

Láminas plásticas-Permeabilidad

(Almudena Imbernón Mora. Dpto. Tecnologías del Envase de Ainia)

Las **láminas plásticas** utilizadas para envasado (normalmente, termoplásticos) representan una solución alternativa en la distribución de muchos tipos de productos donde la protección frente a daños mecánicos es importante, diferenciándose de los materiales flexibles en cuanto a espesor, siendo éstos últimos más delgados.

Uno de los principales usos de las láminas planas es el termoformado de envases, dotando a los envases de la forma deseada a través de un molde determinado. Las láminas se distribuyen, principalmente, en bobinas; existiendo la posibilidad de envasar con sistema multicapa, con mayor o menor efecto barrera.

La estimación de la permeabilidad de un envase fabricado a partir de un material homogéneo en composición y espesor (monocapa) es relativamente sencilla, conociéndose como permeabilidad a la cantidad de una sustancia (en masa, m, o volumen, V) que atraviesa una película de espesor (l) por una unidad de superficie (A), por unidad de tiempo (t) y por unidad de diferencia de concentración (normalmente expresada como diferencia en presión parcial, p)

$$P = \frac{m \cdot l}{A \cdot t \cdot \Delta p}$$

Unidades: Cantidad (gr. orcc.) por unidad de área (o envase) por día, por espesor y por diferencia de presión (cm³/m²/24h/atm).

Resulta más complicado la estimación de la permeabilidad del envase final en envases con estructura multicapa, envases termoformados y botellas (pues la distribución de espesores no es uniforme).



Calculándose la permeabilidad total mediante la fórmula:

$$\frac{l_t}{P} = \frac{l_1}{P_1} + \frac{l_2}{P_2} + \dots + \frac{l_n}{P_n}$$

La tasa de permeabilidad dependerá del polímero o polímeros usados, denominándose "propiedad barrera" del polímero. Para conseguir propiedades barrera óptimas, es corriente combinar varios polímeros en una estructura multilaminar mediante diversas técnicas de fabricación (ver capítulo *Materiales flexibles*).

Permeabilidad, Permeanza y Velocidad de transmisión

Es interesante conocer las diferencias entre tres conceptos básicos que suelen aparecer

en las fichas técnicas de los materiales de envase (permeabilidad, permeanza y velocidad de transmisión):

Concepto	Definición	Cálculo	Unidades
Permeabilidad	Cantidad de una sustancia (en masa, m, o volumen, V) que atraviesa una película de espesor (l) por una unidad de superficie (A), por unidad de tiempo (t) y por unidad de diferencia de concentración (normalmente expresada como diferencia en presión parcial, Ap)	$P = \frac{m \cdot l}{A \cdot t \cdot \Delta p}$	Sistema métrico: cc(or g)· 20µm·m-2·d-1·atm-1 (<i>aparece el espesor</i>)
Permeanza	Cantidad de un componente (en masa, m, o volumen, V) que atraviesa una película determinada por una unidad de superficie (A), por unidad de tiempo (t) y por unidad de diferencia de concentración (normalmente expresada como diferencia en presión parcial, Ap)	$\bar{P} = \frac{m}{A \cdot t \cdot \Delta p}$ $P = \bar{P} \cdot l$	Sistema métrico: cc(or g)·m-2·d-1·atm-1 (no aparece el espesor)
Velocidad de transmisión	Cantidad de una sustancia (en masa, m, o volumen, V) que atraviesa una película por una unidad de superficie (A) y por unidad de tiempo (t)	$RT = \frac{m}{A \cdot t}$ $P = \bar{P} \cdot l = \frac{RT \cdot l}{\Delta p}$ p es conocido para una T ^a y Humedad determinada	Sistema métrico: cc(or g)·m-2·d-1

Diferencias entre la permeabilidad de la lámina original y permeabilidad del envase/bandeja terminado/a.

Las bandejas termoformadas se fabrican a partir de una lámina de material plástico. Esta lámina puede ser de un único material o compuesta por capas de distintos materiales combinados (coextrusión o laminación). El proceso de termoformado, como su propio nombre indica, confiere a la lámina la forma de bandeja mediante la aplicación de calor y unos moldes especiales.

Uno de los problemas que presenta el termoformado es que se desconoce la distribución de espesores al termoformar, ya que la lámina de material de partida tiene un espesor uniforme y conocido, mientras que la bandeja conformada tiene una distribución de espesores diferente. Esta distribución depende de:

- la geometría del molde,
- el pistón embutidor,

- el material y
- el espesor de partida de la lámina.

También, debe ser controlada esta distribución de espesores para evitar zonas o puntos débiles de entrada de gases en la bandeja.

