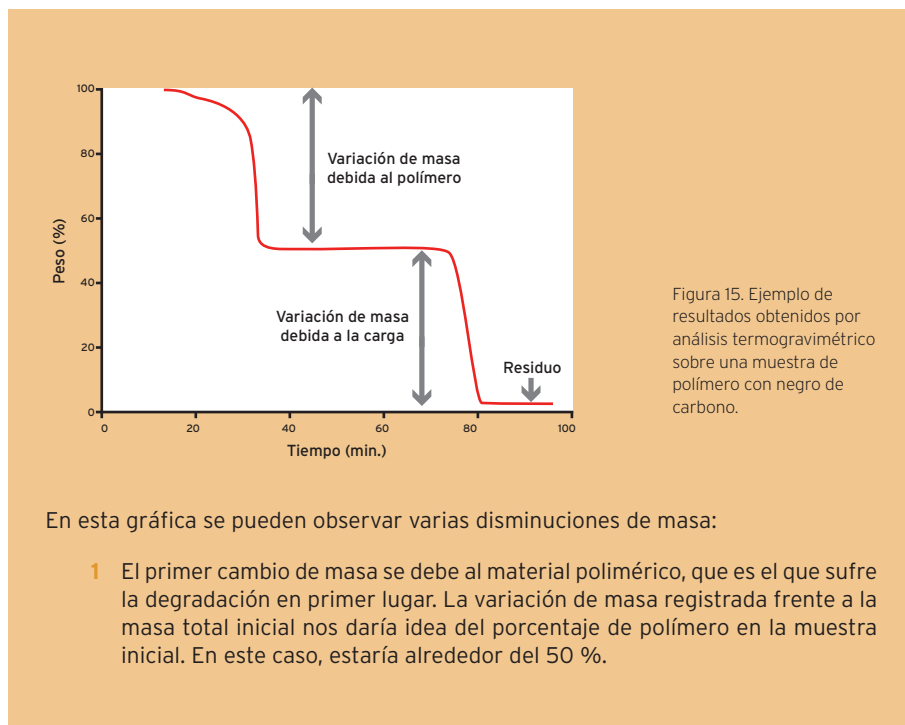
Descripción

El análisis termogravimétrico consiste en medir la variación de masa con el aumento de temperatura. Se mide la masa inicial de la muestra y se va aumentando la temperatura con una rampa determinada, y registrando de manera continua la variación de masa que se produce en la muestra. Los cambios de masa con la temperatura se corresponden con la degradación de los diferentes componentes de la muestra analizada. Cuando se registra una variación de peso, la temperatura a la que se produce da idea de qué material se trata (conociendo por tablas/bibliotecas la temperatura a la que se registra la degradación de los distintos materiales), y la variación de peso registrada da idea de la cantidad de ese material que hay en la muestra total.

Información que proporciona

Esta técnica proporciona **información sobre la cantidad en peso de los distintos componentes de una muestra, principalmente de polímero y cargas.**

Ejemplo



- 2 El segundo cambio de masa se debe a la carga (en este caso, negro de carbono) que acompaña al polímero en la muestra. El tipo de carga en concreto no se sabría a partir de este ensayo, sino que habría que identificarlo por FTIR. Al igual que en el caso anterior, por la variación de masa registrada frente a la masa total inicial se sabría el porcentaje de carga en la muestra. En este caso estaría alrededor de un 45 %.
- 3 Finalmente, se observa que queda una masa residual que correspondería al residuo de la muestra, sustancias inorgánicas que no son capaces de sufrir oxidación ni siquiera a temperaturas elevadas (cenizas).

(3).1.3. Identificación/cuantificación de monómero libre, aditivos y compuestos orgánicos volátiles

Aunque al sintetizar polímeros, lo ideal es que todos los monómeros de partida acaben formando parte de las cadenas poliméricas, en ocasiones parte de los monómeros empleados quedan como monómero libre. Es importante disponer de técnicas para cuantificar estos monómeros, al igual que para cuantificar los distintos aditivos que acompañan al polímero en el producto final.

En el caso de los compuestos orgánicos volátiles, estas sustancias pueden formarse en diversos procesos de transformación, como el de impresión de film (por emisión de disolventes), o bien en ciertas circunstancias en el uso de los productos (por ejemplo, en calentamientos), por lo que es importante determinar qué sustancias se desprenden y en cuánta cantidad.

La principal técnica empleada para la identificación/cuantificación de aditivos es la cromatografía en sus diferentes modalidades.

Aplicaciones

Determinar la causa de problemas de funcionalidad de los envases de plástico, análisis/control de materiales, garantizar el cumplimiento de la legislación, caracterización de aditivos en muestras de composición desconocida, estudio de nuevas formulaciones de materiales (tintas, adhesivos, etc.) en cuanto a los compuestos volátiles que desprenden, estudio de problemas de olor, etc.

* Análisis cromatográfico

Descripción

Las técnicas cromatográficas permiten la separación cuantitativamente de los componentes de las mezclas de un material. Los distintos componentes se separan entre sí en el interior del equipo, para posteriormente ser detectados mediante detectores específicos con capacidad de medir alguna propiedad físico-química.

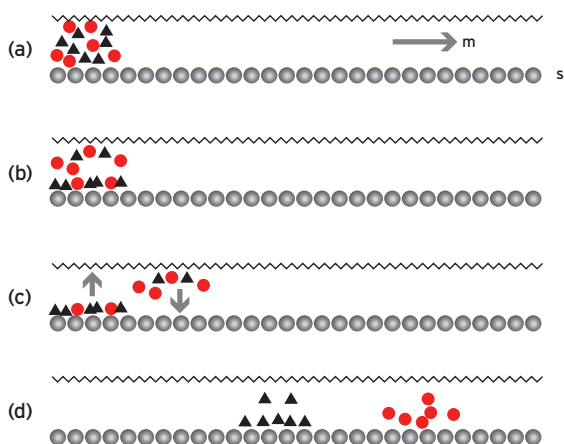


Figura 16. Representación esquemática de la separación de componentes que se produce en las técnicas cromatográficas.

Las técnicas de cromatografía de gases se aplican a muestras volátiles y las de líquidos a muestras solubles no necesariamente volátiles.

Información que proporciona

Qué aditivos o sustancias concretas lleva una determinada muestra y en qué cantidad.

El poder determinar con precisión la cantidad de una sustancia concreta, incluso en cantidades muy pequeñas (partes por millón e incluso partes por billón) es importante especialmente de cara al cumplimiento de la legislación de plástico en contacto con alimentos, donde la cantidad de ciertas sustancias ha de mantenerse por debajo de unos determinados límites fijados por la legislación.

Es importante señalar que para comprobar si una muestra lleva una sustancia concreta, e incluso cuantificarla, **es necesario saber lo que se está buscando**. Analizar la composición total de una muestra puede ser increíblemente costoso, tanto en tiempo como en dinero.

Ejemplo

La gráfica obtenida de los análisis cromatográficos se llama **cromatograma**. A continuación se muestra un ejemplo de una determinación de plastificantes en PVC:

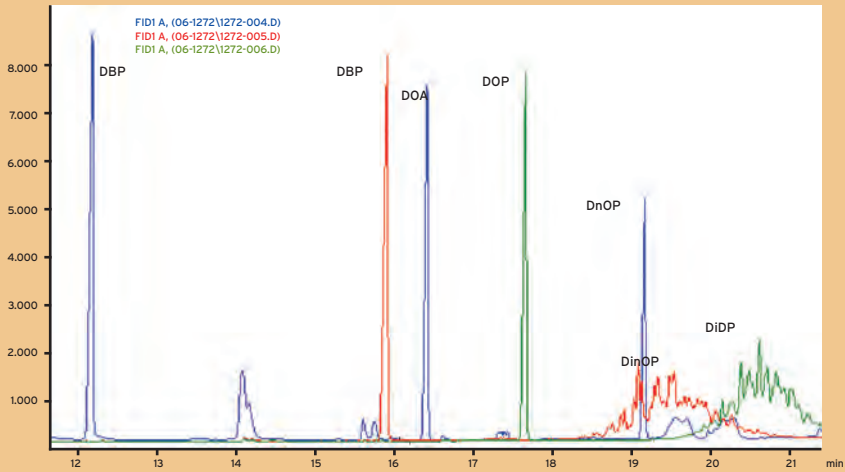


Figura 17. Ejemplo de cromatograma obtenido para una muestra de PVC con plastificantes.

En el cromatograma anterior se pueden ver diferentes picos, de mayor o menor área, que aparecen a distintos tiempos. El tiempo concreto en que aparece un determinado pico es característico de cada sustancia (disponible en librerías, etc.), por lo que proporciona información cualitativa, y el área de ese determinado pico es indicativo de la cantidad de esa sustancia que hay en la muestra, por lo que también proporciona información cuantitativa.

En este caso concreto, aparecen picos correspondientes a plastificantes típicos incorporados a PVC, por lo que a partir de este análisis se concluye qué aditivos lleva la muestra y en qué cantidad.

(3).1.4. Caracterización de muestras multicapa

En muchas ocasiones, en la fabricación de un envase no se emplea un único material polimérico, sino que se combinan las propiedades de varios materiales empleando estructuras multicapa. De este modo, se obtiene un producto final en el que cada capa aporta sus mejores propiedades. Una estructura típica sería la siguiente:



Figura 18. Representación esquemática de una estructura tipo de un film multicapa.

La **capa estructural** es la que aporta las propiedades mecánicas necesarias para que el envase pueda cumplir su función correctamente sin romperse, desgarrarse, etc. La **capa barrera** es la que regula el intercambio de gases a través de la estructura del envase. Los gases participan en la degradación de los alimentos, por lo que minimizar este intercambio de gases introduciendo lo que se llaman **materiales barrera o de alta barrera** contribuye a alargar la duración de la vida útil de los alimentos. La **capa de sellado** es la que se incorpora para facilitar el sellado del film en el proceso de envasado, de manera que el envase final sea hermético y no se produzcan aperturas ni fugas indeseadas.

Cuando se trata con productos multicapa, el espesor de cada una de las capas es importante, ya que determina las propiedades del producto final. Por ejemplo, en una estructura multicapa típica en envase, como podría ser PE/EVOH/PE, el EVOH (copolímero de etileno/ alcohol vinílico) se incorpora para aumentar la protección frente a la entrada del oxígeno (o lo que es lo mismo, disminuir la permeabilidad a oxígeno, o aumentar la barrera a oxígeno; todas estas expresiones implican lo mismo). Teniendo en cuenta que el coste del EVOH es mucho mayor que el coste del PE, pero que sus propiedades barrera a oxígeno son 1.000 veces mejores, se requiere un espesor de EVOH muy pequeño en la estructura para lograr los efectos barrera deseados. No obstante, cualquier pequeña variación en el espesor de EVOH, hace variar muchísimo las propiedades del producto final, por lo que es importante controlar que este espesor es el deseado periódicamente.

Una de las técnicas empleadas para poder controlar los espesores en muestras multicapa es la microscopía óptica.

Aplicaciones

Para muestras multicapa: determinar si una muestra es monocapa o multicapa, determinar espesores de capa en muestras multicapa.

* Microscopía óptica

Descripción

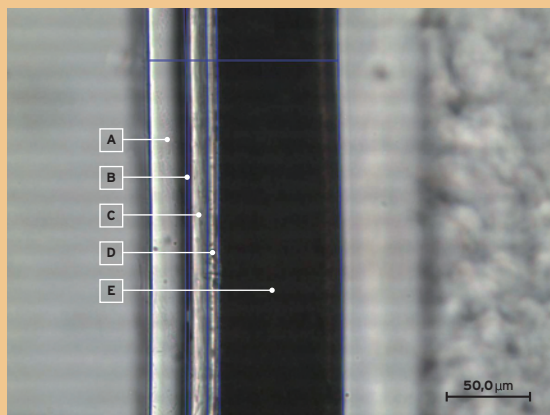
Esta técnica consiste en analizar en un microscopio óptico con un número variable de aumentos la muestra correspondiente. Para muestras multicapa, se quiere analizar el "perfil" de la muestra para ver de cuántas capas se compone. Para eso hay que cortar una "rebanada" muy fina de la muestra con un instrumento de corte llamado **microtomo**. En el caso de films multicapa, habitualmente de pequeño espesor, es necesario embutir la muestra en una resina epoxi para darle la consistencia suficiente como para cortarla con un microtomo.

Información que proporciona

Número de capas y espesores de capa en muestras multicapa.

Es necesario señalar que la información que aporta esta técnica es acerca de número de capas que tiene una muestra en concreto, pero **no aporta información acerca del material de que se compone cada una de las capas**. Para identificar los materiales de las distintas capas, se emplea esta técnica combinada con algunas de las técnicas de identificación ya comentadas anteriormente, como FTIR y DSC.

Ejemplo



A	21,584 μm
B	2,137 μm
C	10,850 μm
D	6,281 μm
E	71,452 μm

Figura 19. Imagen de capas en film multicapa tomada en el microscopio óptico.

En la figura anterior se muestra la fotografía obtenida al microscopio para una muestra de film. En ella se puede apreciar que existen 5 capas A, B, C, D y E. Asimismo, se puede medir en el propio microscopio el espesor de cada una de las capas.

