

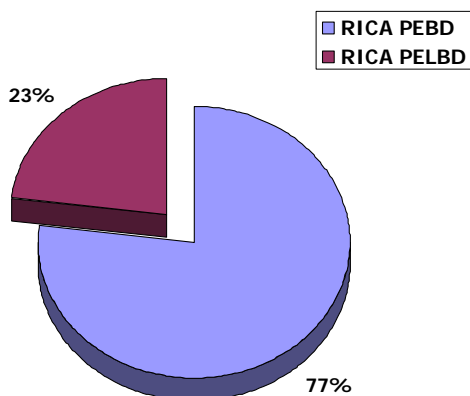
# BOLETÍN: MEZCLAS PELBD – PEBD PARA EMPAQUE INDUSTRIAL



## 1 Introducción

Los polietilenos ramificados (PEBD) y lineales (PELBD) de baja densidad suelen utilizarse mezclados en la producción de películas, de manera que se logre combinar las ventajas inherentes a ambas resinas, tales como las excelentes propiedades mecánicas del PELBD y la buena procesabilidad del PEBD.

Las mezclas pueden clasificarse en dos categorías o dominios: mezclas ricas en PELBD y ricas en PEBD. Dependiendo de los niveles de oferta de cada resina, los parques de maquinaria y los hábitos de consumo de cada mercado regional, la composición de las mezclas puede desplazarse hacia cada uno de los dominios. A modo de ilustración, el mercado europeo utiliza mayoritariamente las mezclas ricas en PEBD (figura 1) mientras que en Norte América (figura 2) predomina el uso de las mezclas mayoritarias en PELBD<sup>(1)</sup>.

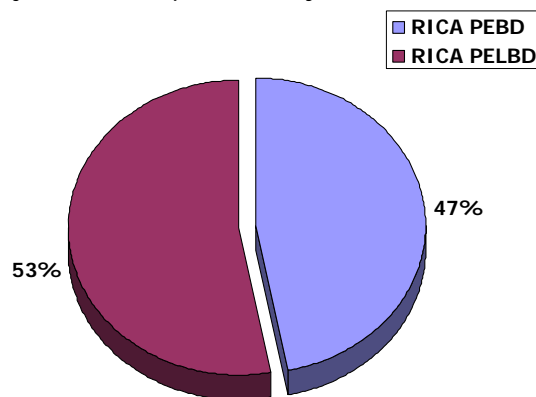


**Figura 1. Consumo de mezclas PEBD/PELBD en Europa Occidental (1998).**

A medida que se han desarrollado nuevos polietilenos lineales y se ha modernizado la maquinaria procesadora, la tendencia a usar el PELBD en mayor proporción ha aumentado. Es así como, hace 15 años, se limitaba la incorporación de PELBD al 30%<sup>(2)</sup>. En la actualidad, el uso de mezclas en proporciones de PELBD/PEBD 85/15 es más frecuente, llegando incluso a niveles de empleo del PELBD puro<sup>(3)</sup>.

El desarrollo evolutivo de los polietilenos lineales ha fortalecido algunos atributos de las películas, como:

- Superiores propiedades mecánicas.
- Excelente apariencia (transparencia, brillo, bajo nivel de geles).
- Excelentes propiedades de sellado.
- Bajos costos de producción y transformación.



**Figura 2. Consumo de mezclas PEBD/PELBD en Norte América (1998).**

Los beneficios aportados por el PELBD han hecho posible que en aplicaciones tales como: sacos de alto desempeño, película para acolchado, película para separadores de cauchos, liners industriales, película estirable, bolsas para hielo, bolsas para empaque secundario y bolsas para basura, predomine el uso de mezclas ricas en lineales.

Este boletín presenta la contribución en cuanto a propiedades y costos que se obtiene con el uso de mezclas ricas en PELBD para productos de aplicación industrial y suministra guías para lograr el máximo desempeño en el procesamiento de las mismas.