Es interesante mencionar que los proveedores de material de envase no suelen proporcionar datos y características técnicas de las bandejas termoformadas, sino que lo más habitual es que solo las proporcionen de las láminas de material sin termoformar, e incluso para una misma lámina con diseños diferentes. Esto puede conducir a problemas de deterioro prematuro del alimento, si existen diferencias importantes entre la lámina y la bandeja termoformada (roturas o importantes pérdidas de espesor de la capa barrera).



Las propiedades barrera de un envase son fundamentales para la conservación de los alimentos. Las propiedades barrera que se requieren son: barrera a la humedad, barrera a los gases (fundamentalmente interesa al oxígeno y al dióxido de carbono; y barrera a los aromas, que son compuestos volátiles). Las propiedades barrera de un envase no son constantes sino que pueden sufrir variaciones al cambiar ciertas condiciones externas como por ejemplo la temperatura y la humedad relativa ambiental.

Factores que afectan a la permeabilidad de los materiales

Permeabilidad-temperatura:

El logaritmo de la permeabilidad es generalmente lineal con respecto a la temperatura absoluta, en rangos de temperatura

O_2 permeation
($\text{cm}^3 20\mu\text{m} / \text{m}^2 \text{ d bar}$)

Ecuación de Arrhenius

$$P = P_0 \cdot e^{-E/RT}$$

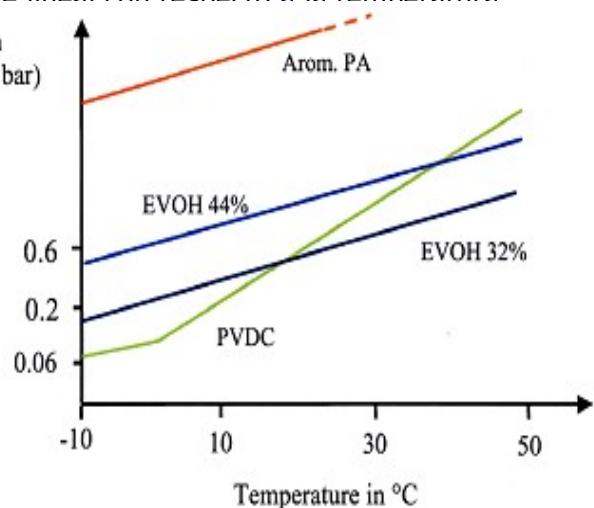
P= permeabilidad

P₀= Permeabilidad a temperatura infinita

E= energía de activación

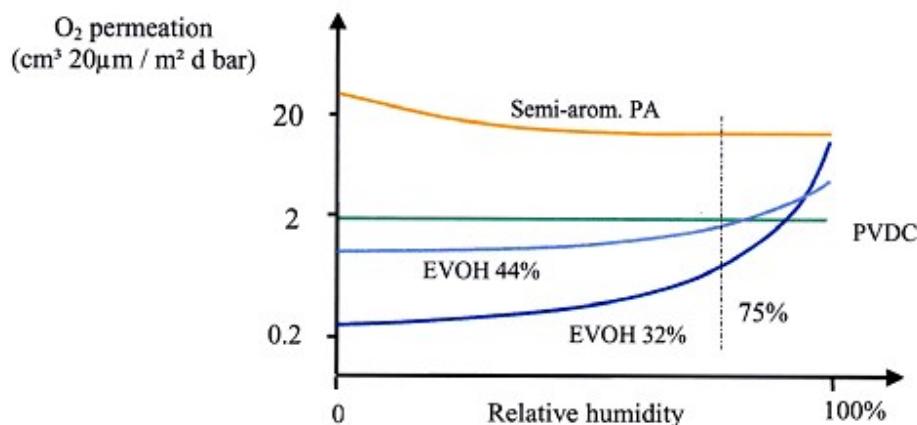
R= constante universal de los gases

T= temperatura absoluta



Permeabilidad-Humedad:

A continuación se presenta un gráfico donde puede observarse la evolución de la permeabilidad al oxígeno de diferentes materiales barrera frente a la humedad.



Características técnicas principales.