(3).2

Propiedades mecánicas

Este tipo de propiedades nos darán información acerca del comportamiento de las muestras cuando están sometidas a esfuerzos mecánicos. Es decir, acerca de su resistencia cuando son sometidos a distintos tipos de esfuerzos como los que ha de soportar el envase durante su proceso de fabricación, almacenamiento, transporte y uso final.

Para cada caso concreto de tipo de envase (p.e. film, botella, tarrina, etc.) no tendrá sentido aplicar la medida de todas las propiedades que se van a comentar a continuación. En función de cada tipo concreto tendrá sentido solamente aplicar unas u otras. Por ejemplo, al hablar de tracción, que se relaciona con las propiedades del producto al ser estirado, es inmediato pensar que para una film será una propiedad fundamental, mientras que para una botella no tendrá ningún sentido aplicarlo como control de calidad de producto.

Otro aspecto importante a comentar es que para muestras en forma de film, el proceso de transformación que se emplea para su fabricación otorga diferencias en la organización de las cadenas poliméricas. Durante el proceso de extrusión, el material sufre un estiramiento, que hace que las cadenas se orienten en la dirección de estirado. Por esta razón, algunas propiedades mecánicas del film tendrán valores diferentes en sus direcciones longitudinal y transversal, y será importante, por tanto, determinar estas propiedades en ambas direcciones.

* Propiedades en tracción

Descripción

La tracción es la aplicación de esfuerzo en la misma dirección que el eje longitudinal de las muestras. Lo que se hace en este tipo de ensayos es sujetar por los dos extremos una muestra cortada con unas dimensiones determinadas (llamada probeta) y “estirar”. La deformación que sufre esta probeta o incluso la rotura, y los esfuerzos a los que se produce proporcionan información acerca de lo resistente que es el material al ser sometido a un esfuerzo de estirado.

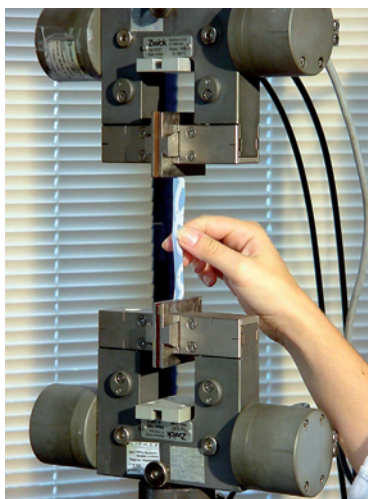


Figura 20. Ejemplo de ensayo de tracción sobre una probeta de film.

En este tipo de ensayo se ha de tener en cuenta la dirección de las probetas, por lo que es importante preparar dos series de probetas con sus ejes principales en dirección paralela y perpendicular respectivamente a la dirección de fabricación del material.

Algunos de los principales resultados que se pueden obtener de este ensayo son los siguientes:

- 1 Alargamiento: Modificación de la longitud de referencia producido por un esfuerzo de tracción (en tanto por uno o %). Se pueden obtener del ensayo distintos tipos de alargamiento:
 - Alargamiento a fuerza máxima
 - Alargamiento a rotura
- 2 Resistencia a tracción: Es el esfuerzo máximo que se puede aplicar sobre la probeta antes de que se rompa.

Para muestras de envase, este ensayo se puede aplicar en dos casos:

- 1 Sobre probetas de materia prima, fabricadas por inyección, para estudiar las propiedades de elasticidad, etc., de la materia prima. Este estudio tiene sentido en la fase de diseño del envase para seleccionar una materia prima con las características de elasticidad o rigidez buscadas en el producto final.
- 2 Sobre probetas de film, cortadas o troqueladas de la muestra, para estudiar el comportamiento del envase final, una vez fabricado. Este estudio proporciona información sobre la resistencia del film al ser estirado: si va a romperse de manera brusca o si por el contrario soportará un gran estiramiento antes de romperse.

Información que proporciona

Resistencia a tracción: Cuánta fuerza soportará la muestra (film) antes de romperse. Cuanto mayor es este valor, más fuerza aguantará el material antes de romper.

Alargamiento a rotura: Cuánto se podrá estirar el material (film) antes de romperse. Cuanto mayor sea este valor, más será capaz de estirarse el material antes de romper.

El ensayo tiene sentido sobre film o probetas de materia prima.

Esta información es importante tanto en el momento del uso final del envase (estiramiento por parte del consumidor en la manipulación del producto) como en procesos de envasado (donde el film se hace pasar por rodillos y calandras donde puede sufrir cierto estiramiento).

Ejemplo

De manera gráfica, el tipo de resultado que se obtiene se muestra en la Figura 21:

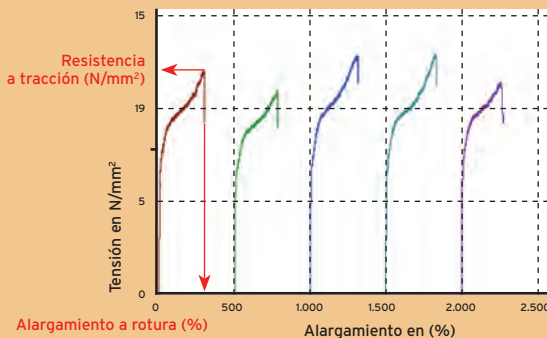


Figura 21. Ejemplo gráfica de resultados para un ensayo de tracción de film de 5 probetas.

En esta gráfica de tensión (eje vertical) frente a alargamiento (eje horizontal) se muestran los resultados para 5 probetas (las 5 curvas de distintos colores). Para esta muestra, la resistencia a rotura está alrededor de 13 N/mm² y el alargamiento a rotura alrededor de 300 %.

* Propiedades en flexión

Descripción

La resistencia a la flexión es la capacidad del material de soportar fuerzas aplicadas perpendicularmente a su eje longitudinal. Es decir, lo que se hace en este ensayo es situar una probeta en posición horizontal, apoyada por sus extremos, y aplicar esfuerzos de manera vertical sobre la misma. Existen diferentes métodos:

- 1 Probetas apoyadas en sus extremos y cargadas en la mitad de su longitud (flexión en 3 puntos).
- 2 Probetas apoyadas en sus extremos y cargadas en dos puntos equidistantes en los extremos (flexión en 4 puntos).

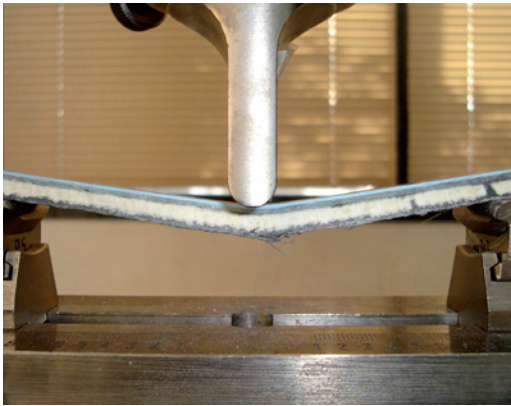


Figura 22. Vista de un ensayo de flexión sobre probeta en 3 puntos.

La mayoría de polímeros no rompen bajo flexión, por lo que normalmente los resultados en flexión se suelen expresar como esfuerzo necesario para obtener una flecha (deformación en forma de curvatura respecto al eje horizontal) o bien como módulo de elasticidad en flexión (propiedad característica del material que da idea de los esfuerzos que puede soportar hasta que deja de ser elástico).

Dentro del sector de envase y embalaje, este ensayo se puede aplicar, por ejemplo:

- 1 En palets, para determinar cuál será la carga máxima que podrá soportar durante su uso.
- 2 En bandejas, para determinar también si existe tendencia a que la base sufra deformación (flecha) por el peso del producto que contiene.

Información que proporciona

Resistencia máxima a flexión y flecha que se produce a esa resistencia máxima: Cuánta fuerza máxima soportará la muestra antes de deformarse con una flecha X. Esto da idea de cuánta carga se puede aplicar encima de la muestra (palet, bandeja, etc.) hasta que se produzca una deformación determinada, en forma de flecha, con valor X. Cuanto mayor sea este valor, más carga es capaz de aguantar la muestra.

El ensayo tiene sentido sobre muestras con un cierto espesor, como láminas, bandejas, palets, etc. o sobre materias primas.

Ejemplo

De manera gráfica, el tipo de resultado que se obtiene se muestra en la Figura 23:

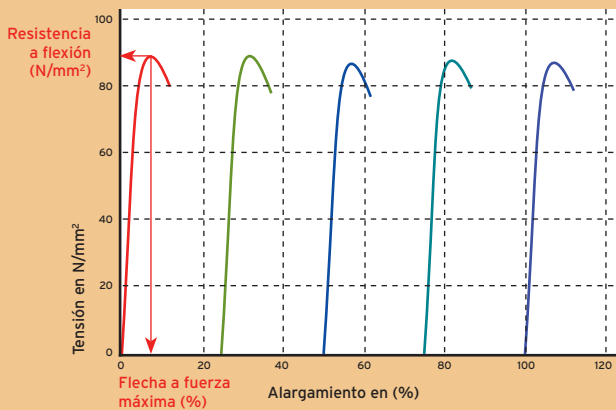


Figura 23. Ejemplo de gráfica esfuerzo-deformación obtenida en un ensayo de flexión en 3 puntos sobre 5 probetas.

En esta gráfica de tensión (eje vertical) frente a deformación (eje horizontal) se muestran los resultados para 5 probetas (las 5 curvas de distintos colores). Este material presenta una resistencia a flexión de 88 N/mm² y una flecha de 6.7 mm a fuerza máxima.

* Propiedades en compresión

Descripción

Comportamiento de un material cuando está sometido a una carga de compresión a una velocidad uniforme y baja. En este caso, se aplica una fuerza sobre la muestra en su eje longitudinal, pero en dirección inversa a como se realiza en un ensayo de tracción. Es decir, no estirando, sino comprimiendo la muestra.



Figura 24. Ejemplo de un ensayo de compresión sobre botella.

Usualmente se determinan esfuerzos en compresión (según la sección transversal de la probeta ensayada) y deformaciones relativas a la altura inicial de la probeta. Un parámetro habitual es la fuerza a una determinada deformación del material, normalmente del 10%.

Se aplica normalmente a productos acabados: botellas, tarrinas, vasos, etc. Las probetas suelen ser el mismo producto.

Información que proporciona

Resistencia a compresión: Cuánta fuerza soportará la muestra antes de deformarse hasta un valor determinado (fijada por convenio o por el cliente). Esto da idea de cuánta carga se puede aplicar encima de la muestra hasta que se produzca la deformación fijada como límite. Este valor es importante de cara a tener en cuenta el peso que ha de soportar el envase, principalmente ya embalado en unidades de distribución, durante el almacenamiento y transporte. Cuanto mayor sea este valor, más carga es capaz de soportar la muestra.

El ensayo tiene sentido sobre muestras susceptibles de ser sometidas a compresión, como botellas, tarrinas, vasos, etc.

Ejemplo

Para una botella sometida a un ensayo de compresión los resultados obtenidos se muestran a continuación:

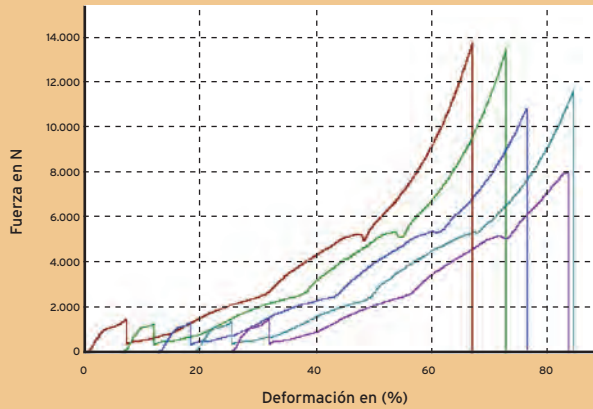


Figura 25.
Ejemplo de gráfica fuerza-deformación obtenida en un ensayo de compresión de botella sobre 5 probetas.

En esta gráfica de fuerza (eje vertical) frente a deformación (eje horizontal) se muestran los resultados para 5 probetas (las 5 curvas de distintos colores). Esta muestra presenta una resistencia a compresión promedio de 11400 N y una deformación del 72 % a resistencia máxima.

* Coeficientes de fricción o rozamiento

Descripción

Esta propiedad da idea de la mayor o menor fricción que sufre una muestra en forma de film cuando se roza con otra superficie. Este fenómeno se produce, por ejemplo, cuando el film está enrollado en una bobina y se desbobina, deslizándose sobre las capas de film que aún permanecen enrolladas (rozamiento de la cara interna del film con la cara externa). Otro ejemplo, en este caso de rozamiento de plástico con metal, se produce cuando el film bobinado pasa por los rodillos metálicos que lo transportan en procesos como la impresión, la laminación, el envasado, etc.

La determinación de esta propiedad solo tiene sentido sobre films. Está relacionada con la rugosidad de las superficies.

