

# **CAPÍTULO III**

## **RESULTADOS Y DISCUSIONES**

La resultados, observaciones y conclusiones que se muestran a continuación, fueron generados en su totalidad con recursos de la compañía 3M México S.A. de C.V., son propiedad de la misma y queda estrictamente prohibido su uso, copia ó distribución bajo cualquier medio sin el permiso por escrito de la compañía.

## **CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIONES**

### **3.1. PELÍCULAS ELÁSTICAS.**

#### **3.1.1. Desempeño elástico ASTM D5459 (etapa 1).**

Se determinó el desempeño elástico de películas elaboradas con los elastómeros termoplásticos de poliolefina, comparando el desempeño respecto de las películas elaboradas con los copolímeros de bloque de estireno tipo SIS y SEBS y, respecto de una película elaborada con una poliolefina convencional plástica (polipropileno).

Las películas caracterizadas fueron:

1. SIS
2. SEBS
3. EP-A
4. EP-B
5. EP-C
6. EP-D
7. PP

Las películas 1 y 2 corresponden a los copolímeros de bloque de estireno (materiales amorfos), de la número 3 a la 6 corresponden a los elastómeros termoplásticos de poliolefina (materiales semicristalinos); finalmente, la película número 7 fue elaborada con polipropileno convencional grado extrusión.

La caracterización se realizó con base en la norma ASTM D5459, cada película fue sometida a varios niveles de deformación: 15, 50, 100, 150 y 200% (una muestra para cada nivel); para cada nivel de deformación se determinó:

- A. Recuperación elástica.
- B. Deformación permanente.
- C. Esfuerzo retenido.

Las Tablas 3.1 a 3.7 muestran el resumen de los resultados obtenidos para cada una de las siete películas antes mencionadas. En cada tabla se reportan los resultados de las propiedades elásticas A, B y C arriba descritas para cada uno de los niveles de deformación ensayados.

**Tabla 3.1. Resultados de desempeño elástico para película SIS  
a diferentes niveles de deformación.**

<b>Nivel de Deformación</b>	<b>Recuperación Elástica, %</b>	<b>Deformación Permanente, %</b>	<b>Esfuerzo Retenido, %</b>
15%	100.00	0.00	89.52
50%	100.00	0.00	92.57
100%	98.33	1.67	94.49
150%	100.00	0.00	95.91
200%	97.50	2.50	96.08

**Tabla 3.2. Resultados de desempeño elástico para película SEBS  
a diferentes niveles de deformación.**

<b>Nivel de Deformación</b>	<b>Recuperación Elástica, %</b>	<b>Deformación Permanente, %</b>	<b>Esfuerzo Retenido, %</b>
15%	100.00	0.00	89.73
50%	100.00	0.00	92.49
100%	98.33	1.67	93.45
150%	96.67	3.33	94.8
200%	95.83	4.17	94.28

**Tabla 3.3. Resultados de desempeño elástico para película EP-A  
a diferentes niveles de deformación.**

<b>Nivel de Deformación</b>	<b>Recuperación Elástica, %</b>	<b>Deformación Permanente, %</b>	<b>Esfuerzo Retenido, %</b>
15%	100.00	0.00	87.85
50%	96.66	3.34	86.54
100%	95.00	5.00	86.29
150%	94.44	5.56	86.84
200%	94.17	5.83	86.99

**Tabla 3.4. Resultados de desempeño elástico para película EP-B  
a diferentes niveles de deformación.**

<b>Nivel de Deformación</b>	<b>Recuperación Elástica, %</b>	<b>Deformación Permanente, %</b>	<b>Esfuerzo Retenido, %</b>
15%	100.00	0.00	85.19
50%	93.33	6.67	82.71
100%	93.33	6.67	84.17
150%	93.33	6.67	83.6
200%	92.50	7.50	83.26

**Tabla 3.5. Resultados de desempeño elástico para película EP-C  
a diferentes niveles de deformación.**

<b>Nivel de Deformación</b>	<b>Recuperación Elástica, %</b>	<b>Deformación Permanente, %</b>	<b>Esfuerzo Retenido, %</b>
15%	100.00	0.00	86.02
50%	93.33	6.67	81.25
100%	93.33	6.67	81.32
150%	93.33	6.67	81.67
200%	92.50	7.50	81.86

**Tabla 3.6. Resultados de desempeño elástico para película EP-D.  
a diferentes niveles de deformación.**

<b>Nivel de Deformación</b>	<b>Recuperación Elástica, %</b>	<b>Deformación Permanente, %</b>	<b>Esfuerzo Retenido, %</b>
15%	84.27	15.73	77.11
50%	80.00	20.00	75.24
100%	73.34	26.67	77.89
150%	72.22	27.78	77.44
200%	69.17	30.83	77.57

**Tabla 3.7. Resultados de desempeño elástico para película PP.  
a diferentes niveles de deformación.**

<b>Nivel de Deformación</b>	<b>Recuperación Elástica, %</b>	<b>Deformación Permanente, %</b>	<b>Esfuerzo Retenido, %</b>
15%	36.27	63.73	54.91
50%	16.66	83.34	55.38
100%	12.25	87.75	53.62
150%	10.46	89.54	59.5
200%	10.22	89.79	59.45

Los datos mostrados en las Tablas 3.1 a 3.7, fueron calculados de acuerdo a la norma ASTM-D5459; para esto fue necesario generar, en la máquina de ensayos universales Instron, las curvas de esfuerzo (carga ó fuerza aplicada para deformar la película) contra deformación que aparecen en las Figuras 3.1 a 3.5.

