

1 Introducción

El polietileno es un polímero semi-cristalino que es utilizado extensivamente en innumerables aplicaciones debido a su única combinación de propiedades, costo y facilidad de transformación. Todos los grados de polietileno fabricados por POLINTER consisten en resina polimérica y la adición o no de antioxidantes. Otros aditivos, como ayudantes de proceso, agentes deslizantes y antibloqueo son agregados para impartir funciones específicas.

El polietileno puede ser procesado por una amplia variedad de técnicas de fabricación tales como extrusión de películas y láminas, moldeo por inyección, moldeo por soplado, moldeo por rotación, extrusión de tuberías y extrusión de perfiles. Las aplicaciones de películas representan uno de los primeros usos comerciales dados a los polietilenos y el segmento de mayor demanda en los mercados de esta resina⁽¹⁾. El presente boletín técnico se refiere específicamente a los procesos de recubrimiento y/o laminación por extrusión y de laminación de películas con adhesivos, donde tienen presencia los grados de polietileno fabricados por Poliolefinas Internacionales C.A., con varios ejemplos de estructuras de ciertas aplicaciones.

2 Procesos de recubrimiento por extrusión, laminación por extrusión y laminación de sustratos.

Los procesos de recubrimiento por extrusión, laminación por extrusión y laminación de sustratos mediante la aplicación de adhesivos, son procesos de conversión que permiten obtener una estructura multicapa única de compuestos a partir de la combinación de diferentes sustratos de materiales distintos (ver Figura 1). Los materiales involucrados pueden incluir a diferentes plásticos, papel, cartulinas y/o foil o papel de aluminio⁽²⁾.

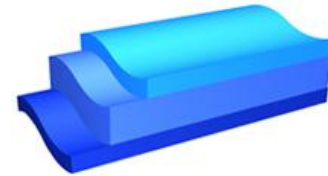


Figura 1. Estructura multicapa

2.1 Aplicaciones

Las líneas de laminación y recubrimiento por extrusión se fabrican usualmente a la medida y exigencias del cliente y pueden ser configuradas para una gran variedad de aplicaciones; dentro de éstas se incluyen: empaqueo de líquidos, contenedores asépticos de bebidas, empaque flexible, tubos de pasta dental, empaques médicos, envoltorios industriales, materiales aislantes para cocción, manteles recubiertos con plástico, así como sacos para diferentes productos tales como: cemento, cereales en granos y productos químicos secos.

Los equipos de laminado o recubrimiento producen un sustrato combinado cuyos elementos que lo componen son muy difíciles de separar. Este sustrato hereda las propiedades físicas muy mejoradas y la protección de barrera de estos elementos.

2.2 Descripción de los procesos

En el proceso de **recubrimiento por extrusión**, una capa de polietileno fundido es colocada sobre un sustrato continuo a través de un cabezal con ranura horizontal para producir una estructura recubierta permanente⁽³⁾.

El sustrato recubierto pasa luego entre una serie de rodillos contra-rotantes para presionar el recubrimiento sobre el sustrato y lograr contacto total y adhesión⁽⁴⁾. La Figura 2 muestra un ejemplo de este proceso de recubrimiento de papel con polietileno.

USO DEL POLIETILENO EN LAMINACIONES

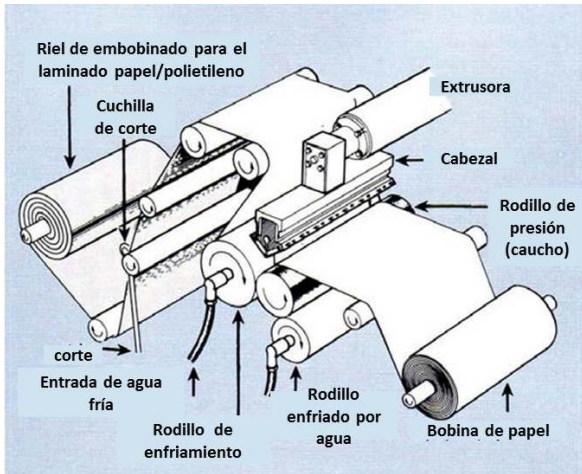


Figura 2. Proceso de recubrimiento de papel

Adicionalmente, se incluyen cartulinas, BOPP, PET, foil de aluminio, telas, láminas metálicas y espumas, entre los materiales que comúnmente son recubiertos por este proceso.