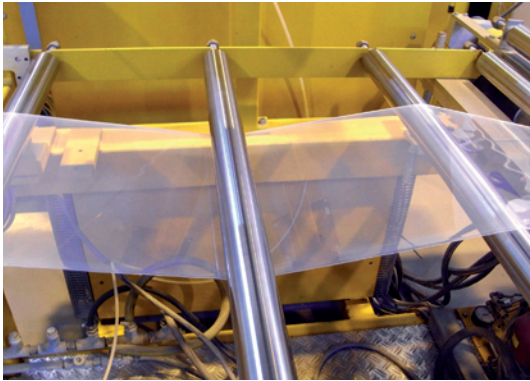


Figura 26. Paso del film por rodillos metálicos durante el proceso de extrusión y bobinado.

Es necesario distinguir entre el coeficiente estático de rozamiento y el dinámico:

El **coeficiente estático de rozamiento (μE)** es la relación entre la fuerza de tracción necesaria para iniciar el deslizamiento entre dos superficies y la fuerza de gravedad que actúa perpendicularmente sobre las mismas.

El **coeficiente dinámico de rozamiento (μD)** es la relación entre la fuerza de tracción necesaria para mantener el deslizamiento de una superficie sobre otra y la fuerza gravitatoria que actúa perpendicularmente a las dos superficies.

Los factores que influyen en el rozamiento son:

- Naturaleza del polímero
- Aditivos: lubricantes, plastificantes...
- Método de fabricación
- Estado de la superficie
- Condiciones ambientales

Información que proporciona

Coefficiente de rozamiento estático y coeficiente de rozamiento dinámico: Da idea de la resistencia que encuentra el film cuando desliza sobre otra capa de material plástico o sobre metal. Si este coeficiente es demasiado pequeño, significa que hay poco rozamiento, con lo cual el film puede deslizarse fácilmente y no respetar la velocidad del procesado. Si por el contrario este coeficiente es demasiado grande, el film puede sufrir atascos durante el procesado, de manera que se produzcan problemas de "maquinabilidad". Por esta razón, los fabricantes suelen conocer el rango de coeficientes de rozamiento que requiere su proceso para que el film se comporte correctamente.

El ensayo tiene sentido únicamente sobre muestras en forma de film.

Es necesario especificar cuál es la superficie sobre la que se ha determinado el rozamiento: si se ha determinado el coeficiente plástico-plástico (un caso habitual es cara interna-cara externa), o si se ha determinado el coeficiente plástico-metal, sobre qué metal, ya que los valores pueden cambiar.

Ejemplo

Para una muestra de film complejo, al determinar el rozamiento plástico (cara interna) - plástico (cara externa) se obtiene que el coeficiente de rozamiento estático es 0.18 y el coeficiente de rozamiento dinámico es 0.15. Estos valores están dentro de los habituales para films de envasado, aunque este valor es variable en función de los materiales empleados.

* Separación por pelado (*Peeling test*)

Descripción

La separación por pelado es un método de ensayo utilizado para determinar la fuerza de unión de los materiales plásticos en forma de láminas, hojas o planchas. Es aplicable al estudio de cualquier tipo de unión, independientemente del método empleado para unir los materiales: termosellado, pegado, cosido, unión de multicapas, etc.

Se determina sobre probetas cortadas de la zona de unión (en film) o sobre envases enteros, en función del tipo de muestra que se tenga. Se separa una pequeña fracción de la zona de unión para poder separar las dos capas selladas. Se sujeta uno de los lados sellados en una mordaza y el otro en la otra, y se somete a esta probeta a un ensayo de tracción, viendo la fuerza necesaria para que ambos lados se separen.



Figura 27. Ensayo de separación por pelado sobre tarrina con tapa de film (por cortesía de Zwick/Roell).

En ocasiones se producirá la rotura de uno de los lados antes de que se produzca la separación de la unión. Esto significa que la unión es buena, ya que se rompe la probeta antes de conseguir separar esa unión. Generalmente, cuando mayor es la resistencia a deslaminación, más se garantiza la calidad del envase final, ya que implica que no se van a producir aperturas accidentales del envase. Uno de los únicos casos en el que obtener valores grandes de resistencia de la soldadura no es tan conveniente, es cuando se determina la resistencia de la unión de envases de tipo abre-fácil. Este tipo de envases debe poder abrirse suavemente, sin ejercer una fuerza excesiva sobre la unión, y sin romper las capas unidas. Los valores aceptables de resistencia al pelado en este caso se fijarán por convenio, ya que no existe ninguna tabla donde especifique qué valores han de cumplir los envases de tipo abre-fácil.

Información que proporciona

Resistencia a la separación por pelado: Da idea de la fuerza necesaria para separar las dos capas unidas. Por tanto, cuanto mayor es esta resistencia, mejor. La excepción sería el caso de los envases abre-fácil, donde el valor máximo de la resistencia de la soldadura se establece por convenio.

Este ensayo puede realizarse sobre muestras en forma de film (para determinar la resistencia del sellado en dos capas termoselladas, la facilidad o no para que las capas se deslaminen en complejos laminados con un adhesivo, etc.) o en forma de envase sellado, por ejemplo, vasos termoformados sellados con film (tipo yogur), bandejas selladas con film (tipo fiambre), etc.

Ejemplo

De manera gráfica, el tipo de resultado que se obtiene se muestra en la Figura 23:

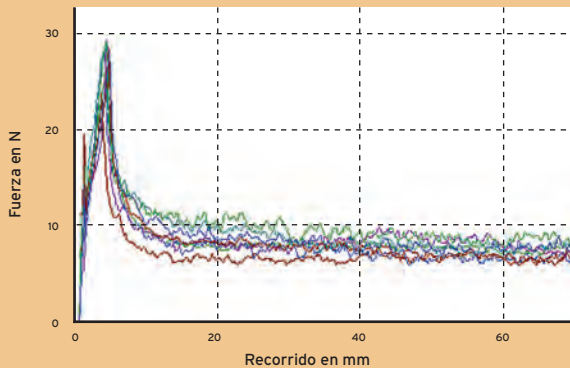


Figura 28. Gráfica esfuerzo-deformación obtenida en el ensayo de pelado de la tapa del envase.

De esta gráfica se puede concluir que los resultados del ensayo son:

- Fuerza máxima= 30 N (aprox.). Es la fuerza inicial necesaria para iniciar el pelado de la tapa.
- Fuerza media= 10 N (aprox.). Es la fuerza media para continuar con el pelado de la tapa, una vez que se ha iniciado dicho pelado.

Los resultados se expresan en Newton, unidades de fuerza. En el caso de ensayar la resistencia al pelado de muestras de film sellado o complejos, las unidades en las que se suelen expresar los resultados son N/15 mm, ya que se expresa la resistencia al pelado por unidad de anchura de la probeta que se ha empleado en el ensayo, que son 15 mm.

* Propiedades de impacto

Descripción

La resistencia a impacto es la capacidad de un material para resistir la rotura por el choque de una carga o habilidad para resistir la fractura bajo un esfuerzo aplicado a gran velocidad. Existen diferentes tipos de ensayos de impacto, que se aplican a los distintos tipos de muestra:

A Impacto de tipo pendular: Charpy e Izod



Figura 29. Equipo empleado para la determinación de impacto Charpy e Izod.

El impacto Charpy e Izod consiste en la caída de un péndulo de una masa determinada conectado a un eje de giro sobre una probeta. La diferencia entre un ensayo y otro es la forma de colocar la probeta durante el ensayo. En el impacto Charpy la probeta se coloca en posición horizontal y el péndulo la golpea por la zona que no presenta entalla. En el impacto Izod, la probeta se coloca en posición vertical y el péndulo la golpea por la zona entallada.

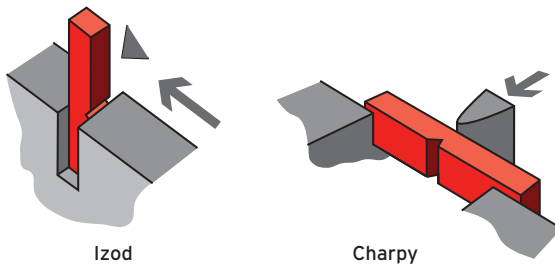


Figura 30. Diferencia entre ensayo de impacto Izod y ensayo de impacto Charpy.

Este tipo de ensayo suele aplicarse sobre probetas preparadas especialmente para el ensayo, y da información sobre la materia prima. Es decir, no es habitual su determinación sobre producto final (envase) sino para estudiar las propiedades de la materia prima.

Información que proporciona

Resistencia al impacto de la materia prima. Da idea de la energía necesaria para romper la probeta de material. Cuanta más energía se requiere, más resistente es el material a un impacto a alta velocidad.

Es una propiedad de la materia prima, principalmente.

Ejemplo

Para una muestra de polietileno de alta densidad (HDPE), el valor medio de resistencia a impacto Izod en probetas con entalla a 23 °C es de 52 KJ/m².

B Caída de peso: bola, dardo, producto acabado, etc.

En los ensayos de impacto por caída de peso la probeta se encuentra libremente soportada o fijada, según norma, y recibe el golpe producido por una masa que cae desde una altura fijada. La velocidad a que se produce el impacto depende de la altura a la que cae la masa y de la energía de impacto.

Normalmente en este tipo de ensayos los resultados se expresan de forma estadística como una relación entre la probabilidad de rotura o supervivencia en función de la severidad del ensayo. Es decir, se ensaya un número de réplicas determinado y el resultado es el nº de probetas que sufren rotura frente al total ensayado. También es habitual ir variando parámetros como la altura de caída o el peso lanzado sobre la muestra para analizar cómo se comporta la muestra al cambiar esas variables.

Dentro de esta tipología de ensayos, se distinguen principalmente dos tipos de ensayo:

B.1 Impacto dardo: Caída de dardo sobre la muestra.

B.2 Impacto por caída libre: Caída de envase entero (lleno) desde una altura determinada.

B.1 Impacto dardo: Caída de dardo sobre la muestra

En este ensayo se coloca una muestra de film sobre un bastidor en posición horizontal, y se lanza desde una altura determinada un peso, llamado dardo, que impacta sobre el film.

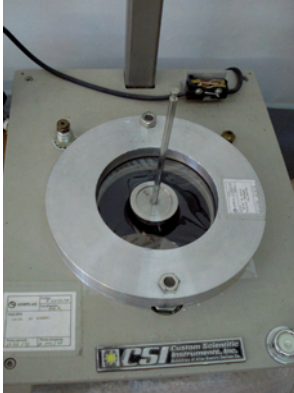


Figura 31. Detalle de la zona de impacto del dardo sobre la probeta de film colocada en el bastidor durante el ensayo de impacto dardo.

Información que proporciona

Masa de rotura: Es el peso del dardo necesario para que se produzca la rotura en el 50 % de las probetas ensayadas.

Para muestras en forma de film, la resistencia a impacto da idea de lo fácil o difícil que es que la muestra se rompa cuando algo impacta contra el film.

Ejemplo

Para una muestra de bolsa de un solo uso de espesor 42 micras, la masa de rotura es de 172 g.

B.2 Impacto por caída libre: Caída de envase entero (lleno) desde una altura determinada

Se lleva a cabo el lanzamiento de los envases llenos con el producto o con su peso de agua equivalente desde una altura determinada. Como método de evaluación se evalúa el nº de defectos aparecidos: grietas, roturas, etc.



Figura 32. Equipo empleado en el ensayo de impacto por caída libre.

Información que proporciona

Altura máxima a la que no se produce rotura:
Da idea de la altura máxima a la que se puede someter la muestra a caída libre sin que esta presente rotura por impacto.

Para muestras de envase final, la información que se obtiene da idea de lo resistente que es el envase a caídas accidentales como las que puede sufrir en el lineal de compra o en el domicilio del consumidor.

Ejemplo

Para una muestra de envase sellado el procedimiento de ensayo es el siguiente:

Se procede al lanzamiento de los envases en distintos ángulos de caída:

- 0°: Envase boca arriba (en su posición normal).
- 180°: Envase boca abajo (totalmente invertido).
- 90°: Envase en posición de lado.
- Caídas libres a 0° y 180°: Se partió de una altura inicial de 2 m (2.000 mm). No se registró rotura de ninguna de las réplicas ensayadas.
- Caída libre a 90°: Se partió de una altura inicial de 500 mm. Si al lanzarlos desde dicha altura no se observa rotura por impacto, se procede a un incremento de la altura de 500 mm, y se repite el ensayo.

Los resultados obtenidos son:

- Altura máxima sin rotura: Es la altura a la que no se registra rotura del envase al someterlo a caída libre desde ninguno de sus ángulos.

Probeta	Altura máxima sin rotura (mm)
1	1.500
2	1.000
3	1.000
4	1.500
5	1.000

* Propiedades de rasgado/desgarro

Descripción

Sirve para determinar la fuerza necesaria para propagar el rasgado/desgarro de un corte iniciado en una probeta obtenida de una lámina o película flexible y delgada, bajo condiciones específicas de carga. Es decir, una vez que la lámina o film tiene un corte, da información acerca de si el film va a rasgar/desgarrar fácilmente o de si presenta cierta resistencia a que se produzca ese rasgado.

Las propiedades de rasgado/desgarro de un film se pueden determinar de dos formas:

- **Para films:** Se determina la resistencia a rasgado mediante un péndulo Elmendorf.