En cada una de las Figuras 3.1 a 3.5 se especifican los datos generales de las pruebas, como dimensiones de la probeta, velocidad de mordazas, tiempo de relajación y la deformación a la cual fueron sometidas las probetas de cada material; la Figura 3.1 corresponde a la deformación de 15% para todos los materiales, la Figura 3.2 es para 50% de deformación, la Figura 3.3 es para 100%, la Figura 3.4 es para 150% y finalmente, la Figura 3.5 contiene los datos para la deformación de 200%.

**Recuperación Elástica y Deformación Permanente**

Evaluaciones hechas en 3M México en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo  
**Condiciones de prueba:** Ancho de 1 pulgada, largo de 5 pulgadas, Velocidad de 5 pulg/min,  
 Deformación @ 15% , Dirección Contra Maquina, Tiempo de relajación : 60 segundos.

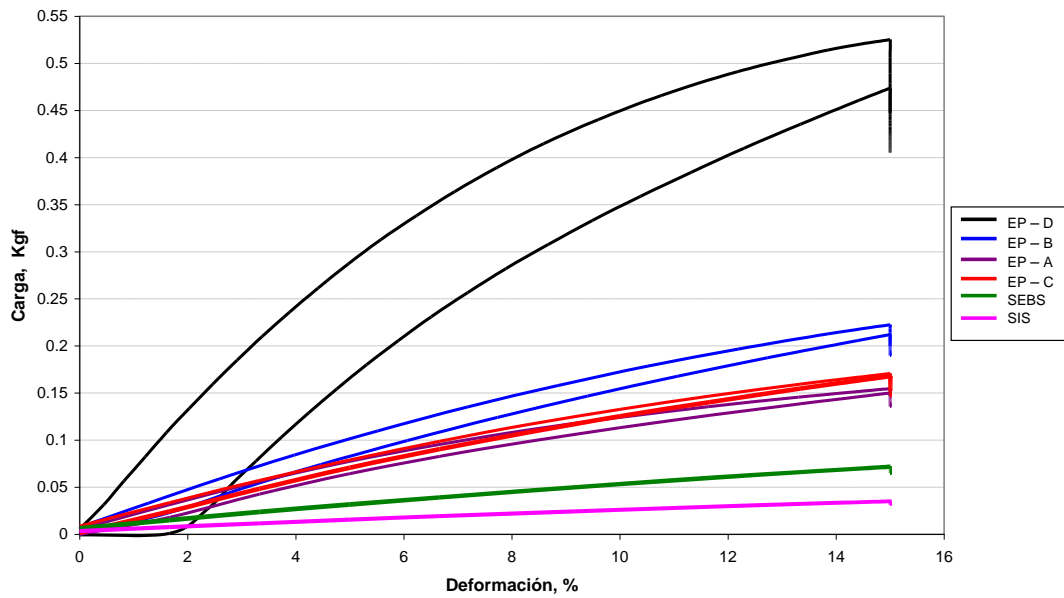


Figura 3.1. Desempeño elástico ASTM-D5459 @ 15% de deformación de las películas.

**Recuperación Elástica y Deformación Permanente**

Evaluaciones hechas en 3M México en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo  
**Condiciones de prueba:** Ancho de 1 pulgada, largo de 5 pulgadas, Velocidad de 5 pulg/min,  
 Deformación @ 50% , Dirección Contra Maquina, Tiempo de relajación : 60 segundos.