## 2 Propiedades Mecánicas

Las propiedades de las mezclas que a continuación se presentan fueron medidas en películas elaboradas con los productos Venelene<sup>®</sup> 11F1 (MFI: 0,80 dg/min, densidad: 0,919 g/cc) y FB-3003 (MFI: 0,27 dg/min, densidad: 0,922 g/cc), de 120 micras de espesor, extruidas bajo las siguientes condiciones:

# BOLETÍN: MEZCLAS PELBD – PEBD PARA EMPAQUE INDUSTRIAL



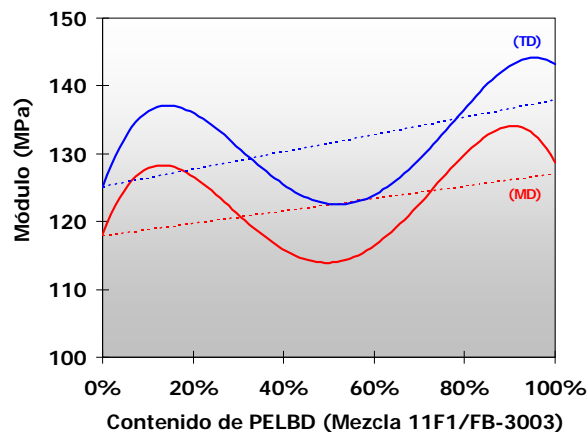
Parámetro	Valor asignado
Diámetro barril (mm)	40
Relación L/D	30
Tipo de tornillo	Maddock(L/D:2) y Pines(L/D:2)
Relación de compresión	3:1
Diámetro boquilla (mm)	120
Abertura boquilla (mm)	1,2
Anillo enfriamiento	Una salida.
Relación de soplado	2,5
Altura línea enfriamiento (mm)	480 (4D)

La figura 3 presenta los valores de módulo de elasticidad en tensión con respecto a la composición de la mezcla PELBD/PEBD. El módulo de elasticidad de la película es una propiedad clave para las aplicaciones en las cuales se empaquetarán o embalarán productos pesados (>10 Kg). En la medida que el módulo de elasticidad del material aumenta, el usuario podrá emplear películas de menor espesor sin que el empaque elaborado experimente grandes deformaciones durante sus operaciones de manejo, almacenamiento y transporte.

Se puede observar que, tanto en la dirección de extrusión (MD) como en la transversal (TD), el módulo alcanza su máximo valor cuando la mezcla es rica en PELBD (80 a 90% de PELBD).

La tendencia representada por el módulo revela la existencia de efectos sinérgicos y antagónicos de las mezclas PELBD/PEBD que deben ser tomados en cuenta en el diseño de las mismas.

Conceptualmente, se habla de la existencia de interacciones sinérgicas cuando el comportamiento de la mezcla es superior al que proporcionalmente se obtendría a partir de las propiedades de los componentes puros (líneas punteadas representadas en la figura 3). La existencia de interacciones sinérgicas en las mezclas PELBD/PEBD permiten, en este caso, obtener mezclas con 70 a 80% de PELBD con módulos de elasticidad superiores a los del lineal puro. Una situación similar se presenta en la región con un contenido de polietileno de baja densidad entre 10 y 30%, con respecto al FB-3003 puro.



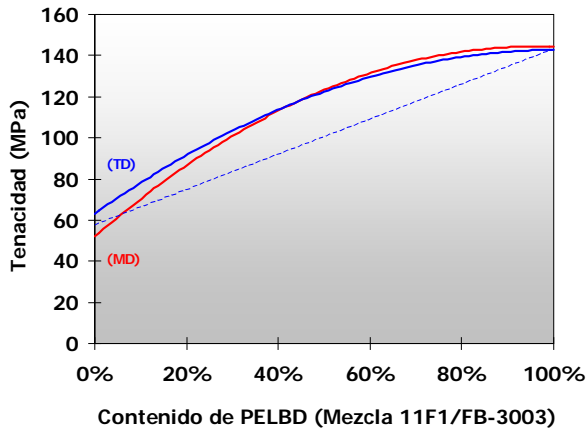
**Figura 3. Módulo de elasticidad como función del porcentaje de PELBD en la mezcla.**

Por el contrario, cuando la composición de la mezcla se encuentra en una región en la que tienen lugar interacciones antagónicas, las propiedades resultantes son inferiores a las que proporcionalmente se obtendrían a partir de los constituyentes puros. La existencia de interacciones antagónicas en la región entre 30 y 70% de PELBD hace que la mezcla resultante exhiba módulos de elasticidad inferiores incluso a los del PEBD puro; comportamiento que obligará a emplear un mayor espesor en la película para compensar el deterioro de esta propiedad.