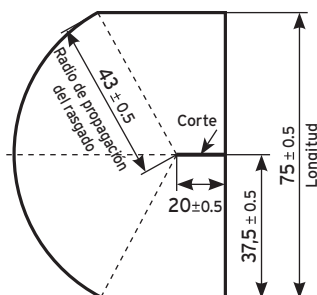


Figura 33. Equipo de rasgado Elmendorf y ejemplo de probetas empleadas.

- **Para láminas:** Se determina la resistencia al desgarro mediante un ensayo de tracción en máquina universal de ensayos (MUE) con probetas pantalón.

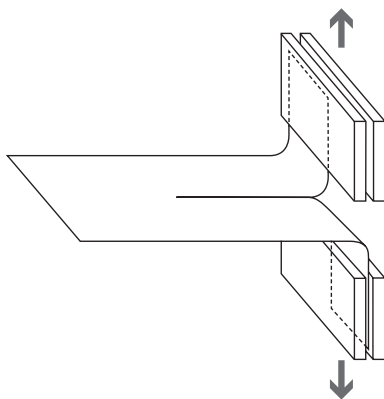


Figura 34. Esquema de la posición de la probeta pantalón en ensayos de desgarro en MUE.

Información que proporciona

Resistencia a rasgado/desgarro: Si la resistencia a rasgado/desgarro es alta, significa que cuesta mucho desgarrar el film o la lámina a partir de un corte previo. Habitualmente, cuanto mayor es la resistencia a desgarro, se suele considerar que el comportamiento es mejor, ya que esta propiedad protege al film de desgarros involuntarios. Sin embargo, existen casos en los que es conveniente que el film pueda rasgarse con una relativa facilidad, como ocurre en productos tipo sobres monodosis donde se induce un corte en una zona del sellado para que a partir de ese corte el consumidor pueda abrir el resto del envase por rasgado.

Se mide exclusivamente sobre muestras en forma de film o lámina.

Ejemplo

Para una muestra de film, en su dirección longitudinal, se obtiene que la resistencia al rasgado Elmendorf es 0.20 N, mientras que en su dirección transversal es 0.60 N. Por tanto, para esta muestra resultará más fácil rasgarla en dirección longitudinal que transversal.

* Dureza

Descripción

La definición habitualmente empleada para la dureza es la resistencia que opone un material a ser rayado o penetrado. Es una propiedad características del material, no del envase final.

Existen distintos métodos para determinar la dureza (Barcol, Shore, de bola), y todos ellos se basan en la penetración de distintas geometrías (punzón, bola, cono, etc.) sobre la muestra de plástico, que ha de tener un espesor de varios milímetros. Cada uno de estos métodos da resultados en su propia escala, por lo que es importante resaltar que los valores obtenidos por un método no deben ser comparados con los obtenidos por cualquier otro método de medición de dureza, pero pueden ser empíricamente correlacionados.

Información que proporciona

Dureza: Cuanto mayor es el valor obtenido, más dureza presenta la muestra (mayor resistencia a ser penetrado o rayado).

Esta propiedad es característica de la materia prima, y no suele ser excesivamente crítica en el diseño de envases, aunque es un parámetro de referencia que se ofrece en las fichas técnicas de las materias primas y aporta información acerca de lo resistente que es el material a ser penetrado.

Ejemplo

Para una muestra de polipropileno, la dureza Shore D obtenida es de 66. El resultado se expresa directamente como "Dureza Shore", sin unidades.

* Resistencia a punción

Descripción

Este ensayo mide la resistencia de una muestra en forma de lámina o film, a ser perforado por un punzón.

El ensayo se realiza en una máquina universal de ensayos con un accesorio especial de punción.

Información que proporciona



Figura 35. Fotografía de detalle del equipo de punzón (por cortesía de Zwick/Roell).

Resistencia del film a ser perforado por un punzón: Cuanto mayor sea la energía necesaria para que se produzca la perforación, mayor resistencia del film a ser perforado y más protegido estará un envase flexible a sufrir roturas accidentales durante la manipulación, transporte, uso final, etc. Esto es especialmente importante, por ejemplo, en el envasado de carnes, que pueden contener huesos y componentes punzantes.

El mantenimiento de la hermeticidad del envase contribuye a alargar la vida útil del producto envasado.

Se aplica únicamente sobre muestras en forma de film o lámina.

Ejemplo

Para una muestra de film de espesor medio 50 micras, se obtiene la siguiente gráfica de resultados:

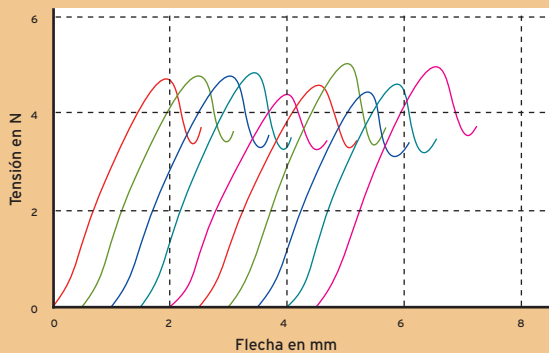


Figura 36. Gráfica tensión-deformación obtenida en ensayo de punzión de film.

Para este ensayo, los valores medios obtenidos son:

- Fuerza de rotura: 4.76 N
- Elongación a la rotura: 2 mm
- Energía: 7.92 mJ

* Resistencia a carga estática y dinámica

Descripción

Este ensayo mide la resistencia de bolsas a soportar una carga determinada durante un tiempo, bien de manera estática, bien de manera dinámica, simulando el transporte de dicha bolsa cargada durante su vida útil. Se aplica vibración sobre las muestras de bolsas, cargadas con un peso determinado, y se evalúa si sufren roturas durante el ensayo.

Información que proporciona

Si no se produce rotura de las bolsas: se garantiza que la bolsa es adecuada para su uso.

Este ensayo se realiza exclusivamente sobre bolsas.

Ejemplo

Para una bolsa reutilizable de polietileno, se aplica un peso de 10 kg durante 15 minutos. El ensayo se lleva a cabo sobre 16 réplicas. No se observa rotura al final del ensayo en ninguna de ellas, lo que según la norma de ensayo de bolsas reutilizables (UNE 53942:2009) garantiza que puede emplearse durante 15 usos consecutivos.

(3).3

Propiedades térmicas

Dentro de las propiedades térmicas de los polímeros, se incluirían también las transiciones térmicas de los materiales que se determinan por Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) y que ya se describieron en el punto 1 (“Identificación de polímeros”).

* Temperatura Vicat / HDT

Descripción

La **Temperatura de reblandecimiento Vicat**, es la temperatura a la cual, una punta de sección circular, cargada con una fuerza normalizada, penetra 1 mm en la superficie de una probeta cuando la temperatura se eleva a una velocidad de calentamiento constante.

Esta propiedad da idea de lo fácil que es someter el material a penetración, de manera similar a la dureza, pero aporta una información adicional, ya que la muestra se calienta. El resultado de este ensayo no es la dureza del material, sino su resistencia a la deformación cuando es calentado. Es decir, hasta qué temperatura se podrá calentar el material sin que sufra una deformación determinada.

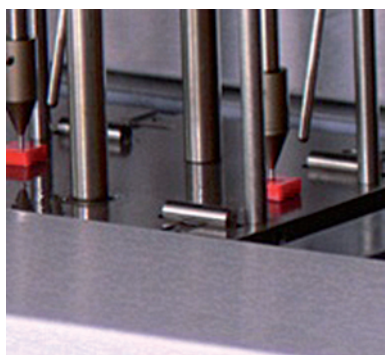


Figura 37. Detalle de ensayo de determinación de Temperatura Vicat.

Existen diferentes métodos de ensayo en función de la fuerza y la velocidad de calentamiento utilizada.

La **Temperatura de flexión bajo carga (HDT)**, es la temperatura a la cual, una probeta presenta una flecha normalizada, bajo una carga determinada, mientras se incrementa la temperatura. Para la determinación de la temperatura de flexión bajo carga (HDT) se somete una probeta normalizada a un esfuerzo de flexión determinado, y se sumerge en un baño que contenga un líquido adecuado para soportar la temperatura de ensayo, por ejemplo aceite de silicona. Se va aumentando la temperatura y se mide a qué temperatura se produce la flecha o deformación de la probeta especificada.

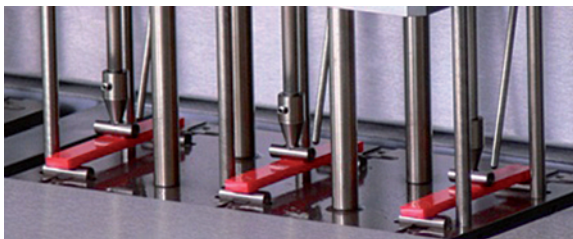


Figura 38. Detalle de ensayo de determinación de temperatura de flexión bajo carga (HDT).

Información que proporciona

Ambas técnicas dan idea de **la resistencia del material a reblandecer al aumentar la temperatura**. Es decir, si al ser calentados van a reblandecer con facilidad, y por tanto, son más susceptibles de sufrir deformaciones. Esto puede ser importante, por ejemplo, en envases que van a ser sometidos a procesos de esterilización o pasteurización, donde si el material con el que se ha fabricado el envase tiene temperaturas Vicat o HDT más bajas que la temperatura a aplicar en estos procesos, puede sufrir deformaciones o colapsos indeseados. Por tanto, cuanto más altas sean estas temperaturas, mejor resistencia va a tener el material a la temperatura. Necesitará ser calentado a mayores temperaturas para sufrir reblandecimiento.

Esta propiedad es característica de la materia prima, no del envase final. Pero proporciona información valiosa acerca del comportamiento "físico" del material al ser calentado.

Ejemplo

Para un polietileno de alta densidad, se obtiene una temperatura de reblandecimiento Vicat de 127 °C (aplicando una fuerza de 10 N), y una HDT de 79 °C (al aplicar 0,45 MPa).

* Estudio de termosellado

Descripción

El termosellado mediante mordazas calientes consiste en que dos superficies a alta temperatura estén en contacto con el film el tiempo necesario para conseguir un buen sellado, lo que repercute en que el envase sea hermético y se eviten tanto fugas como contaminaciones indeseadas.

Los factores que influyen en el termosellado son la temperatura de sellado, el tiempo de sellado y la presión entre las mordazas.

Para realizar un estudio de termosellado de un material, en primer lugar se realizarán pruebas variando las condiciones de temperatura, tiempo y presión de sellado. A partir de esas pruebas, se comprobará la resistencia del termosellado de las muestras, mediante ensayos de tracción donde las probetas contengan la zona termosellada, de modo que durante el ensayo se separen las zonas selladas.

Información que proporciona

Proporciona información sobre las condiciones óptimas que han de aplicarse para termosellar la muestra de una forma efectiva. Por tanto, en este caso lo que se determina no es una propiedad del producto final, sino que los resultados de este estudio informan de las condiciones óptimas para llevar a cabo el proceso de termosellado durante el envasado.

Este ensayo se aplica principalmente sobre film, aunque también podría aplicarse sobre envases tipo tarrina con tapa.

Ejemplo

Un ejemplo de los resultados obtenidos al estudiar el comportamiento de un film durante el termosellado en función de la temperatura se muestra a continuación:

Temperatura	Observaciones sobre el comportamiento de la muestra
130°C	Se deslaminan con mucha facilidad, sin llegar a sellar.
140°C	Sellado OK. Resistencia a la deslaminación: 17 N/15mm.
150°C	Las probetas se funden y arrugan, no hay resultados válidos de soldadura.

En este estudio se puede concluir que para este film en concreto, la temperatura óptima de las ensayadas es 140 °C, ya que a menor temperatura no sella y a mayor se degrada el film. A partir de estos resultados, se podría hacer un estudio a temperaturas intermedias para acotar más la ventana de temperaturas de sellado óptimas.

(3).4

Propiedades físicas

* Densidad

Descripción

La densidad de un cuerpo (ρ) es la relación de su masa (m) a su volumen (V), es decir, la masa por unidad de volumen. Existen diferentes métodos para determinar la densidad de un sólido, aunque para materiales poliméricos el más utilizado es el de balanza y accesorio para la determinación de densidad. En este caso, la densidad del polímero se determina con ayuda de un líquido auxiliar de densidad conocida. Para ello se pesa el sólido una vez en el aire y a continuación en estado sumergido.

Esta propiedad es también característica de la materia prima, no de los envases terminados.

Información que proporciona

La densidad de un material, es decir su peso por unidad de volumen. Si un polímero A tiene una mayor densidad que un polímero B, significa que para un mismo diseño de envase, el envase fabricado con polímero A pesará más que el fabricado con polímero B. Esto repercute directamente en los costes de transporte de producto acabado, tanto desde el punto de vista económico, como medio ambiental (consumo de combustibles, emisiones de gases, etc.).

Ejemplo

La densidad de muchos de los polímeros habitualmente más empleados (polietileno, polipropileno, etc.) está alrededor de 1 g/cm^3 . Para polímeros con carga, la densidad aumenta (por ejemplo, para polipropileno con 20% talco, puede estar alrededor de 1.4 g/cm^3), debido a la densidad de la carga.