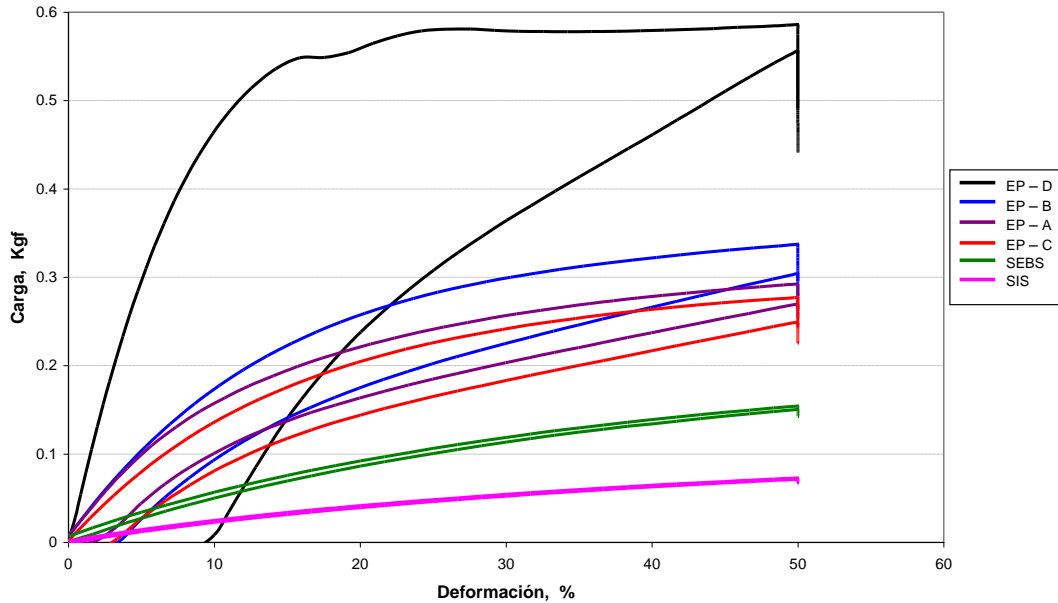
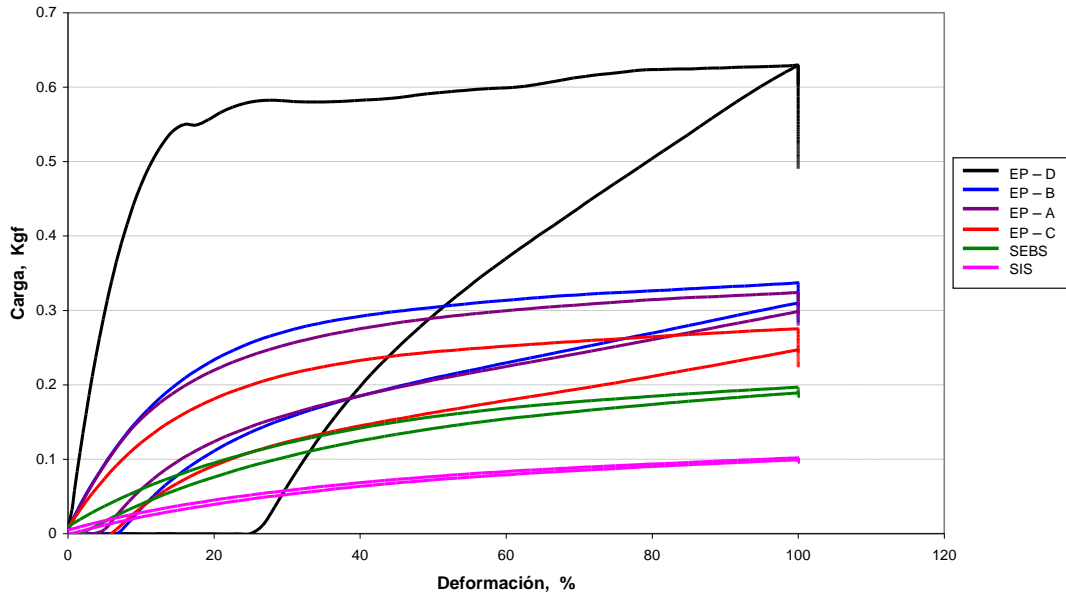


Figura 3.2. Desempeño elástico ASTM-D5459 @ 50% de deformación de las películas.

**Recuperación Elástica y Deformación Permanente**

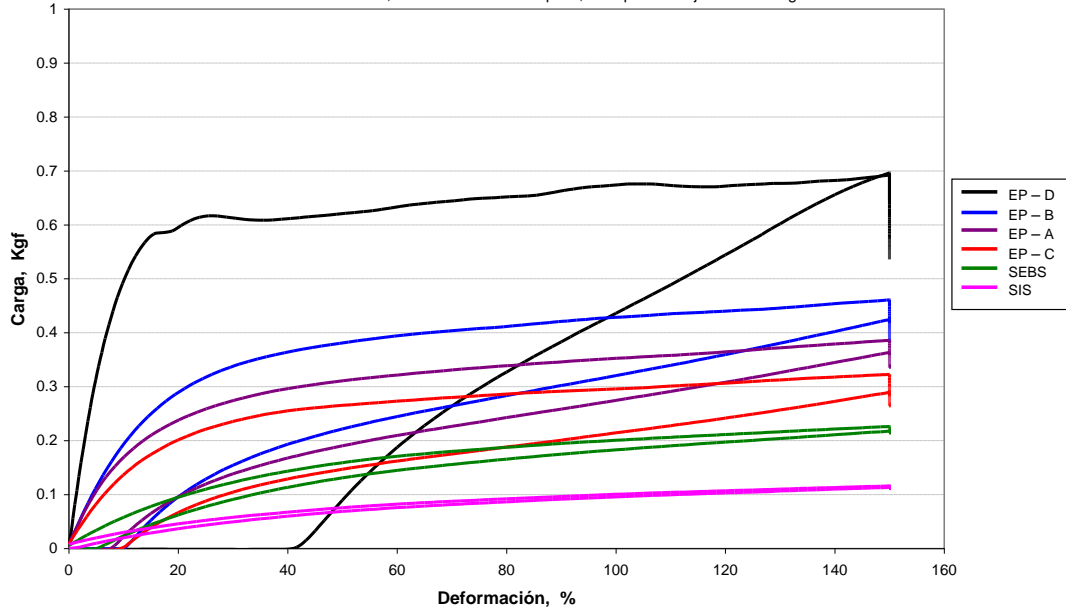
Evaluaciones hechas en 3M México en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo  
**Condiciones de prueba:** Ancho de 1 pulgada, largo de 5 pulgadas, Velocidad de 5 pulg/min,  
 Deformación @ 100% , Dirección Contra Maquina, Tiempo de relajación : 60 segundos.