Las propiedades de la película en su punto de ruptura muestran variaciones mucho más importantes que las ilustradas para el módulo de elasticidad.

La figura 4 ilustra el notable incremento sobre la tenacidad que aporta la incorporación del PELBD a las mezclas con PEBD.

# BOLETÍN: MEZCLAS PELBD – PEBD PARA EMPAQUE INDUSTRIAL

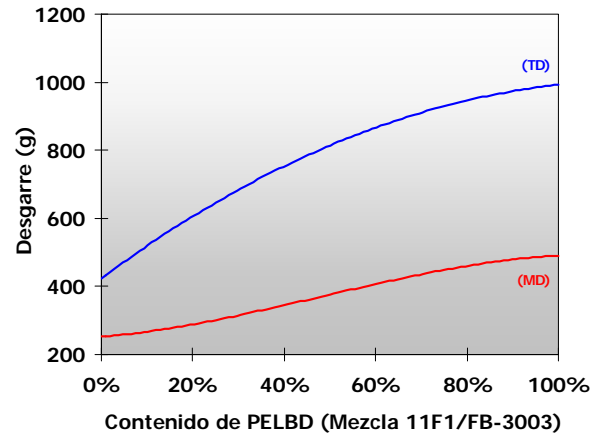


**Figura 4. Tenacidad en ruptura como función del porcentaje de PEBD en la mezcla.**

La tenacidad es una propiedad compuesta que representa la capacidad del material de absorber la energía mecánica aplicada, transformándola en deformación plástica. Cualquier incremento de la tenacidad se traduce en una mayor facultad de la película de soportar procesos de falla como los de rasgado (ver figura 5) e impacto.



En lo concerniente a la tenacidad y la resistencia al rasgado, se observa que el desempeño de la mezcla es sinérgico en todo el intervalo de composición.



**Figura 5. Resistencia al desgarre como función del porcentaje de PELBD en la mezcla.**

El efecto combinado de la mejora de estas propiedades se traduce en la posibilidad de crear películas con menor espesor del que se produciría con mezclas ricas en PEBD, pero manteniendo o incluso mejorando las propiedades mecánicas.

### 3 Procesabilidad

A causa de las diferencias existentes en lo que respecta a las propiedades de flujo de los polietilenos ramificados de baja densidad y los lineales, ambos tipos de resinas deben ser procesados bajo diferentes condiciones de extrusión.

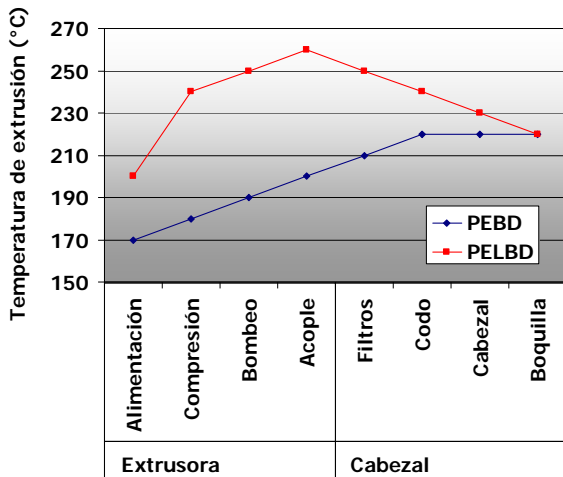
Para obtener el desempeño óptimo de los equipos de transformación con mezclas mayoritarias de PELBD, es conveniente seguir las siguientes recomendaciones:

- Utilice mayor temperatura de extrusión y perfiles parabólicos que favorezcan la disminución del consumo de potencia y una baja temperatura de salida de la boquilla, que controle la mayor tendencia a la inestabilidad de los polietilenos lineales y las mezclas ricas en ellos (ver figura 6).
- Utilice boquillas con mayores aberturas de labio (entre 1,2 y 2,5 mm) y menor longitud de descarga (ver figura 7).
- Utilice tornillos de mayor paso o ángulo de hélice.