* Absorción de agua

Descripción

Este ensayo, que determina la tendencia que tiene el material a absorber agua o humedad ambiental, tiene dos funciones principales:

- 1 Servir como guía para conocer la proporción de agua absorbida por un material y, por tanto, para predecir en cierta medida el efecto que puede causar sobre propiedades mecánicas, eléctricas, dimensionales, etc.
- 2 Como un control sobre la uniformidad del producto.

La forma más habitual de medir la capacidad de absorción de agua es:

- Se sumerge la probeta en agua y se pesa tras la inmersión.
- Se seca la probeta en estufa, manteniéndola posteriormente en desecador para garantizar que toda la humedad se ha eliminado, y se registra el peso final.
- Por diferencia se determina la cantidad de agua absorbida.

Información que proporciona

Tendencia a absorber agua que tiene un material. Si se determina que un polímero presenta una absorción de agua alta, habrá que tener este hecho en cuenta ya que la absorción de agua puede plantear problemas tanto durante el procesado como en las propiedades del producto final. Por ejemplo, la aparición de burbujas en film, plantea que en esas zonas se pueden presentar problemas de fugas, roturas o pérdida de propiedades como las propiedades barrera. Conociendo esta tendencia, se puede intentar poner remedio: por ejemplo, la poliamida es un material con mucha tendencia a la absorción de humedad, por lo que se ha de secar de manera previa a su transformación.

Es una propiedad característica del material.

Ejemplo

Para materiales higroscópicos (con tendencia a la absorción de agua) como la poliamida 66, se pueden observar valores cercanos al 3% tras saturación a 23 °C y en ambiente con 50% de HR, y cercanos al 8% tras saturación sumergida en agua a 23 °C.

* Resistencia a agrietamiento por tensiones en medio ambiente activo (ESCR, Environmental Stress Cracking Resistance)

Los materiales plásticos pueden verse afectados por el contacto con sustancias químicas. Uno de los fenómenos más habituales cuando se habla de compatibilidad química de materiales plásticos es el agrietamiento por tensiones en medio ambiente activo (conocido por su denominación en inglés, *stress cracking*). Consiste en la aparición de grietas en el material cuando se pone en contacto con un líquido que contribuye a liberar las tensiones residuales que pueden quedar en su estructura tras el procesado. Uno de los materiales más empleados en envases de sustancias químicas, productos de limpieza, etc. es el polietileno, y es por consiguiente uno de los que presenta más normativa asociada relativa a la determinación de esta propiedad.

Dentro de los ensayos para determinar la resistencia a stress cracking, es necesario distinguir entre los ensayos realizados sobre materia prima y sobre envase terminado.

A Ensayos sobre materia prima

Existe numerosa normativa de ensayos para determinar la resistencia a stress cracking (que aparece normalmente denominada por sus siglas en inglés, *Environmental Stress Cracking Resistance, ESCR*) de materias primas.

Descripción

Uno de los métodos más empleados es el también conocido como “Método de Bell” o método de la probeta curvada con entalla. En este ensayo se hace una muesca (20% del grosor del material) en la superficie de una probeta rectangular que es doblada en un arco de 180° y colocada dentro de los bordes de un pequeño canal de metal.

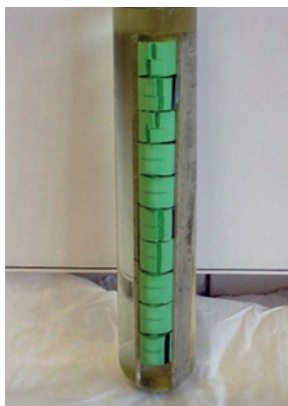


Figura 39. Ejemplo de la disposición de las probetas durante un ensayo de probeta curvada con entalla.

Se sumergen 10 probetas simultáneamente en un agente reactivo y a temperatura elevada. El agente reactivo seleccionado suele ser un agente tensoactivo (algunos de los más empleados son Igepal, Adinol, Antarox, etc).

Se lleva a cabo una evaluación visual periódica y se registra el tiempo en el que fallan el 50% de las probetas (F_{50}). Este tiempo, en horas, es el que se suele facilitar en las fichas técnicas.

Es imprescindible señalar que para poder comparar entre materiales, se deben comparar valores de ESCR que estén determinados según el mismo método y con el mismo agente reactivo.

Información que proporciona

Resistencia que presenta el material al ser puesto en contacto con sustancias químicas.

El valor que proporciona el ensayo es un tiempo, en horas, que es el que tarda en fallar el 50 % de las probetas. Por tanto, cuanto mayor sea ese tiempo, mayor será la resistencia del material a los productos químicos.

Es una propiedad característica del material, que se determina sobre probetas. Es importante señalar esto, para no confundirlo con los ensayos de compatibilidad química, donde el envase final se pone en contacto con el líquido a contener para ver si se registran efectos negativos: grietas, fugas, hinchamientos, etc.

Ejemplo

Un HDPE empleado para el soplado de botellas presenta una ESCR de $F_{50} = 600$ horas, determinado según ASTM D1693, Método A, en Igepal (agente tensoactivo) al 100%.

B Ensayos sobre envase final

La geometría y el proceso de transformación de los envases puede afectar también a la resistencia del material. Por ello, existe normativa específica para determinar la resistencia a stress cracking sobre envase final.

Descripción

En este ensayo, se llenan los envases finales, bien con el producto concreto a contener, bien con un agente tensoactivo, y se someten a temperatura elevada, en posición invertida, durante 15 días (360 h), evaluando diariamente si se registra la aparición de grietas, fugas, etc. Se pueden emplear distintos métodos de ensayo, en función de:

- Si se emplea cualquier líquido que sea potencialmente un agente tensoactivo.
- Si se emplea un agente tensoactivo concreto (por ejemplo, alquilfenol poli (9) glicoléter al 10%).
- Si se emplea un agente tensoactivo concreto, introduciendo además, presión interna en el envase.

El resultado se expresa como F_{50} (tiempo en el que se producen fallos en el 50% de los ensayos) o como porcentaje de fallos.

Información que proporciona

Resistencia que presenta el envase al ser puesto en contacto con el producto a contener. Este ensayo determinará si el envase es apto para estar en contacto con un líquido determinado sin sufrir efectos negativos: aparición de grietas, fugas, etc. Cuantos menos fallos se presenten, o cuanto mayor sea la F_{50} de una combinación envase -producto, mejor comportamiento tendrá.

Es una propiedad del envase, que proporciona información importante acerca de la compatibilidad envase producto, sobre todo desde un punto de vista comparativo cuando se desea comparar el comportamiento de un mismo producto con distintos envases o evaluar el efecto de modificaciones en el diseño del envase sobre su comportamiento en contacto con el producto.

Ejemplo

Para una muestra de envase destinada a contener un producto de limpieza, se registra un F_{50} de 240 h al ser ensayada con el propio producto a contener.

* Índice de fluidez (MFI)

Descripción

Esta propiedad da idea de lo fácil o difícil que es que fluya el material cuando está en estado fundido. Es decir, si se parece más, por ejemplo, al agua (alta fluidez) o a la miel (baja fluidez). La fluidez es una propiedad importante desde el punto de vista de los procesos de transformación, ya que cada uno de los procesos de transformación anteriormente comentados (extrusión, inyección, etc.) requiere un rango de índices de fluidez del material diferentes. Para un proceso de inyección es necesario que el material fundido sea capaz de fluir y repartirse por toda la cavidad del molde, llenando por completo la geometría de la pieza inyectada. Por tanto, los materiales plásticos empleados en inyección tienen índices de fluidez altos (mayores de 10 g/10min generalmente). Por el contrario, para el proceso de extrusión soplado de botellas, en el que se extruye un parísón (cilindro de material) en fundido, que ha de tener cierta consistencia para no sufrir descolgamiento, la fluidez debe ser mucho menor, por lo que para estos procesos se emplean materiales con índices de fluidez menores que en el caso anterior, menores de 1 g/10 min.

Esta es una propiedad característica de la materia prima. Representa una prueba sencilla que permite conocer la uniformidad de la velocidad de flujo del material. Es el ensayo reológico más utilizado para examinar y estudiar los plásticos en diferentes procesos de fabricación, y este parámetro suele figurar en la mayoría de las fichas técnicas de materiales.

El índice de fluidez se determina mediante la extrusión del material con un equipo adecuado denominado plastómetro. Se llena una cavidad de material en forma de granza, polvo o triturado, y a continuación se calienta esa cavidad hasta que el material está en estado fundido. Después se aplica un peso determinado sobre esta cavidad y se abre un orificio existente en la parte inferior, de manera que el material fundido empieza a salir por dicho orificio. Se determina la cantidad de material que cae a través del orificio en 10 min (en peso o en volumen). Con estos datos se determina la velocidad del flujo másico (g/10 min) o volúmico (cm³/10 min). Se suele denominar por sus siglas en inglés MFI (*Melt Flow Index*).

Para el ensayo es importante fijar la temperatura y la masa aplicada. Las más habituales son 190 °C y 230 °C en cuanto a la temperatura, y 2.16 kg, 5 kg ó 21.6 kg, en cuanto a la masa.

Información que proporciona

Fluidez del material: Velocidad del material en fundido (facilidad para fluir).

Es una propiedad característica de la materia prima.

Ejemplo

Un polietileno de alta densidad (HDPE) empleado para la fabricación de envases mediante extrusión soplado tiene un índice de fluidez de 0.2 g/10 min, determinado a 190 °C con una carga de 2.16 kg.

* Tensión superficial

Descripción

La tensión superficial es la acción de las fuerzas moleculares en virtud de la cual la capa exterior de los líquidos tiende a contener el volumen de estos dentro de la mínima superficie. Es decir, da idea de lo fácil o difícil que es que se forme una gota en la superficie del film, y del ángulo que forma esa gota con la superficie horizontal del film.

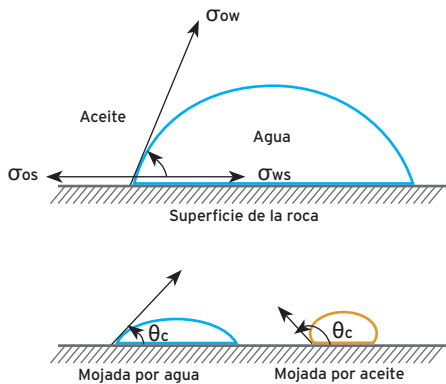


Figura 40. Representación esquemática de los ángulos implicados en el fenómeno de tensión superficial de líquidos sobre superficies sólidas.

Esta propiedad es crítica para los procesos de impresión de tintas sobre los plásticos. Para que la adherencia de la tinta o barniz sobre las superficies de plástico sea buena, la tensión superficial del material ha de ser mayor (entre 7 y 10 dinas/cm) que la de las tintas o adhesivos. Por esta razón, para obtener una tensión superficial adecuada, en plásticos convencionales se recurre frecuentemente a diferentes tipos de tratamientos superficiales: llama, efecto corona, químicos, etc.

Se suele emplear para su determinación una escala de disoluciones con tensiones superficiales conocidas. Se aplica con un bastoncillo cada disolución sobre el film, y se determina el tiempo que tarda en formar gotas.

En la industria, existe también un método de comprobación rápida para determinar cuál de las superficies es la tratada para su posterior impresión. Se emplea un rotulador de 38 mN/m para marcar las superficies. Si la superficie está tratada, aparecerá una línea continua.

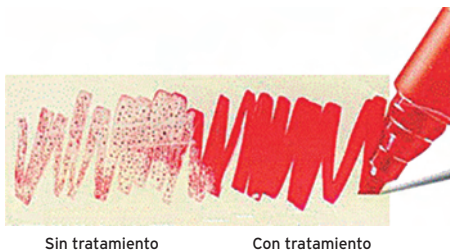


Figura 41. Ejemplo de uso de rotulador para determinación de superficies tratadas.

Información que proporciona

Determina si las propiedades superficiales del film son suficientes para llevar a cabo la impresión posterior, o bien, en el caso de films pretratados, para determinar cuál es la cara tratada que es la que ha de ser sometida a impresión.

Ejemplo

La tensión superficial de un film de polipropileno sin tratar está alrededor de 30 dinas/cm, mientras que tras un tratamiento superficial tipo corona, esta tensión superficial aumenta hasta alrededor de 40 dinas/cm.

(3).5

Propiedades ópticas

* Brillo

Descripción

El brillo está asociado a la capacidad de una superficie de reflejar más luz en unas direcciones que en otras. Para su medición, se hace que una luz brillante salga reflejada de una muestra según un ángulo determinado y se mide la cantidad de brillo del rayo reflejado mediante un fotodetector.

Los materiales con brillo alto se miden con un ángulo de 20°, los de brillo intermedio con 60° y los de brillo bajo con un ángulo de 45°:

Información que proporciona

Porcentaje de brillo: Cuanto mayor es el valor de este parámetro, mayor es el brillo del material.

Ejemplo

Un film de polipropileno tiene un valor de brillo a 20° mayor de 25%.

* Turbiedad (Haze)

Descripción

La turbiedad es la dispersión de la luz producida por la acumulación de partículas diminutas del material o por defectos superficiales muy pequeños, lo que puede dar lugar a un oscurecimiento de la visión a través del material.