**Figura 3.3. Desempeño elástico ASTMD5459 @ 100% de deformación de las películas.**

**Recuperación Elástica y Deformación Permanente**

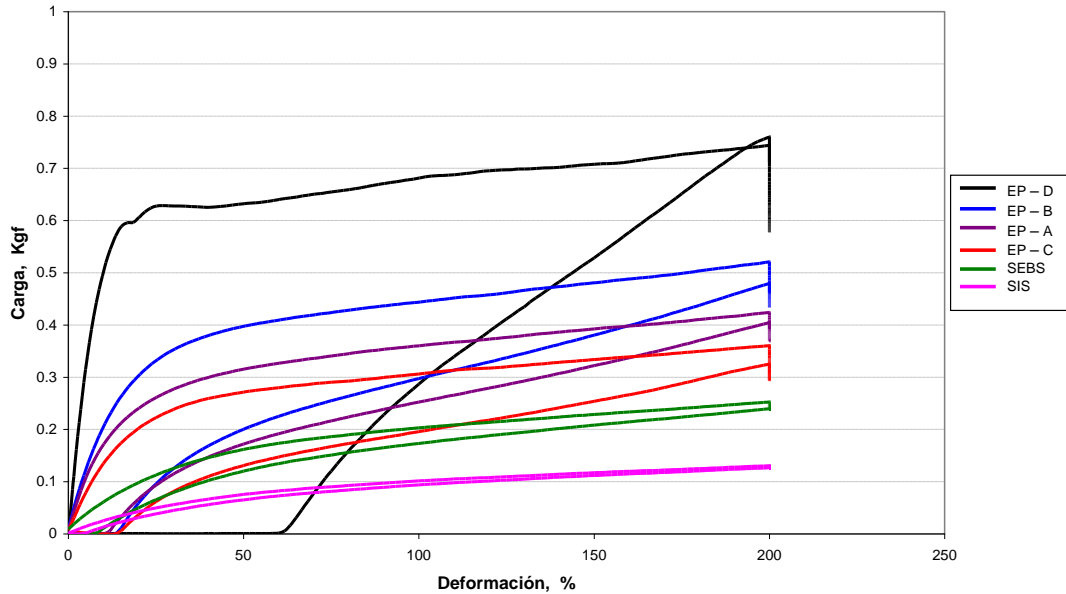
Evaluaciones hechas en 3M México en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo  
**Condiciones de prueba:** Ancho de 1 pulgada, largo de 5 pulgadas, Velocidad de 5 pulg/min,  
 Deformación @ 150% , Dirección Contra Maquina, Tiempo de relajación : 60 segundos.



**Figura 3.4. Desempeño elástico ASTMD5459 @ 150% de deformación de las películas.**

**Recuperación Elástica y Deformación Permanente**

Evaluaciones hechas en 3M México en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo  
**Condiciones de prueba:** Ancho de 1 pulgada, largo de 5 pulgadas, Velocidad de 5 pulg/min,  
 Deformación @ 200% , Dirección Contra Maquina, Tiempo de relajación : 60 segundos.



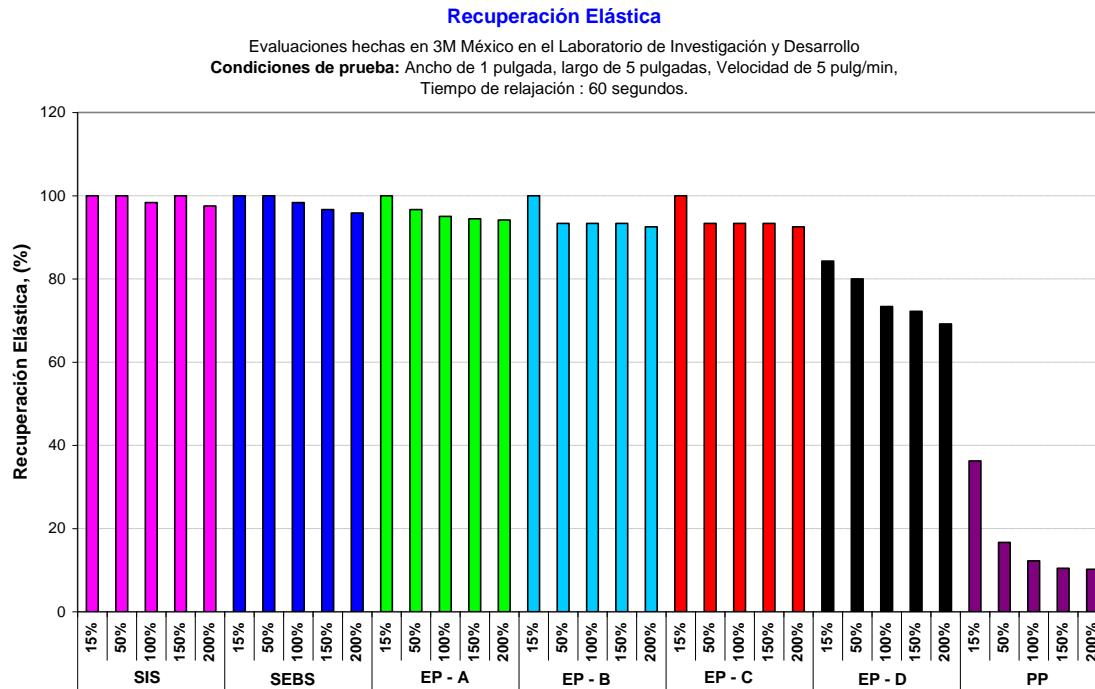
**Figura 3.5. Desempeño elástico ASTM D5459 @ 200% de deformación de las películas.**