# BOLETÍN: MEZCLAS PELBD – PEBD PARA EMPAQUE INDUSTRIAL



- Emplee anillos de enfriamiento con doble salida de aire.



**Figura 6. Comparación del perfil de temperatura de extrusión sugerido para mezclas ricas en lineales o baja densidad.**

Las mezclas ricas en polietilenos lineales poseen una mayor capacidad de estiramiento en fundido, lo que permite lograr mayores relaciones de estiramiento o adelgazamiento.

La relación de estiramiento de la película es obtenida mediante la siguiente ecuación:

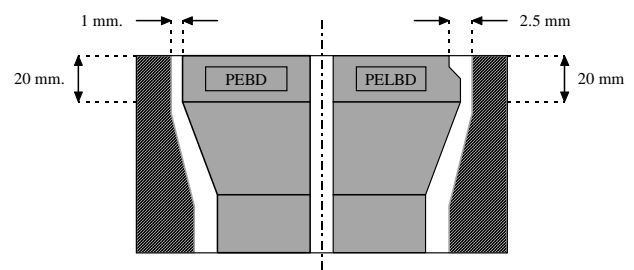
$$\text{Estiramiento (MD/TD)} = \frac{\text{Abertura de Boquilla}}{\text{Espesor} \times (\text{BUR})^2}$$

Para las resinas lineales, esta relación se encuentra entre 10 y 20 veces el índice de fluidez; mientras que para el PEBD suele encontrarse entre 2 y 4. La extrusión en estos intervalos garantiza la máxima estabilidad de la burbuja<sup>(4)</sup>.

El caudal máximo que puede ser logrado en la extrusión de películas con mezclas ricas en polietilenos lineales depende, en mayor medida, de las restricciones que pueda imponer cada uno de los componentes y accesorios del equipo. La siguiente tabla muestra las limitaciones que con más frecuencia se presentan:

Restricción	Indicios de la limitación.	Acción correctiva temporal.
Boquilla con abertura inferior a 1,2 mm.	Impide alcanzar el máximo caudal de extrusión por alta presión, presencia de líneas fractura o alto consumo de potencia.	Aumente la temperatura del cabezal y boquilla hasta que se reduzca la presión, la potencia o desaparezca la fractura de fundido.
Anillo de enfriamiento de una salida.	Impide emplear el máximo caudal de aire de enfriamiento debido a que desestabiliza la burbuja	Emplee aire refrigerado para aumentar la capacidad de enfriamiento a un menor caudal.
Tornillo de extrusión de diseño inadecuado.	Alto consumo de potencia, presencia de puntos de material degradado e infundidos.	Aumente la temperatura de extrusión, y suplementar la receta de estabilización de la resina base con concentrados de antioxidante.
Motor de baja potencia.	Excesivo consumo eléctrico y paradas por sobre calentamiento del motor.	Aumente la temperatura de extrusión.

El componente de la extrusora que puede ser adecuado para el uso de mezclas ricas en PELBD con mayor sencillez y menor costo es la boquilla.



**Figura 7. Sección de una boquilla de extrusión de película tubular para PEBD y PELBD.**

Las boquillas para el procesamiento de mezclas ricas en polietilenos lineales deben tener no solo mayor abertura, sino además un menor longitud de la zona de descarga. La figura 7 muestra el diseño sugerido y los valores más ampliamente recomendados en la literatura técnica.

# BOLETÍN: MEZCLAS PELBD – PEBD PARA EMPAQUE INDUSTRIAL



Figura 8. Fotografía boquilla para PELBD.

El uso de boquillas con diseños como el recomendado aporta los siguientes beneficios:

- Mayor velocidad de extrusión límite para alcanzar el punto de fractura de fundido del material.
- Menor temperatura de extrusión, lo cual contribuye a aumentar la estabilidad de la burbuja y reducir el flujo de aire de enfriamiento, ambos factores que contribuyen a minimizar las desviaciones de espesor.
- Menor consumo de potencia. En la medida que se reduce la caída de presión en la boquilla, la potencia que debe ser suministrada por el motor para vencer esta restricción también resulta disminuida.