La turbiedad se mide con un equipo llamado *hazemeter*, y el resultado se expresa en forma de porcentaje.

Información que proporciona

Porcentaje de turbiedad: Cuanto mayor es el valor de este parámetro, más difícil es ver a través del material. Se suele relacionar, de manera indirecta, con la transparencia. Por tanto, a mayor turbiedad, menos transparencia.

Esta medida solo tiene sentido sobre muestras transparentes o translúcidas, ya que en materiales opacos la turbiedad será del 100%.

Ejemplo

Un film transparente de 23 micras de polietileno tereftalato (PET) tiene un valor de turbiedad de un 2%.

(3).6

Propiedades barrera

* Velocidad de transmisión de gases

Cuando decimos que un material o un envase tiene una permeabilidad X a un determinado gas (p.e., oxígeno), ese dato de lo que nos da idea es de la cantidad de moléculas de ese gas que pasan a través del material o del envase. Aunque, en la vida cotidiana, pueda ser común cierta percepción de que los plásticos son “impermeables”, esto no es cierto, ya que permiten el intercambio de sustancias a través de ellos. Ya se ha comentado anteriormente que la estructura de los polímeros se asimila a un “ovillo molecular”. Las cadenas poliméricas, al estar en forma de ovillo, presentan huecos, que será por donde pasarán las moléculas para atravesar el material de envase. Evidentemente, estos huecos no son de grandes dimensiones, por lo que dejarán pasar más fácilmente moléculas más pequeñas, como oxígeno, vapor de agua, etc. Moléculas de tamaño más grande, como las que forman parte de aromas, difundirán con más dificultad a través de la estructura del polímero (“no caben en los huecos”).

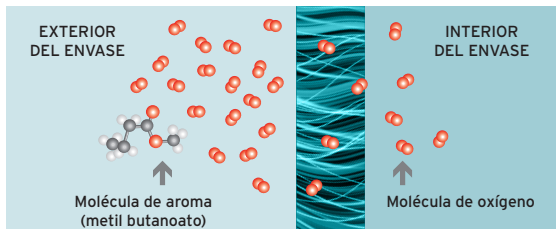


Figura 42. Esquema del proceso de permeabilidad de gases a través de la estructura polimérica.

Este intercambio depende además de otros factores, como, por supuesto, el tipo de polímero, la temperatura, la humedad, etc.

La permeabilidad es especialmente crítica en el caso del envasado de alimentos (aunque también puede serlo en otros casos, como aplicaciones farmacéuticas). Para cada alimento, existen unos factores de degradación que determinarán su vida útil. El oxígeno y la humedad (vapor de agua) son dos de los factores principales de degradación para numerosos alimentos.

Teniendo en cuenta estos datos, para garantizar su correcta conservación, será necesario mantener al alimento lo más alejado posible de los factores que producen su degradación. Desde el punto de vista de la permeabilidad, lo fácil o difícil que sea que moléculas de un determinado gas entren al interior del envase, normalmente desde el ambiente exterior, puede influir y mucho en la conservación del alimento que se encuentra en el interior del envase. Por tanto, decidir qué material o qué combinación de materiales son los idóneos desde el punto

de vista de la permeabilidad para garantizar la correcta vida útil del alimento envasado es un factor decisivo a la hora de diseñar un envase. Igualmente, verificar periódicamente que esos valores de permeabilidad siguen manteniéndose en los valores esperados, o comprobar que al hacer modificaciones en el diseño (p.e., espesores) los valores de permeabilidad siguen siendo aceptables, es un control de calidad que sería conveniente aplicar en las empresas del sector (fabricantes, envasadores y empresas de alimentación).

De manera habitual, a los materiales que presentan valores bajos de permeabilidad o velocidad de transmisión de gases se les llama **materiales barrera o de alta barrera** a esos gases en cuestión. Que un material tenga alta barrera a oxígeno (por ejemplo) no garantiza que lo sea a vapor de agua. De hecho es habitual que los materiales que tengan buenas propiedades barrera a oxígeno, tengan propiedades barrera mucho peores a vapor de agua, y viceversa.

Descripción

Para determinar la permeabilidad de un material de envase a un determinado gas, se pueden emplear diferentes métodos. Los más empleados para aplicaciones de envase, donde se requiere una alta sensibilidad y es más frecuente que se requiera determinar permeabilidades muy bajas (en envases de alta barrera), son los que emplean sensores específicos. Es decir, el sensor empleado permite detectar únicamente la permeabilidad al gas que se quiere medir, sin que interfieran el resto de gases presentes en el medio.

En este tipo de medidas, es posible determinar la permeabilidad tanto de film como de envase completo (tipo botella, tarrina, etc.). Lo más crítico es seleccionar las condiciones de temperatura y humedad relativa (HR) a las que se ha de realizar el ensayo. Cuando se desea comparar valores de permeabilidad para distintas muestras, una muestra con su correspondiente ficha técnica, o hacer un seguimiento periódico de la permeabilidad, es necesario que los valores de permeabilidad de que se disponga hayan sido determinados según métodos equivalentes, y en las mismas condiciones de T° y HR, ya que de lo contrario no es posible hacer comparaciones directas.

Información que proporciona

Velocidad de transmisión de un gas (oxígeno, vapor de agua u otros gases) a través del film o del envase. Es decir, da idea de la cantidad de ese gas que es capaz de atravesar el film o el envase al cabo de un tiempo (días), bien por envase completo (en el caso de ensayar envases tipos vasos, botellas, tarrinas, etc.), bien por m^2 de film. Cuanto menor sea este valor, menos cantidad de gas es capaz de atravesar el material de envase, lo que en la mayoría de los casos, favorece un mayor tiempo de conservación de los alimentos envasados.

Para el oxígeno, el resultado se expresa en cm^3 , mientras que para el vapor de agua se expresa en g.

Ejemplo

La velocidad de transmisión de oxígeno de un film de polipropileno biorientado (BOPP) de 35 micras es de $1.200 \text{ cm}^3/(\text{m}^2\text{-día})$, a 23°C y 0% HR. Para este mismo film, la velocidad de transmisión de vapor de agua es de $5 \text{ g}/(\text{m}^2\text{-día})$ a 38°C y 90% HR.

(3).7

Cumplimiento de legislación europea de plástico en contacto con alimentos

Para regular la seguridad alimentaria de los plásticos en contacto con alimentos es necesario cumplir con la legislación vigente:

Reglamento N° 1935/2004

Se especifican los criterios a cumplir por todos los materiales destinados a estar en contacto con, alimentos (no específicamente plásticos, sino también vidrio, metal, papel, etc.). Estos criterios son:

- **Inercia:** Los principios básicos son:
 - Que el material de envase ha de ser inerte (no transmitir componentes al alimento envasado).
 - Se ha de evitar que se transfieran sustancias tóxicas al alimento.
 - El envase no ha de modificar el olor o sabor del alimento (características organolépticas).
- **Trazabilidad:** Se ha de disponer de la información necesaria para identificar los materiales empleados durante todas las etapas del procesado.
- **Etiquetado:** Se ha de etiquetar el envase acerca de su idoneidad para ser empleado en contacto con alimentos. Se emplea el símbolo de la copa y el tenedor:



Figura 43. Símbolo empleado en "Uso alimentario" o símbolo de la copa y el tenedor.

- **Declaración de conformidad:** Se ha de informar a las etapas posteriores acerca de para qué es posible emplear el envase (por ejemplo, si es apto para ser calentado, si se puede poner en contacto con diversos grupos de alimentos, etc.).

Reglamento (CE) N° 2023/2006 Sobre buenas prácticas de fabricación de materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos.

Este Reglamento establece las normas sobre buenas prácticas de fabricación, que son los aspectos de aseguramiento de la calidad que garantizan que los materiales y objetos destinados a estar en contacto con alimentos se producen y controlan de forma coherente, para asegurarse de que sean conformes a las normas aplicables y los estándares de calidad adecuados para el uso previsto y no pongan en peligro la salud humana o causen un cambio inaceptable en la composición de los alimentos o un deterioro de sus características organolépticas. Para ello, se han de establecer, correspondientemente documentados:

- Un sistema de aseguramiento de la calidad
- Un sistema eficaz de control de calidad

Además de estas obligaciones generales, se fijan también algunas normas concretas sobre la aplicación de tintas de impresión:

- 1 Las tintas de impresión no deben transmitirse al lado en contacto con los alimentos, ni a través del sustrato, ni por repinte en la pila o el rollo.
- 2 Las superficies impresas no deberán entrar en contacto directo con los alimentos.

Reglamento N° 10/2011

Establece los requisitos a cumplir por los materiales plásticos en contacto con alimentos:

- Indica las sustancias (aditivos, monómeros, etc.) cuyo uso está permitido en plástico para uso alimentario.
- Puede fijar limitaciones en el contenido y/o migración de dichas sustancias.
 - 1 **Materia prima:** Todos los componentes que formen parte de la materia prima han de estar incluidos en las listas de sustancias de la legislación (conocidas históricamente como "Listas Positivas").
 - Monómeros y sustancias de partida.
 - Aditivos.
 - 2 **Producto acabado:** Los productos destinados a estar en contacto directo con alimentos han de ser sometidos a **ensayos de migración**.

Introduce además un concepto clave cuando se habla de plástico en contacto con alimentos, que es la **migración**: paso de componentes (monómeros, oligómeros, aditivos, etc.) desde la estructura del envase, al producto envasado.

Dentro del concepto de migración se hace una distinción entre migración global y migración específica.

Migración global

Se entiende como **migración global** a la cantidad total de sustancias que se transfieren del envase al alimento, independientemente de cuál sea la naturaleza de los migrantes, por lo que no da ninguna información acerca de toxicidad, etc., de estas sustancias.

Según esto, un material se considera inerte frente al contacto con alimentos siempre que no supere los límites de migración legalmente establecidos. Este límite de migración actualmente es:

LMT= 10 mg/ dm² de muestra (o LMT= 60 mg/Kg de simulante en el caso de envases en contacto con alimentos infantiles).

Migración específica

Por **migración específica** se entiende la cantidad de una sustancia definida ("específica", de ahí esa denominación) que se transfiere del envase al alimento y que generalmente tiene un interés toxicológico. Es decir, determinar cuánta cantidad concreta de una sustancia es capaz de pasar desde el envase al alimento, es imprescindible de cara a garantizar que esa cantidad es menor de los límites fijados en la legislación, que a su vez se fijan teniendo en cuenta los límites de toxicidad de esa sustancia.

En las listas existentes en la legislación se enumeran todas las sustancias que se pueden utilizar en la fabricación de plásticos en contacto con alimentos. Sin embargo, muchas de las sustancias tienen permitido su uso, pero teniendo que cumplir alguna restricción concreta. Las limitaciones existentes en la legislación son las siguientes:

- CM = Límite de cantidad máxima de una sustancia **contenida en el material plástico**. La sustancia con esta limitación no debe estar presente en el material plástico en cantidad superior al límite establecido para cada caso.
- LME = Límite de migración específica, cantidad máxima de la sustancia que puede pasar del envase al alimento o simulante de alimento. Esta cantidad de sustancia no debe superar el límite fijado para cada caso.

El cumplimiento de la legislación (tras la realización de los ensayos de migración global y específica) ha de detallarse en la correspondiente **declaración de conformidad**, que incluye la información acerca de los usos para los que es apto poner dicho envase en contacto con alimentos (tipo de alimentos concretos, tiempo y temperatura de uso, etc.).

* Ensayos de migración

Descripción

Los ensayos de migración son de obligado cumplimiento en el caso de materiales de envase que van a estar en contacto con alimentos. Estos ensayos deben realizarse siempre sobre el producto acabado y repetirse siempre que se realice una variación en cuanto a la composición del producto.

Debido a la gran variedad de alimentos que pueden ser envasados en materiales plásticos, los ensayos de migración no se realizan sobre los alimentos propiamente dichos, ya que por la complejidad química de los alimentos, estos ensayos serían prácticamente imposibles a nivel analítico. Por este motivo se emplean los llamados **simulantes de alimentos**. Estos simulantes son sustancias que imitan el comportamiento de los alimentos en contacto con los envases, y que facilitan la determinación analítica. Los simulantes existentes según el Reglamento 10/2011 son etanol 10%, (simulante A), ácido acético 3% (simulante B), etanol 50% (simulante C), aceite vegetal (simulante D) y polioxido de metileno, "Tenax" (simulante E). Cualquier alimento a envasar está dentro de uno o varios de estos simulantes, en función de las características químicas del alimento. El simulante que mejor imita el comportamiento de un alimento concreto se decide consultando las tablas existentes en la legislación.

Para llevar a cabo los ensayos de migración, tanto global como específica, los pasos a seguir son similares, aunque existen algunas particularidades específicas de cada tipo:

1 Selección de las condiciones de ensayo. Para cada envase a ensayar, se han de determinar los siguientes aspectos:

- Alimento/s con los que va a estar en contacto dicho envase durante su vida útil.
- Tiempo que se prevé que el envase esté en contacto con el alimento.
- Temperatura a la que estará sometido el alimento en el interior del envase durante su vida útil.