En los gráficos de las Figuras 3.6, 3.7 y 3.8 se muestran las propiedades de Recuperación elástica, Deformación permanente y Esfuerzo retenido, respectivamente. En cada gráfico se encuentran todas las películas evaluadas a todos los niveles de deformación ensayados.

En cada una de estas figuras se pueden realizar fácilmente las siguientes comparaciones:

- A. Desempeño elástico entre los 4 grados de elastómeros de poliolefina trabajados.
- B. Desempeño elástico de los elastómeros de poliolefina respecto a los copolímeros de bloque de estireno SIS y SEBS.
- C. Desempeño elástico de los elastómeros de poliolefina respecto a una poliolefina convencional plástica (polipropileno).





**Figura 3.6. Recuperación elástica, todas las películas y deformaciones ensayadas.**

**Recuperación elástica.**

De la Figura 3.6 y de las Tablas 3.1 a 3.7, se tienen los siguientes hechos:

**A. Recuperación elástica de los 4 grados de elastómeros de poliolefina trabajados.**

De las 4 películas elaboradas con elastómeros de poliolefina, la correspondiente al material EP-A es la que presenta mejor recuperación elástica; aún para niveles de deformación del 200% este material es capaz de recuperar sus dimensiones originales (recuperación elástica) en niveles superiores al 94%. Es importante mencionar que los rangos de deformación típicos en las aplicaciones de películas elásticas varían entre 50 y 200%.

Los materiales EP-B y EP-C son de desempeño muy similar entre sí y ligeramente inferiores a la película del elastómero EP-A. El material EP-D es el que presenta menor recuperación elástica, difícilmente podría ser considerado usarse para aplicaciones de películas elásticas, en todo caso se tendría que combinar con otros elastómeros y su función sería mas como un modificador de propiedades que ser el polímero principal de la formulación.

**B. Recuperación elástica de los elastómeros de poliolefina respecto a los copolímeros de bloque de estireno SIS y SEBS.**

La película elaborada con los copolímeros SIS y SEBS son las que presentan los mejores valores recuperación elástica, el material SIS aún para deformación de 200% presenta un recuperación superior al 97%; lo anterior confirma la preferencia convencional de usar este tipo de elastómeros en películas elásticas considerando solo su desempeño, hoy en día son también importantes otros factores como costo, disponibilidad comercial y compatibilidad con otros materiales. El elastómero de poliolefina con recuperación elástica más cercana a estos materiales fue el EP-A, seguido del EP-B, la recuperación elástica de estos materiales fue ligeramente menor a los materiales SIS y SEBS, en términos prácticos no se consideran diferencias significativas.

Para el caso de EP-A la recuperación elástica para el nivel de deformación máximo ensayado (200%) fue tan solo 3.3% menor al material SIS y solo 1.7% menor al material SEBS. Para el caso de EP-B las diferencias fueron de 5.0% respecto al SIS y de 3.3 respecto al SEBS.

En este punto es importante mencionar que los elastómeros de poliolefina presentan actualmente beneficios respecto a los copolímeros SIS y SEBS como son costo, disponibilidad de mercado y mejor compatibilidad con otros materiales como no-tejidos de polipropileno. Si consideramos como 100% el precio actual comercial del copolímero SIS utilizado, el precio del material EP-A actualmente sería 83% (17% mas barato), mientras que el EP-B sería 71% (29% mas barato); los copolímeros SEBS son mas caros que los SIS, es por esto que ya no se hace referencia de su costo.

Estos son los primeros resultados que nos demuestran que, considerando la relación costo-desempeño, los elastómeros de poliolefina EP-A y EP-B son excelentes candidatos para desarrollar películas elásticas en lugar de utilizar los copolímeros SIS y/o SEBS

**C. Desempeño elástico de los elastómeros de poliolefina respecto a una poliolefina convencional plástica (polipropileno).**

Respecto a la película de polipropileno caracterizada (PP), los resultados evidencian el desempeño plástico, no elástico, de este material. Aún para deformaciones muy pequeñas de la película, 15%, la recuperación elástica es de tan solo 36%, en comparación al elastómero de poliolefina EP-A y al SIS que presentan una recuperación elástica del 100%. Para una deformación de película del 200%, la película de PP se recupera tan solo 10% (no tiene recuperación elástica) mientras que EP-A y SIS recuperan más del 94%. Esta película de polipropileno también fue elaborada en el laboratorio, en el mismo equipo y con las mismas condiciones de extrusión utilizadas para fabricar las películas de los elastómeros de poliolefina EP-A, B, C y D.