El proceso de **laminación por extrusión** es similar al proceso de recubrimiento, donde la capa de material fundido se extruye entre dos sustratos, actuando como un agente adhesivo.

La Figura 3 muestra el esquema de formación de la laminación a partir de la combinación de dos sustratos y una capa de polímero fundido.

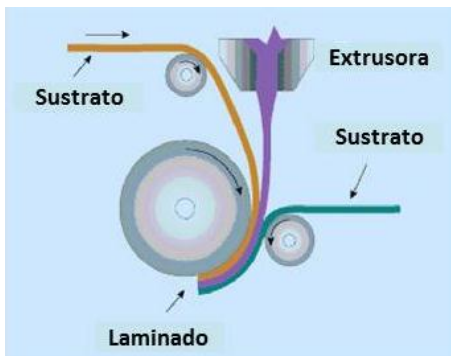


Figura 3. Laminación por extrusión

Para ambos procesos, los sustratos y el material fundido son presionados en una estación de pegado, conformada por rodillos enfriados por agua y rodillos de caucho, donde un balance de temperatura y presión determina el nivel adecuado de adherencia entre ellos.

El producto final es rebobinado como una estructura multicapas adheridas de forma permanente.

El proceso de **laminación con adhesivos** permite la unión de dos o más bobinas de sustratos flexibles a través del uso de agentes adhesivos. De forma general, un adhesivo es aplicado sobre aquel sustrato menos absorbente para luego colocar un segundo sustrato que se presiona contra el primero y así producir un laminado multicapas.

Este proceso es usado principalmente para mejorar la apariencia y las propiedades de barrera de la estructura final.

El tipo de agente adhesivo usado para producir los materiales laminados define las características de la maquinaria a utilizar para su manufactura. Según la naturaleza del adhesivo, existen los siguientes tipos de procesos de laminación:

- **Laminación en húmedo:** donde el adhesivo se presenta en forma líquida aun durante la fase de unión de los sustratos. Se usa en la fabricación de laminados de papel/aluminio empleado en empaques flexibles.
- **Laminación en seco:** donde el agente adhesivo se disuelve en un líquido (agua o solvente) y se aplica a uno de los sustratos, antes de ser evaporado en un horno de secado. Luego se lamina a otro sustrato usando rodillos con calefacción y rodillos de goma para generar altas presiones que definen la resistencia de la laminación de la estructura (fuerza de pegado).
- **Laminación con cera:** donde el agente adhesivo es una cera o hot-melt y se aplica en estado fundido a uno de los dos sustratos. Este proceso es el preferido en la fabricación de laminados de papel-papel o de foil de aluminio-

USO DEL POLIETILENO EN LAMINACIONES

papel, ampliamente usados para el empaque de galletas y productos horneados.

- *Laminación sin solvente:* para este caso los adhesivos utilizados no contienen solventes y se caracterizan por estar compuestos de dos sustancias que se mezclan y reaccionan entre ellas y como consecuencia no requieren de secado.

2.3 Ventajas y desventajas de los procesos

Los procesos de laminación y recubrimiento por extrusión y el proceso de laminación por adhesivos son técnicas de manufactura diferentes que un convertidor puede usar para hacer una construcción de un compuesto laminado. Las propiedades físicas y características de desempeño de un empaque flexible fabricado por recubrimiento y laminación por extrusión pueden ser idénticas a aquel hecho por laminación por adhesivo; la mayoría de los compuestos de la estructura final del laminado son también las mismas. Por ello, ¿cuál técnica debería usarse para un empaque de producto particular? La decisión no es tan fácil, tomando en cuenta que la disponibilidad de los equipos, duración de las corridas, especificaciones de los polímeros y eficiencias de la manufactura son algunas de las variables más importantes en esta ecuación ⁽⁵⁾.