Conocer estos parámetros acerca del uso "real" del envase en contacto con el alimento es imprescindible para fijar las condiciones de ensayo, a partir de tablas existentes en la legislación, que correlacionan las condiciones reales y las de ensayo:

- Simulante a emplear.
- Tiempo y temperatura de contacto a emplear en el ensayo.

2 Exposición. Se ponen en contacto el envase y el simulante durante el tiempo y a la temperatura especificados.

3 Cuantificación. Se analiza el simulante que ha estado en contacto con el envase y se determina cuánto ha migrado.

Migración global

La cuantificación, en el caso de la migración global, se lleva a cabo mediante un método gravimétrico que consiste en evaporar el simulante a 105°C para cuantificar el residuo seco que queda. Posteriormente se expresa el resultado en mg/ dm² de envase o mg/Kg de simulante.

Migración específica

Para conocer, en el caso de un envase concreto, las sustancias que pueden tener límites especificados en la legislación, es necesario conocer las sustancias que la componen. Los fabricantes de materias primas y aditivos han de facilitar la información relativa a las sustancias que presentan límites en la legislación, de manera que sea posible que el último transformador disponga de la información necesaria para verificar el cumplimiento de la legislación. No es necesario que se facilite la composición detallada de todo el material, pero sí la relativa al cumplimiento legislativo.

La determinación analítica, tanto de las sustancias contenidas en el material plástico como las analizadas en los simulantes de alimentos se realizan mediante la técnica instrumental conocida como cromatografía, bien sea por cromatografía de gases (GC) o de líquidos (HPLC).

Información que proporciona

Cumplimiento de la legislación de plástico en contacto con alimentos. Es decir, informa de si el envase cumple con la legislación vigente, y en qué condiciones de uso.

La migración global ha de ser menor de 10 mg/dm², mientras que la migración específica dependerá de las sustancias concretas presentes en el envase.

Ejemplo

Para una botella de PET que ha de estar en contacto con zumos, a temperatura ambiente o inferior, durante un tiempo de almacenamiento superior a 6 meses, se ha llevado a cabo un ensayo de migración global en ácido acético 3%, a 40°C durante 10 días, y el resultado obtenido es de 4 mg/dm². Por tanto, al ser menor de 10 mg/dm², límite especificado en la legislación, esta botella cumple con la legislación de plástico en contacto con alimentos para esta aplicación.

Es importante definir que con este ensayo, se puede especificar que esta botella es apta para estar en contacto con alimentos hidrofílicos con pH menor de 4.5, durante un almacenamiento prolongado a T^a ambiente o inferior. No se puede concluir de este ensayo que dicha botella será apta, por ejemplo, para contener aceite, en lugar de zumo, ya que no se ha hecho el ensayo con el simulante indicado para aceite.

(3).8

Ensayos sensoriales

Cuando se habla de cumplimiento de legislación para envases plásticos, el interés suele centrarse casi siempre exclusivamente en llevar a cabo ensayos para el control de la migración (componentes de los envases que pueden pasar al alimento). Este es evidentemente un paso imprescindible, ya que garantiza tanto la inercia del envase como la no existencia de toxicidad por la migración de sustancias con riesgo para la salud de los consumidores. Aun así, no hay que olvidar que otro de los requisitos marcados por la legislación (en este caso por el Reglamento 1935/2004, sobre materiales en contacto con alimentos) es que dichos materiales “no provoquen una alteración de las características organolépticas de los alimentos”. Esta determinación de los efectos sensoriales que el envase pueda provocar sobre los alimentos contenidos en su interior está menos extendida como control rutinario en las empresas que los ensayos de migración ya mencionados, si bien su importancia queda patente en el hecho de que la detección de olores o sabores extraños en los alimentos envasados por parte de los consumidores puede dar lugar a alertas sanitarias y/o efectos muy importantes sobre la imagen de marca del producto en cuestión. En estos casos, se llevan a cabo ensayos sensoriales a posteriori con el objetivo de determinar si el origen del olor o sabor anómalos del alimento provienen del envase o bien se deben a alguna otra causa.

En el sector alimentario, los controles sensoriales de los alimentos están muy desarrollados, ya que son imprescindibles para garantizar la calidad y la aceptación de los productos. Existen numerosos tipos de pruebas sensoriales, entre las que se pueden distinguir principalmente los siguientes grupos: discriminativas, que pretenden determinar si existen diferencias entre muestras; descriptivas, que pretenden identificar cualitativa y cuantitativamente los atributos de la muestra; escalas, que ordenan diferentes muestras en función de la intensidad de un determinado atributo y hedónicas, que pretenden determinar la preferencia entre una muestra y otra. En todos los casos, las pruebas sensoriales se han de llevar a cabo mediante la participación de jueces, que son las personas que llevan a cabo las valoraciones de las muestras. Estos jueces pueden estar entrenados y cualificados, como los que se requieren para llevar a cabo pruebas discriminativas, descriptivas o de escala, o bien pueden no estar entrenados (p.e. consumidores), como en el caso de las pruebas hedónicas.

En el caso del sector del envase, al ser su evaluación sensorial un tema mucho más reciente, la aparición de normativa específica sobre el tema es bastante reciente y se centra en todo tipo de materiales empleados en el envasado de alimentos, no solo plásticos.

Descripción

Desde el punto de vista del envase, es posible evaluar, tanto el olor inherente al material de envase, como el cambio en el olor o sabor del alimento después de un tiempo de contacto con el envase.

- En el caso del olor inherente al material de envase, se coloca el envase en el interior de un contenedor inerte (suele ser de vidrio o acero inoxidable) durante 24 h a $23 \pm 2^\circ\text{C}$. En paralelo se coloca un material de referencia (del que se conoce que no provoca ningún olor) o bien un contenedor vacío. Tras el tiempo de exposición, un panel de jueces entrenados evalúan el olor de las muestras de envase y de referencia mediante pruebas discriminativas o de escala.
- En el caso de cambios en el olor o sabor del alimento después de haber sido puesto en contacto con el envase, el procedimiento pasa igualmente por una etapa de exposición y una valoración sensorial posterior con jueces entrenados. En este caso, el contacto directo entre el envase y el alimento se ha de llevar a cabo en condiciones reales, siempre que sea posible. En caso de no serlo, se pueden emplear también sistemas modelo, donde se proponen tiempos y temperaturas de contacto y simuladores para distintos productos alimenticios (de manera similar a los simulantes que se emplean en los ensayos de migración, aunque en este caso se trata de sustancias distintas y siempre, por supuesto, comestibles).

Dentro de las pruebas sensoriales propuestas, una de las más empleadas dentro del grupo de pruebas discriminativas es la prueba triangular. En este tipo de prueba, se presenta a cada juez una tríada (3 muestras), de las cuales 2 son iguales y una es diferente. El juez ha de valorar, mediante una elección forzada, cuál es la diferente. En el caso de la evaluación del posible olor inherente al envase, o provocado en el alimento por contacto con el envase, lo que se compara son muestra y blanco (muestra de referencia o contenedor vacío), de manera que se pueden encontrar 2 muestras y un blanco, o 2 blancos y una muestra. La clave está en detectar cuál es la diferente. Una vez que todos los jueces han evaluado las muestras, se tratan los datos estadísticamente, de manera que en función del número de jueces y de las probabilidades de error consideradas aceptables, se requerirán X aciertos por parte de los jueces para considerar que existen diferencias entre las muestras. Para un número de aciertos menor que X, se considerará que no existen diferencias entre las muestras de ensayo y de referencia, por lo que se concluiría que el envase no tiene olor inherente o no provoca ningún olor sobre el alimento (en función de con qué objetivo se haya llevado a cabo la prueba sensorial).

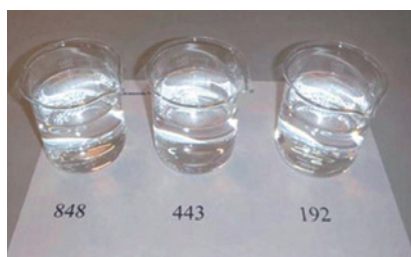


Figura 44. Ensayo sensorial discriminativo: Prueba triangular

En el caso de no obtenerse diferencias entre las muestras y el blanco, se finalizaría el ensayo, mientras que en el caso de observarse diferencias, sería posible complementar la prueba triangular mediante pruebas de escala, en las que se valorase cuantitativamente la magnitud de la diferencia y se ofreciese además alguna valoración descriptiva de la misma.

Información que proporciona

El resultado del ensayo es el número de aciertos frente al nº de juicios totales. Sin embargo, la información principal que proporciona no es cuantitativa, sino cualitativa: **Si el envase es capaz de transmitir algún tipo de olor o sabor al alimento que contiene.**

Ejemplo

Para una muestra de botellas destinadas a contener agua, se lleva a cabo un ensayo sensorial, poniendo en contacto los envases con agua mineral durante 30 días a 23°C, y el resultado es que para una prueba triangular realizada con 15 jueces, se obtienen 5 aciertos (5 jueces fueron capaces de distinguir entre muestra y blanco). La norma específica que para 15 juicios, es necesario que existan 9 aciertos para determinar que existe una diferencia significativa entre muestra y blanco. Por tanto, se concluye que las botellas analizadas no transmiten olor ni sabor al agua envasada.

(3).9

Cumplimiento de farmacopea

Los envases destinados a contener medicamentos y sustancias farmacéuticas han de cumplir con los requisitos legislativos vigentes según la parte del mundo en la que se comercialicen. Estos requisitos suelen estar recogidos en las **Farmacopeas**, que son los códigos que establecen la calidad que deben cumplir los principios activos y excipientes que entran en la composición de los medicamentos de uso humano y veterinario, así como lo referido a su envasado, etiquetado, etc.

Las principales Farmacopeas de aplicación en España son:

Farmacopea Europea (European Pharmacopoeia, Ph.Eur.)

Según la legislación europea existente relativa a medicamentos y medicinas, las sustancias farmacéuticas comercializadas en la Unión Europea deben cumplir los requisitos marcados en la Farmacopea Europea.

La Farmacopea Europea, cuya 7ª Edición es la vigente en la actualidad, es elaborada por la European Directorate for the Quality of Medicines (EDQM) bajo los auspicios del Consejo de Europa. Los objetivos perseguidos son armonizar las especificaciones de las sustancias medicamentosas que presenten un interés general para la población europea y conseguir poner a punto más rápidamente especificaciones relativas a las sustancias medicamentosas nuevas que aparecen en el mercado en número creciente. Estos objetivos se logran mediante la creación de una Farmacopea Europea constituida por monografías que se convierten en normas oficiales aplicables en el territorio de los Estados contratantes. En consecuencia, la finalidad de la Farmacopea Europea es promover la salud pública mediante el establecimiento de normas comunes reconocidas que puedan ser utilizadas por los profesionales de la salud y en general en todos los casos en los que sea relevante la calidad de los medicamentos. Tales normas pretenden garantizar el empleo seguro de los medicamentos en pacientes y consumidores.

Esta Farmacopea Europea se utiliza ampliamente a escala internacional y para ello la EDQM del Consejo de Europa intenta trabajar en contacto estrecho con los estados miembros, a fin de satisfacer mejor sus necesidades y facilitar su cooperación, procurando la mayor difusión de sus normas de calidad.

Real Farmacopea Española (RFE)

En España, la 4ª edición de la Real Farmacopea Española (aprobada por la Orden SPI/2891/2010, de 3 de noviembre) recopila en un texto la sexta edición de la Farmacopea Europea, así como la única monografía española que no figura en la misma. Desde el punto de vista de la legislación nacional, la Ley 29/2006, de 26 de julio, de garantías y uso racional de los medicamentos y productos sanitarios establece en su artículo 11, apartado 3, que la Real Farmacopea Española es el código que establece la calidad que deben cumplir los principios activos y excipientes que entran en la composición de los medicamentos de uso humano y veterinario.

Al respecto, esta ley establece que la Real Farmacopea Española está constituida por las monografías contenidas en la Farmacopea Europea del Consejo de Europa y, en casos justificados, por las monografías peculiares españolas. Para las sustancias fabricadas en países pertenecientes a la Unión Europea rige, en defecto de la Farmacopea Europea, la monografía de la farmacopea del país fabricante y, en su defecto, la de un tercer país. La Farmacopea incluirá monografías convenientemente ordenadas y codificadas con las especificaciones de identidad, pureza y riqueza de, como mínimo, los principios activos y excipientes, así como los métodos analíticos oficiales y textos generales necesarios para la correcta aplicación de las monografías. Las especificaciones definidas en las monografías constituyen exigencias mínimas de obligado cumplimiento. Toda materia prima presentada bajo una denominación científica o común de la Farmacopea en vigor debe responder a las especificaciones de la misma.