**Deformación permanente.**

La deformación permanente puede definirse como:

$$\% \text{ Deformación Permanente} = 100 - \% \text{ Recuperación elástica.}$$

La Figura 3.7 concentra todos los resultados obtenidos, las conclusiones que se pueden obtener de estos gráficos son las mismas que ya se describieron para la recuperación elástica.

**Retención de esfuerzo.**

La Figura 3.8 muestra todos los resultados obtenidos para esta propiedad,

Las conclusiones son similares a las ya discutidas para la recuperación elástica, la película SIS muestra los mejores resultados, seguida de la SEBS, la EP-A, EP-B, EP-C y finalmente EP-D.

Lo que adicionalmente podemos ver en esta propiedad es que el material EP-B presenta ligeramente mejor retención de esfuerzo que el material EP-C; aunque esta diferencia es muy pequeña (1.4% para niveles de deformación del 200% de la película) es un hecho importante para decidir usar el material EP-B sobre el EP-C.

**Deformación Permanente**

Evaluaciones hechas en 3M México en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo  
**Condiciones de prueba:** Ancho de 1 pulgada, largo de 5 pulgadas, Velocidad de 5 pulg/min,  
 Tiempo de relajación : 60 segundos.

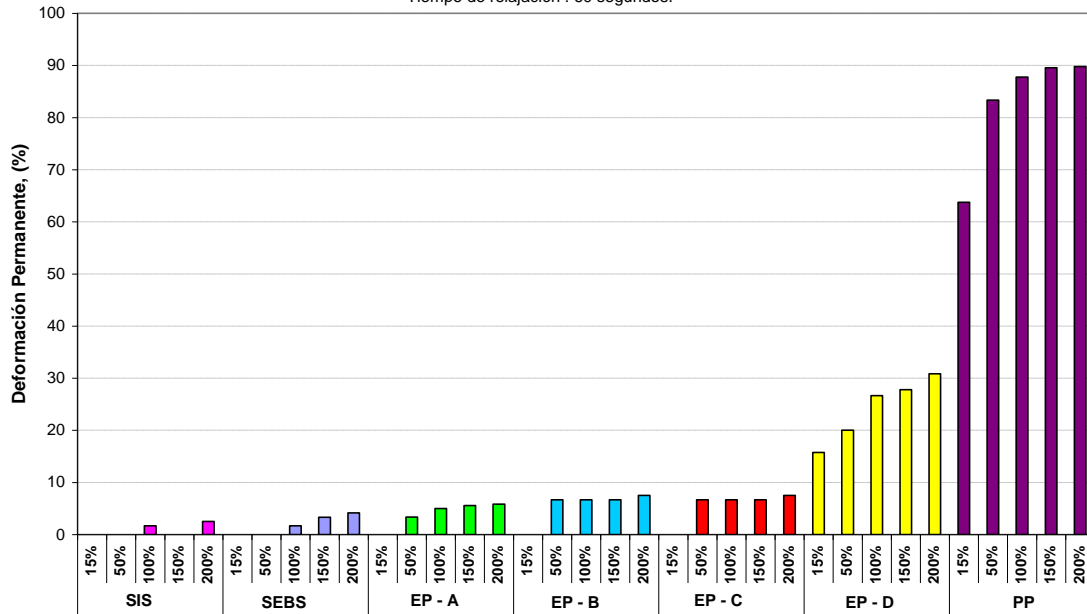


Figura 3.7. Deformación permanente, todas las películas y deformaciones ensayadas.

**Retención de Esfuerzo**

Evaluaciones hechas en 3M México en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo  
**Condiciones de prueba:** Ancho de 1 pulgada, largo de 5 pulgadas, Velocidad de 5 pulg/min,  
 Tiempo de relajación : 60 segundos.