La Tabla 1 detalla una comparación de los procesos de laminación por extrusión, recubrimiento por extrusión y laminación con adhesivos. Se incluye el proceso de coextrusión como otra técnica de obtener películas laminadas.

Tabla 1. Comparación de procesos

Ventajas	Desventajas
Laminación por extrusión	
Aplica a muchas películas	Velocidades medias
Bajos costos de capital	Distorsión impresión
Baja energía de consumo	
Altos espesores	
Buenas impresiones	
Tecnología sencilla	

Ventajas	Desventajas
Recubrimiento por extrusión	
Materia prima barata	Pobre control de espesores
Mejora estabilidad de estructura	Altos costos de capital
Altos espesores	Poca variedad en el tipo de recubrimiento
	Alto consumo energético
Laminación con adhesivos	
Altas velocidades	Altos costos de capital
Aplica a muchas películas	Mediano consumo energético
Altos espesores	Requiere de adhesivos
Excelente registro de impresión	
Protección de impresión	
Incluye papel, aluminio y plásticos	
Proceso muy versátil	
Tipos de estructuras ilimitadas	
Coextrusión de películas ⁽⁶⁾	
Reducción de espesores	Altos costos de capital
Reducción de costos	Requiere de altos volúmenes
Reducción de N° de pasos	Rentable en plásticos "commodities"
Reducción de desperdicios	Solo impresión en superficie
Reducción de "pin holes" (poros)	Alto consumo energético
Uso de reciclado entre capas	

Al final, la demanda del consumidor de aspectos del empaque, tales como: empaques abre-fácil, propiedades de barrera, seguridad, resistencia a la manipulación, eficacia del producto, eficiencias de costo y manufactura, determinarán cual proceso servirá para estos intereses. Afortunadamente, los avances en la tecnología de resinas, nuevas opciones de recubrimientos y mejoras en la modificación de la superficie y métodos de sellado permiten nuevas estructuras de alto desempeño para cumplir con estos retos.

Considere, por ejemplo, el desempeño de la laminación por adhesivo al compararla con la laminación por extrusión tomando como propiedad clave la barrera al oxígeno, pues ésta depende

USO DEL POLIETILENO EN LAMINACIONES

directamente de la estructura de laminación empleada.

Como se observa en la Figura 4, se alcanzan mejoras significativas en la barrera al oxígeno al diseñarse una estructura mediante la laminación por aplicación de un adhesivo con base en poliuretano, sustituyendo la capa de PEBD en la estructura.

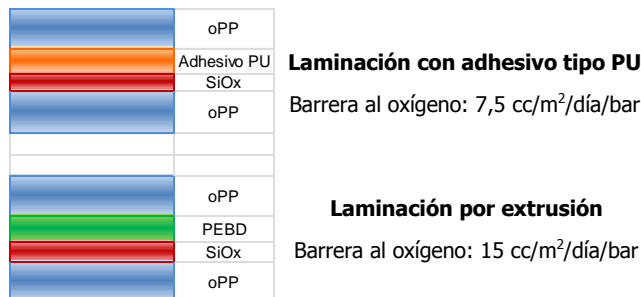


Figura 4. Ejemplo de barreras al oxígeno

La selección de cuál proceso emplear es sumamente compleja pero deberá estar basada en los activos disponibles y la capacidad para invertir, sumado a las competencias básicas del convertidor (intereses, línea de productos, etc.) y las oportunidades de mercado estratégicas que intensificarán este retorno de la inversión.

3 Tendencias y sostenibilidad

Las tendencias actuales en empaques son producto de presiones sobre los costos de manufactura que se trasladan a la cadena de suministros. Se demandan sustratos con menor costo, uso de la metalización, laminación e impresión. Una de las formas de reducir costos ha sido a través de la reducción de espesores de las laminaciones, sin reducir del todo el desempeño global del sustrato ⁽⁷⁾.