Farmacopea de Estados Unidos (The United States Pharmacopeia, USP)

La Farmacopea de Estados Unidos (The United States Pharmacopeia, USP) es una autoridad no gubernamental que establece estándares públicos oficiales para los medicamentos recetados y de venta libre, y otros productos para la salud fabricados o vendidos en los Estados Unidos. USP también establece estándares ampliamente reconocidos para ingredientes alimenticios y suplementos dietéticos. USP fija estándares para la calidad, pureza, concentración y consistencia de esos productos esenciales para la salud pública. USP-NF es una combinación de dos compendios oficiales: la Farmacopea de Estados Unidos (USP) y el Formulario Nacional (NF). Contiene estándares para medicamentos, formas farmacéuticas, fármacos, excipientes, dispositivos médicos, suplementos dietéticos y otras terapias. Es una guía de las especificaciones (pruebas, procedimientos y criterios de aceptación) exigidas en la fabricación farmacéutica y en el control de calidad.

A continuación se describen brevemente los requisitos fijados por las principales Farmacopeas (Europea y de Estados Unidos) respecto a los envases destinados a contener productos farmacéuticos y/o **medicamentos**:

* Farmacopea Europea y Farmacopea Española

La Farmacopea Europea fija los requisitos que deben cumplir los envases en diversos puntos:

En el apartado 1.3 (General Chapters), especifica que los **materiales usados en los recipientes** se describen en el capítulo 3.1. Los principales materiales plásticos empleados para la fabricación de envases farmacéuticos y citados en la Farmacopea Europea son poliolefinas, tipo polietileno (de alta o baja densidad, HDPE o LDPE) y polipropileno (PP); policloruro de vinilo (PVC); polietileno tereftalato (PET); y otros copolímeros, como el de etileno con acetato de vinilo (PE-EVA). Para cada uno de ellos, la Farmacopea Europea especifica una serie de ensayos a realizar, tanto de identificación, como de contenido en diversas sustancias como aditivos o metales pesados. En algunos casos, especifica asimismo el límite permitido en el contenido de estas sustancias. Se pueden utilizar otros materiales y polímeros aparte de los descritos en la Farmacopea, siempre que hayan recibido, en cada caso, la aprobación de la autoridad competente responsable de la autorización de comercialización de la preparación contenida en el envase.

En el apartado 1.3 (General Chapters) se menciona también que los **requisitos específicos que han de cumplir los envases** se detallan en el capítulo 3.2.

En su apartado 3.2.2, se especifican los requisitos generales que han de cumplir los envases plástico destinados a contener productos farmacéuticos. A modo de resumen, estos requisitos serían los siguientes:

- Se ha de conocer la formulación completa del material empleado en el envase.
- No han de producirse fenómenos de interacción envase-producto, principalmente adsorción de componentes de la formulación sobre la superficie del envase, migración de componentes del envase a la formulación o intercambio de sustancias entre el interior y el exterior del envase (permeabilidad).
- Se ha de someter al envase a ensayos de compatibilidad envase-producto sometiendo el conjunto a las condiciones reales de uso y comprobando que no existen cambios perjudiciales en el producto que afecten a su calidad. Se pueden evaluar características físicas, posibles pérdidas o ganancias debidas a la permeabilidad del envase, cambios de pH, cambios causados por la luz, ensayos químicos y, en los casos apropiados, ensayos biológicos.
- Su método de fabricación ha de garantizar la reproducibilidad y la ausencia de posibles contaminaciones.
- No se permiten cambios en la formulación empleada, así como en el método de fabricación, sin la previa notificación.

- El reciclado de los materiales sobrantes de fabricación, cuya naturaleza y proporciones estén bien definidas, puede ser autorizado después de una validación apropiada.

Por tanto, para cada tipo de envase de cada material concreto, será necesario cumplir con los requisitos fijados en los puntos 3.1 y 3.2.

* Farmacopea de Estados Unidos (USP)

Los aspectos relativos a los envases plásticos se recogen en los apartados <661> y <671> de la Farmacopea.

En el apartado <661> Containers- Plastics se especifican los siguientes requerimientos generales:

- Se debe identificar el material polimérico empleado en el envase mediante ensayos de espectroscopía infrarroja (FTIR) y calorimetría diferencial de barrido (DSC).
- Los aditivos presentes en la formulación han de cumplir los requisitos marcados en las secciones correspondientes del Code Of Federal Regulations, Title 21.
- Se han de emplear ensayos de extracción para caracterizar los componentes extraídos e identificar posibles sustancias migrantes. En el apartado <661> se recogen procedimientos de extracción específicos para polietileno (PE), polipropileno (PP), polietileno tereftalato (PET) y polietileno tereftalato glicol (PETG). Otros materiales se pueden ensayar según los métodos descritos en Physicochemical Tests, en la sección Test Methods. La capacidad de tamponamiento (Buffering Capacity) se mide solo cuando el envase debe contener un producto líquido.
- Los componentes de plástico empleados en productos de alto riesgo, como aquellos destinados a inhalación, preparaciones parenterales y oftálmicas, han de ensayarse según los ensayos descritos en Biological Tests, en la sección Test Methods.
- Los ensayos descritos para cada tipo de material plástico de los especificados anteriormente (PE, PP, PET, PETG) incluyen ensayos de identificación (IR, DSC), cuantificación de metales pesados y residuo no volátil, y en caso necesario, otros ensayos como capacidad de tamponamiento o extracción de colorante.

En el apartado <671> Containers- Performance Testing se describen métodos concretos para analizar las propiedades funcionales de los envases, en concreto la permeabilidad a la humedad y la transmisión de la luz.

(3).10

Otros ensayos específicos sobre envase final

A continuación se describen algunos ensayos adicionales sobre envase final, que no están englobados en ninguna de las categorías anteriores por su especificidad.

* Estanqueidad y/ detección de fugas

Existen numerosos métodos para evaluar la existencia de fugas y/o la estanqueidad de los envases. Desde los más rudimentarios (como la evaluación visual o la introducción del envase en un tanque de agua, para evaluar la aparición de burbujas) hasta los más sofisticados, que llevan sensores específicos de gas (por ejemplo, dióxido de carbono), en todos los casos lo que se pretende es evaluar la hermeticidad del envase, de manera que sea capaz de proteger el contenido de manera efectiva. La diferencia entre los distintos métodos es el tamaño mínimo de poro que son capaces de detectar.

Descripción

A continuación se describen algunos de los métodos existentes, junto con su normativa correspondiente:

- Evaluación visual: empleando una fuente de luz para facilitar la detección de los poros. Permite ver poros mayores de 75 micras.
- Penetración de disolución colorante: se inyecta una solución coloreada en un envase sellado y se observa si es capaz de penetrar en la zona de sellado por la existencia de algún poro. Permite ver poros mayores de 50 micras.
- Emisión de burbujas: se hace vacío en el interior del envase, sumergido en un tanque de agua, y se evalúa la aparición de burbujas. El tamaño de poro detectado está en función de los productos contenidos en el envase, la naturaleza del material de envase y los parámetros de ensayo.

- Disminución de presión de aire: se introduce una presión de aire determinada en el envase y se determina si existe una caída de presión, indicativa de una fuga. Permite ver poros mayores de 250 micras.
- Disminución de vacío: se introduce el envase en el interior de una campana de vacío y se determina si existe una pérdida de dicho vacío, indicativa de una fuga en el envase. El tamaño de poro detectado está en función del tipo de envase a ensayar (bolsa, tarrina sellada, etc.).

Información que proporciona

Si el envase presenta fugas, poros o fallos de estanqueidad.

Ejemplo

Para una muestra tipo bolsa, se lleva a cabo un ensayo de detección de fugas por penetración de disolución colorante y no se detectó la aparición de fugas, como se muestra en la siguiente imagen:



Figura 45. Ejemplo de ensayo de detección de fugas mediante método de penetración de disolución colorante.

* Ensayos específicos sobre bombas dosificadoras

Las bombas dosificadoras requieren de unos ensayos específicos para verificar su correcta funcionalidad. Estos ensayos son los siguientes:

- **Verificación dimensional:** En función del parámetro que se mida, existen dos métodos:
 - A Determinación de la longitud total de tubo (Dimensión X)
 - B Determinación de la longitud de tubo expuesto (Dimensión Z).

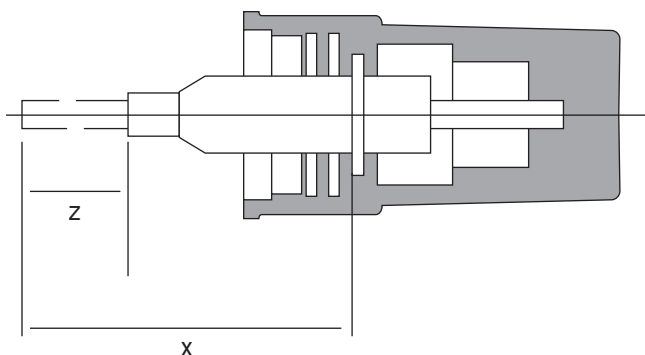


Figura 46. Esquema dimensional de un tipo de bomba dosificadora.

- **Compatibilidad:** Se controla la variación dimensional al sumergir las bombas dosificadoras en los productos de uso.
- **Pico de fuerza:** Se determina con un dispositivo hecho a medida o con máquina universal de ensayos.
- **Número de ciclos hasta la primera descarga:** Una vez lleno el envase, se determina el número de ciclos necesarios para que comience a salir producto.
- **Cantidad de producto por descarga:** Se realizan dosificaciones sucesivas y se determina el peso del envase tras un número determinado de dosificaciones.
- **Fuerza de torque:** se determina el torque de apertura tras diversos tiempos de almacenamiento desde el cerrado del envase.
- **Fugas en cierres de bomba:** Se llenan los envases y se someten, tumbados a condiciones de vacío, con y sin vibración.
- **Estabilidad funcional:** Algunos de los ensayos ya comentados (número de pulsaciones hasta la primera descarga, cantidad de producto por descarga) y otros nuevos (evaluación de la aparición de fugas, taponamiento, etc., en distintas condiciones de almacenamiento).

* Ensayos para el cumplimiento de la norma europea de compostabilidad de envases y embalajes (EN 13432)

Un **polímero biodegradable** es aquel polímero que es capaz de descomponerse totalmente por la acción de microorganismos para dar distintos productos inocuos para el medioambiente. En función de si existe o no presencia de oxígeno en el medio en el que se llevan a cabo las reacciones de biodegradación, se obtienen distintos productos, principalmente agua, sales minerales y biomasa, además de dióxido de carbono, si hay presencia de oxígeno, o metano, en medios con ausencia de oxígeno.

Para que un polímero pueda considerarse biodegradable, esta descomposición ha de producirse en un período de tiempo corto. Este período de tiempo ha de ser menor a 6 meses, según lo establecido en los criterios de la norma europea de compostabilidad de envases y embalajes (EN 13432:2000).

Las reacciones de biodegradación de estos materiales se producen cuando se encuentran en unas condiciones determinadas de temperatura, humedad y población de microorganismos en el medio, por lo que durante su vida útil mantienen sus propiedades y se comportan como cualquier otro polímero. Una vez finalizada la vida útil del producto, en este caso un envase fabricado con un polímero biodegradable, y siempre que se gestione el residuo de manera adecuada, se producirá la biodegradación.

Existen polímeros capaces de biodegradarse en agua, por ejemplo, polímeros solubles empleados en el envasado de monodosis de detergentes; en suelo, como los filmes acolchados de agricultura empleados para proteger los cultivos durante la etapa de germinación; o en otros medios, como el compost. Este último medio es el preferido entre los existentes como destino final del residuo, ya que permite su valorización, obteniéndose un producto con valor añadido que puede ser empleado como fertilizante. Es imprescindible señalar que la gestión de todo tipo de residuos, incluidos los de polímeros biodegradables, ha de ser realizada de manera controlada, y que en ningún caso este tipo de polímeros pretenden fomentar el vertido incontrolado de los residuos; es decir, la mentalidad de "como va a biodegradarse, lo tiro en cualquier parte".

La biodegradación de un polímero en condiciones de compostaje hace necesaria la definición de lo que es un **polímero compostable**. Este tipo de polímeros, además de ser biodegradables, cumplen otros requisitos como la ausencia de sustancias tóxicas y metales pesados en su composición, la capacidad de degradarse físicamente, considerada como la rotura en fragmentos de menor tamaño, y la producción de un compost final de calidad, que no tenga efectos negativos sobre el crecimiento de las especies vegetales. Estos requisitos vienen fijados en la norma EN 13432:2000.

Los requerimientos que ha de cumplir un envase plástico para ser compostable vienen dados por la norma europea EN 13432, y son los siguientes:

- **Análisis del material:** Consiste en analizar el material para ver su contenido en metales pesados, carbono orgánico total, nitrógeno total, etc.
- **Biodegradabilidad:** La norma marca como criterio que el envase ha de biodegradarse al menos un 90% en 6 meses.
- **Desintegración:** Se comprueba si el material es capaz de degradarse físicamente, hasta fragmentos de tamaño menor de 2 mm.
- **Calidad del compost:** Se realiza mediante comparación de un compost en el que se han puesto muestras de plástico y un blanco (compost sin muestras). Se analizan distintos parámetros (metales, calcio, fósforo, potasio, etc.) para comprobar que el compost sea apto para agricultura. También se realizan ensayos de ecotoxicidad sobre plantas, analizando su crecimiento en sustrato al que se ha añadido compost con residuos de plástico y en un sustrato sin estos residuos.