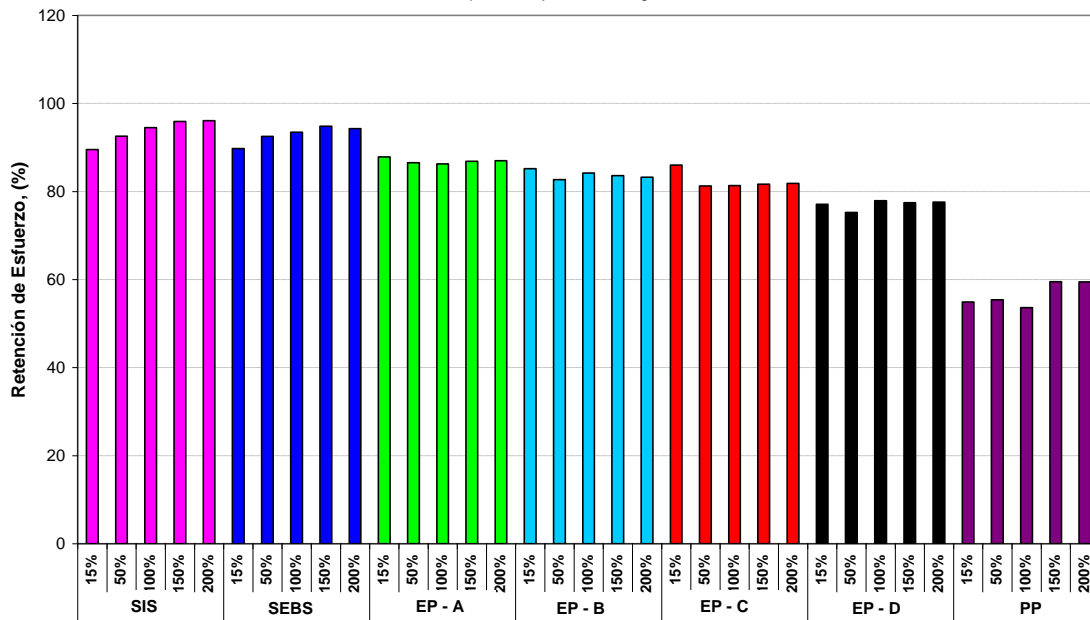
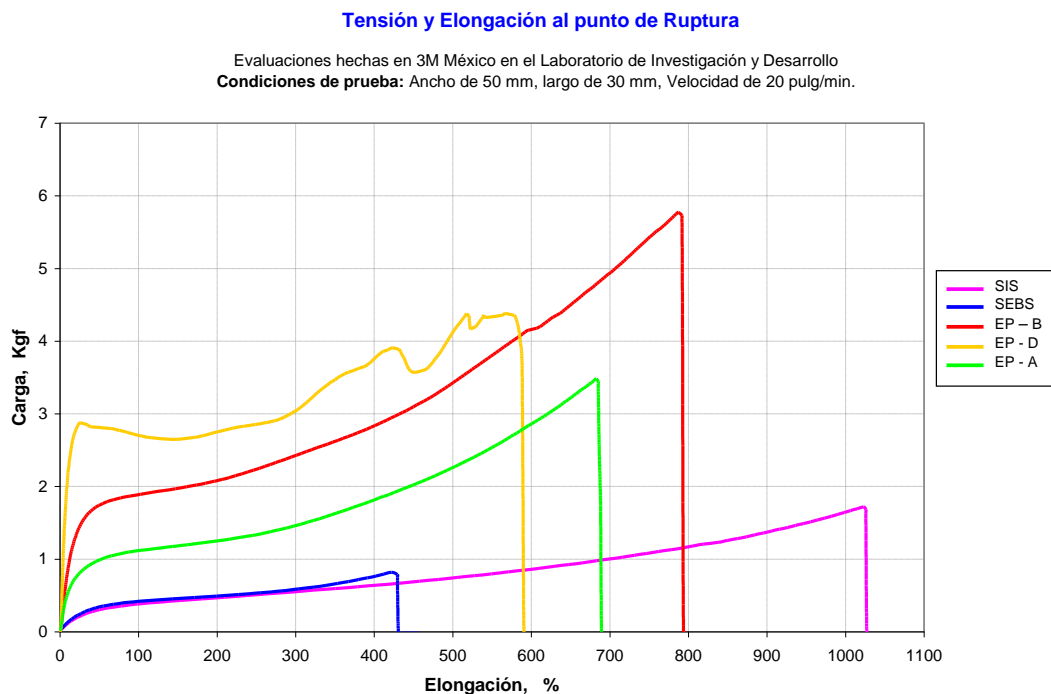


Figura 3.8. Esfuerzo retenido, todas las películas y deformaciones ensayadas.

### 3.1.2. Tensión y elongación en el punto de ruptura (etapa 1).

La Figura 3.9 muestra los resultados obtenidos de esta caracterización para las películas SIS, SEBS, EP-A, EP-B, EP-D.

Los gráficos de la Figura 3.9 muestran que las películas de elastómeros de poliolefinas son materiales que requieren de un mayor esfuerzo para romperse en relación a las películas elaboradas con SIS y SEBS; la elongación que pueden alcanzar es muy buena, mayor del 500% e intermedia entre los resultados que ofrecen los materiales de referencia SIS y SEBS. Sensorialmente esto se traduce en que los elastómeros de poliolefina puedan percibirse menos suaves que los copolímeros de bloque SIS y SEBS, esto puede ser una ventaja ó desventaja dependiendo de la aplicación final. Por ejemplo, si la aplicación exige una resistencia a la tensión máxima de 1.5 kgf (con base en las condiciones de probeta y prueba descritas en Figura 3.9), entonces sin duda el material SIS ofrecería un mejor desempeño en cuanto a percibirse mas suave ó elástico (sin tomar en cuenta otros factores como costo); sin embargo si la aplicación final exige una resistencia de 2 kgf ó más, el material EP-A será la mejor opción.