Hoy en día, los avances tecnológicos apuntan al desarrollo de nuevas tecnologías en la producción de adhesivos y nuevos productos para la laminación, enfocados en el cumplimiento de las metas de sostenibilidad establecidas, aspecto de

gran relevancia en la actualidad. El análisis del inventario del ciclo de vida o Life Cycle Inventory (LCI, por sus siglas en inglés) permite evaluar los productos que se usan en la laminación por extrusión y hace posible medir tanto la energía consumida como la emisión de CO₂. Este análisis demuestra que una laminación sin solvente usa un 85% menos de energía y emite 80% menos de carbono que una laminación por extrusión. Al seleccionar un adhesivo con base en agua para la laminación de empaques, el consumo de energía cae 50%, mientras que la cantidad de CO₂ emitida es de 40% menos. Adicionalmente, estos adhesivos para laminación generan un ahorro en los costos de producción mediante el menor uso de materia prima (8).

4 Selección de resinas de polietileno

Las resinas de polietileno son usadas en muchas aplicaciones de recubrimientos y laminaciones. Por ello, es importante seleccionar el grado de manera apropiada, de acuerdo con los requisitos establecidos para su uso final. Corresponde a los diseñadores de empaques, convertidores y procesadores determinar las propiedades esenciales que son requeridas e igualarlas con las resinas disponibles, teniendo en cuenta las consideraciones de costo y procesabilidad. Las propiedades que son clave para la selección apropiada de la resina son el índice de fluidez y la densidad, pues son los indicadores del desempeño durante el proceso de recubrimiento por extrusión y de las propiedades físicas finales (9).

4.1 ¿Cómo afecta el índice de fluidez al proceso de recubrimiento por extrusión?

El índice de fluidez (IF) es una indicación de la viscosidad de un polímero y una medición indirecta de su peso molecular. A medida que aumenta el índice de fluidez, su viscosidad disminuye. Las resinas con alto IF (baja viscosidad) son usadas para recubrimientos con pesos bajos, pero presentan mayor reducción en el ancho de la

USO DEL POLIETILENO EN LAMINACIONES

película fundida al salir del cabezal de la extrusora ("neck-in") que las resinas de polietileno de baja densidad con bajos IF, es decir con alta viscosidad. Los valores altos de IF también suministran mayor adherencia, mejor sellado en caliente ("hot-tack") y mejores propiedades de sellado, con menores consumos de potencia en los equipos de transformación que aquellas resinas con bajo IF. Generalmente, se recomienda la selección de resinas con bajos IF para realizar el trabajo.

4.2 ¿Cómo afecta la densidad al proceso de recubrimiento por extrusión?

La densidad es una medida indirecta de la cantidad de cristalinidad en una resina de polietileno. Aquellas resinas con valores altos de densidad tienen sus moléculas empaquetadas más cerca unas de otras y son más rígidas por naturaleza; mientras que las de menor densidad son lo opuesto: sus moléculas están menos empaquetadas, más separadas, por lo que son más flexibles. Las resinas de polietileno con menores densidades ofrecen menores temperaturas de iniciación de sellado y mayor resistencia al abuso en el manejo (golpes, navajazos, entre otros). Las resinas de polietileno con mayores densidades permiten una mayor resistencia a la abrasión, mayor resistencia a la grasa, mayores temperaturas de uso, menores coeficientes de roce (COF) y propiedades mejoradas de barrera a la humedad que los polietilenos con menores densidades.



Figura 5. Influencia del IF y densidad del PEBD en la procesabilidad y propiedades del laminado

La Figura 5 agrupa el impacto sobre las propiedades de un laminado con el cambio de IF y densidad de las resinas de polietileno seleccionadas.

5 Uso del polietileno en laminaciones – laminaciones típicas de películas.

El recubrimiento de sustratos con polietileno provee una mejor resistencia al desgarre, mejor resistencia al rayado, una superficie apropiada para el sellado al calor, buena resistencia a sustancias químicas, buena resistencia a la grasa y buena barrera contra el agua y varios gases.