Dependiendo de la aplicación a la que vaya destinada la lámina, las características básicas que debería contener una ficha técnica son las siguientes:

1. Descripción
2. Propiedades
3. Aplicaciones
4. Estructura de componentes
5. Presentación

Espesor

Ancho

6. Características básicas (junto con algunas de las normas utilizadas para la realización de los análisis):

Características básicas	Unidades	Norma
Densidad	g/cc	
Propiedades físico-químicas <i>Permeabilidad al oxígeno</i> <i>Permeabilidad al vapor de agua</i> <i>Permeabilidad al dióxido de carbono</i>	cc/m²/día g/m²/día cc/m²/día	DIN 53380 (ASTM D3985 PAE 010) DIN 53122 (ASTM F1249- 90 PAE 003) DIN 53380
Propiedades mecánicas <i>Resistencia al impacto</i> (4°C, Ambiente, 60°C)	g	UNE 53-219 (Abril 1987)
Propiedades térmicas <i>Contracción transversal</i>	%	UNE-EN ISO 306 (Junio 1997)

<i>Contracción longitudinal</i> <i>Temperatura de sellado</i> <i>"HDT" Vicat</i>	°C °C	
Propiedades ópticas <i>Brillo</i> <i>Opacidad/transparencia</i>	% %	ASTM D2457-1997 UNE 53-997 (Diciembre 1991)
Capacidad termoformado <i>Temperatura de termoformado</i> <i>Profundidad de termoformado</i>	°C mm	
Aptitud para el contacto con alimentos <i>Migración en agua</i> <i>Migración en ácido acético 3% p/v (cara en contacto con el alimento)</i> <i>Migración en aceite de oliva (cara en contacto con el alimento)</i>	mg/dm ² mg/dm ² mg/dm ²	CEN/ENV 1186-3 CEN/ENV 1186-3 CEN/ENV 1186-2

Tipos de materiales barrera a gases (más habituales)

Material	Propiedades	Espesores habituales
Etilenvinilalcohol (EVOH)	<ul style="list-style-type: none"> - Puede ser procesado usando la tecnología de extrusión - Alta barrera a los gases en condiciones de sequedad - Barrera a los gases dependiente de la humedad - Buena protección a los aromas - Pobre barrera a la humedad - Transparente - Pasteurizable - Resistente al microondas - Termoformable - Susceptible a fracturas con bajos porcentajes de etileno 	3-30 micras (en films flexibles)
Poliamidas (PA, PA6)	<ul style="list-style-type: none"> - Bajo coste para aplicaciones cast. - Propiedades barrera dependientes de la temperatura - Pobre barrera al agua - Buena protección a los aromas - Resistente a la perforación - Resistente a la congelación - Resistente a las temperaturas de ebullición - Pasteurizable y esterilizable - Resistente al microondas - No está aprobado para aplicaciones médicas (caprolactami) 	5-150 micras (dependiendo de la aplicación)
Cloruro de	<ul style="list-style-type: none"> - Barrera a los gases independiente de la 	

polivinilideno (PVdC)	<p>humedad</p> <ul style="list-style-type: none"> - Buena barrera al vapor de agua - Muy buena barrera a los gases - Buena barrera a los UV - Transparente - Moldeable - Precio ventajoso frente al EVOH - High moisture-independent gas barriers - Problemático en la recogida de basuras (incineración) 	
--------------------------	---	--

A continuación se presenta una tabla con valores de transmisión al vapor de agua y permeabilidad a los gases de diferentes películas de envasado básicos:

Film	Transmisión de vapor de agua (g/m ² ·24 h) 38°C/90% HR	Permeabilidad a los gases (cm ³ /m ² ·24h·atm) Films 25 micras a 25°C			Resistencia a grasas y aceites
		Oxígeno	Nitrógeno	Dióxido de carbono	
Poliester orientado	25-30	50-130	15-18	180-390	E
Poliester orientado recubierto de PVdC	1-2	9-15	-	20-30	E
Nylon-6	84-3100	40	14	150-190	E
Nylon-6,6	45-90	78	6	140	E
Nylon-11	5-13	500	52	2000	E
Poliurentano (Poliester)	400-600	800-1500	600-1200	7000-25000	E
Poliestireno orientado	100-125	5000	800	18000	B
APET: Poliester amorf	40-50	110-130	-	-	E
CPET: Poliester cristalino	Las permeabilidades cambian en función del nivel de cristalización. Por cada 1% de variación en la cristalización hay un 1% de mejora en la intensidad de transmisión.				
EVOH	16-18	3-5	-	-	-
PVC rígido	30-40	150-350	60-150	450-1000	E
PVC plastificado	15-40	500-30000	300-10000	1500-4600	B
Copolímero PVdC-PVC, (Saran)	1.5-5.0	8-25	2-2.6	50-150	E
Poliacrilonitrilo	78	12	3	17	B
Polietileno (LDPE)	18	7800	2800	42000	P
Polietileno (HDPE)	7-10	2600	650	7600	B-E
Polipropileno fundido	10-12	3700	680	10000	B
Polipropileno, orientado	6-7	2000	400	8000	B-E
Polipropileno, orientado recubierto con PVdC	4-5	10-20	8-13	35-50	E
Polibutileno	8-10	5000	-	-	E
Ionómeros	25-35	6000	-	6000	E
Etileno-Acetato de Vinilo	40-60	12500	4900	50000	P