La figura 9 muestra la variación del caudal versus la potencia consumida por el motor de la extrusora. Este índice da una muy clara referencia comparativa de los cambios en productividad generados por la modificación del contenido de polietileno lineal en la mezcla.

Los datos representados en la figura 9 fueron obtenidos para un caudal de extrusión constante de 30 Kg/h.

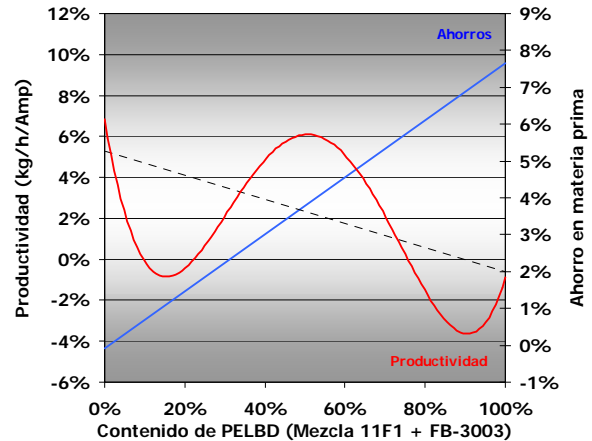


Figura 9. Relación caudal máximo/amperaje y ahorro en costos de la mezcla como función del porcentaje de PEBD en la mezcla (a caudal máximo).

El índice de productividad mostrado revela la existencia de fenómenos antagónicos y sinérgicos, como los anteriormente descritos para el caso del módulo de elasticidad.

Según la tendencia obtenida, mezclas con contenidos de PELBD entre 75 y 90% muestran reducciones de la productividad que a lo sumo alcanzan el 4%; mientras que con estas dosis, es posible lograr ahorros en los costos de la mezcla del 6 a 7,5%.

El balance global ratifica que el uso de mezclas ricas en PELBD para la producción de películas de uso industrial ofrece mejoras importantes en las propiedades, a mejor precio, sin que se incurra en grandes sacrificios en la procesabilidad. La procesabilidad de las mezclas mayoritarias puede verse dramáticamente mejorada mediante el uso de boquillas de mayor abertura y el uso de anillos de enfriamiento de doble salida, cuya adquisición representa una inversión sumamente rentable ante los beneficios que se logra obtener. 📖

# BOLETÍN: MEZCLAS PELBD – PEBD PARA EMPAQUE INDUSTRIAL



## 4 Referencias

1. Trudell, B.; "Markets and Applications for Metallocene LLDPE (mLLDPE) Resins That Process Like HD-LDPE/LLDPE Blends"; Univation Technologies, POLYETHYLENE'99 World Conference; p. 12.
2. Kabiri, M.; Chung, C.I.; "Melt Rheology and Thermal Analysis of LLDPE/LDPE Blends"; Antec 1985; p. 918.
3. Velisek, F.; "Film Properties and Applications for LLDPE and High Pressure LDPE Blends"; Antec 1991; p. 211.
4. Knittel, R.; "Determining equipment size for blown film barrier film extrusion", 1992 Coextrusion Short Course, TAPPI Press, pag. 107-112.

*Este boletín ha sido elaborado por la Gerencia de Mercadeo de Polinter con el apoyo de los especialistas de Investigación y Desarrollo, C.A. (INDESCA) y de la Gerencia de Servicios Técnicos de CORAMER. El mismo está dirigido a todos los clientes usuarios de las resinas Venelene® y confiamos en que la información contenida en el mismo sea de su máximo provecho y utilidad.*

*En caso de que desee hacernos llegar cualquier comentario o sugerencia, le agradecemos nos escriba a la siguiente dirección electrónica: [info@polinter.com.ve](mailto:info@polinter.com.ve) o a través de nuestro agente comercial: Corporación Americana de Resinas (CORAMER), con sucursales en Venezuela y Colombia (<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.*

*Para obtener información más detallada de los aspectos de seguridad relativos al manejo y disposición de nuestros productos, le invitamos a consultar las hojas de seguridad (MSDS) de los Polietilenos Venelene®.*