Generalmente, las resinas de polietileno lineal de baja densidad (PELBD) no son aptas para su uso en los procesos de recubrimiento por extrusión, debido a su relativa dificultad de procesabilidad por causa de su comportamiento reológico intrínseco. Sin embargo, la mayoría de las propiedades del PELBD son beneficiosas para los productos recubiertos por extrusión y estos beneficios son susceptibles de ser alcanzados a través del uso de mezclas de PEBD y PELBD⁽³⁾.

Las resinas de PELBD presentan propiedades superiores a las resinas de PEBD y se indican a continuación:

- Excelente sellabilidad.
- Excelente desempeño de sellado en caliente.
- Resistencia al desgarre superior.
- Mayor resistencia a la abrasión.
- Adhesión mejorada sobre aluminio y poliéster.
- Menor WVTR(*)
- Mayor punto de ablandamiento
- Mayor resistencia al calor
- Mayor capacidad de estiramiento
- Menores espesores posibles.

(*)WVTR = rata de transmisión de vapor de agua

USO DEL POLIETILENO EN LAMINACIONES

En la Tabla 2 se resumen las aplicaciones comerciales más comunes de los procesos de recubrimiento por extrusión y laminación.

Tabla 2. Laminaciones típicas de películas y sustratos

Estructura	Beneficios	Aplicación
PE/Papel Kraft	A prueba de agua, resistente, sellable al calor, bajo costo con excelente resistencia a la humedad.	Empaque para trabajo pesado a liviano. Usado en alimentos congelados, productos agrícolas y de pesca.
PE/Kraft/PE/Kraft/ PE/Kraft	A prueba de agua y humedad, resistente a químicos, buenas propiedades de barrera a gases.	Empaque para trabajo pesado solamente (fertilizantes, cemento, químicos industriales y agrícolas, azúcar, sal y granos).
PE/Papel alta calidad	A prueba de humedad, bajo costo y sellable al calor. Buena superficie de impresión.	Empaque para trabajo liviano. Productos farmacéuticos, alimentos listos para servir, alimentos que absorben humedad.
PE/Glassine	A prueba de humedad, buena resistencia química y a aceites, sellable al calor, semi-transparente.	Empaque para trabajo liviano para productos aceitosos, productos farmacéuticos, caramelos, piezas de máquinas.
PE/foil aluminio	Excelente barrera a la humedad, barrera a los gases, barrera a la luz UV, sobresaliente preservación de fragancias, sellable al calor.	Empaque para trabajo liviano para productos farmacéuticos, empaque de película fotográfica, caramelos, piezas industriales y piezas de máquinas.
PE/foil/Papel	Perfecta barrera a humedad y gases, resistencia química, sellable al calor, adaptable a empaques de llenado automático. Buena superficie de impresión.	Empaque liviano para alimentos que absorben humedad, detergentes, caramelos, papel foto sensible, foto películas, condimentos y aditivos para alimentos.
PE/cPP PE/oPP	Resistente a aceites y al calor, barrera a la humedad, a prueba de agua, sellable al calor, empaques transparentes.	Empaque liviano para productos farmacéuticos, caramelos, alimentos aceitosos, alimentos que absorben humedad, sal de mesa, azúcar, alimentos sazonados, alimentos preservados y suministros médicos.
PE/PC	Sobresaliente resistencia al calor y al aceite, a prueba de agua y humedad, sobresalientes propiedades a bajas temperaturas, transparentes, excelente barrera a los gases y sellable al calor.	Empaques livianos para alimentos aderezados, alimentos preservados, alimentos congelados, Usado en empaques esterilizables por calor y empacado al vacío, llenado por gas.
PE/Poliéster	Alta resistencia, a prueba de agua, a prueba de humedad, propiedades de barrera a los gases, sobresalientes propiedades a bajas temperaturas, transparentes y sellable al calor.	Empaques livianos para alimentos sazonados, alimentos preservados, carnes procesadas, alimentos congelados, suministros médicos y alimentos listos para servir. Usado en empaques esterilizables por calor y empacado al vacío, llenado por gas.

En el mercado nacional asistido por POLINTER, las resinas de polietileno de mayor uso comercial en la manufactura de películas para laminación se centran en los grados de resinas de PELBD Venelene® 11E1, 11PG1 y 11PG4; y en los grados

de PEBD Venelene® FB-3003, FB-7000, FA-0240, FD-0325, FD-0348 y LA-0903.

USO DEL POLIETILENO EN LAMINACIONES

Tabla 3. Estructuras típicas de laminación con resinas de POLINTER

Estructura	Resinas	Aplicación
PE/Papel	LA-0903	Envoltorios
PE/foil aluminio	LA-0903	Etiquetas
PE//PELBD	LA-0903//11PG1	Respaldo del pañal
PE (mezclas)//BOPP	(FB-3003+11PG1)//BOPP	Sacos industriales
PE//BOPP	(FA-0240+11PG1)//BOPP	Empaques avena
PE//PE	(FA-0240+11PG1)//(FA-0240+11PG1)	Empaques Arroz

La Tabla 3 recopila los principales usos de las resinas nacionales de polietileno en los procesos de laminación por extrusión, recubrimiento por extrusión y laminación con adhesivos. Las estructuras indicadas corresponden a un recubrimiento o laminación por extrusión al separarse los sustratos por una sola línea inclinada, por ejemplo, la estructura PE/Papel; mientras que la doble línea corresponde a los procesos de laminación con adhesivos, por ejemplo PE//BOPP.

6 Referencias

1. **Poliolefinas Internacionales, C.A.** *Polietilenos Venelene® - Octenos - Película Tubular*. Caracas : Poliolefinas Internacionales, C.A., 2007.
2. **Bobst North America Inc.** [En línea] Bobst Group, 02 de Febrero de 1996. [Citado el: 23 de Marzo de 2015.] www.bobst.com.
3. **Qenos - A Bluestar Company.** *Extrusion Coating & Lamination - Technical Guide*. Altona Victoria, Australia : Qenos Pty. Ltd., 2014.
4. **Wolf, Rory A y Sparavigna, Amelia.** *Modifying Surface Features - Optimizing Extrusion Coating/Lamination Seal Strength by Surface Treatment*. St. Louis : Rory A. Wolf - Enercon Industries Corporation, 2007.
5. **Wolf, Rory.** *A Technology Decision - Adhesive Lamination or Extrusion Coating/Lamination?* Albuquerque, New Mexico : Enercon Industries Corporation, 2010.
6. **Vargas, Ed, Butler, Thomas I y Veazey, Earl W.** *Film Extrusión Manual*. Atlanta : Tappi Press, 1992. ISBN: 0-89852-250-1.
7. *Multilayer Flexible Packaging.* **Wagner Jr., John R.** s.l. : Elsevier Incorporated., 2010. ISBN-13: 978-0-8155-2021-4.
8. *Packaging Lamination Sustainability Efforts Advanced by Röhm and Haas.* **Röhm & Haas Company.** s.l. : Packaging Digest Staff - Smart Packaging, 2009, Vols. Enero 21, 2009.
9. **Chevron Phillips - Chemical Company LP.** *The Film & Coating Connection - "Spreading the News" Issue # 6*. Orange, Texas : Chevron Phillips Chemical Company LP, Enero 2005.

Este Boletín fue elaborado por la Gerencia de Mercadeo de Poliolefinas Internacionales, C.A. (POLINTER), con el apoyo de Investigación y Desarrollo, C.A. (INDESCA), en Caracas- Venezuela, en abril de 2015.

Si desea hacer algún comentario o sugerencia, agradecemos nos escriba a la dirección electrónica: info@polinter.com.ve, la cual pueden acceder a través de nuestra página web www.polinter.com.ve o a través de nuestro agente comercial: Corporación Americana de Resinas, CORAMER, C.A. (<http://www.coramer.com>)

La información descrita en este documento es, según nuestro mejor conocimiento, precisa y veraz. Sin embargo, debido a que los usos particulares y condiciones de transformación están enteramente fuera de nuestro control, el ajuste de los parámetros que permiten alcanzar el máximo desempeño de nuestros productos para una aplicación específica, es potestad y responsabilidad del usuario y confiamos en que la información contenida en el mismo sea de su máximo provecho y utilidad.