**Figura 3.9. Tensión y elongación a la ruptura de películas elásticas.**

### **3.1.3. Análisis mecánico dinámico de tipo axial, DMA (etapa 1).**

A través de la técnica de análisis dinámico mecánico de tipo axial, se determinaron las curvas de módulo de almacenaje ( $E'$ ), módulo de pérdida ( $E''$ ) y el cociente de ambos ( $E''/E'$ ) conocido como tan delta “tan  $\delta$ ”, en función de la temperatura.

Las películas y otros materiales caracterizados por esta técnica fueron:

1. SIS
2. SEBS
3. EP-A
4. EP-B
5. EP-C
6. EP-D
7. Muestra de liga convencional
8. Muestra de película de polietileno.
9. Muestra de parafilm.
10. Muestra de policarbonato.
11. Muestra de película de PVC plastificado flexible.

Los materiales 1 a 6 son los que se fabricaron en el equipo de laboratorio, mientras que los materiales 7 a 11 son los que se consiguieron de artículos cotidianos.

El objetivo de realizar esta caracterización fue:

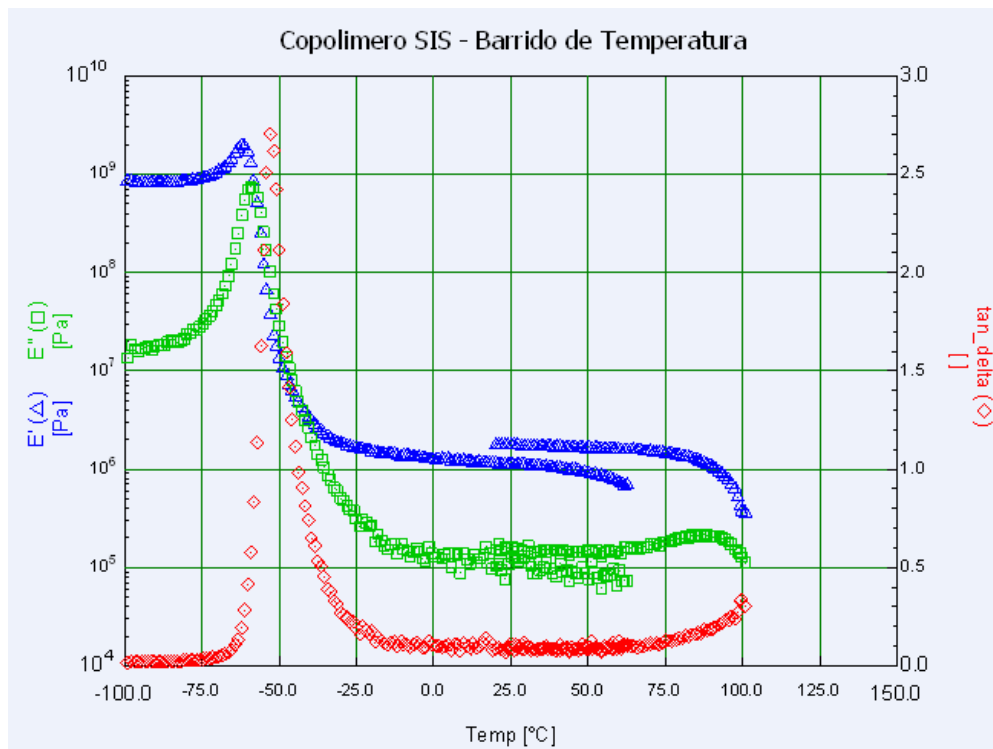
- A. Conocer la reología de los elastómeros termoplásticos de poliolefina desde su temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ), hasta la temperatura de aplicación típica ó de uso de las películas elásticas; para los fines de este estudio se definió  $25^\circ\text{C}$  como la temperatura de uso de las películas.
- B. Comparar su comportamiento ó parámetros reológicos con los elastómeros de bloque SIS y SEBS.

- C. Comparar el comportamiento de los elastómeros de poliolefina con materiales más cotidianos que sensorialmente identificamos como materiales elásticos y materiales plásticos (rígidos).
- D. Y finalmente, lo mas importante, intentar establecer una región para materiales con desempeño elástico en términos de parámetros reológicos como  $\tan \delta$  y módulos.

El rango ó barrido de temperatura estudiado fue de  $-100^{\circ}\text{C}$  hasta  $+50^{\circ}\text{C}$  (en algunos casos hasta  $100^{\circ}\text{C}$ ), este rango fue seleccionado con el fin de poder generar la siguiente información:

1. Parámetros reológicos a  $25^{\circ}\text{C}$  (temperatura de uso de las películas) y,
2. Temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) de los elastómeros termoplásticos estudiados; como referencia, se tiene que el elastómero poliisopreno del copolímero en bloque tipo SIS, presenta una  $T_g$  de aproximadamente  $-50^{\circ}\text{C}$ .

La Figuras 3.10 a 3.20, muestran las caracterizaciones realizadas para todos los materiales listados anteriormente, en ellas se muestran la parámetros  $E'$ ,  $E''$  y  $\tan \delta$ .



**Figura 3.10. DMA axial para película SIS.**

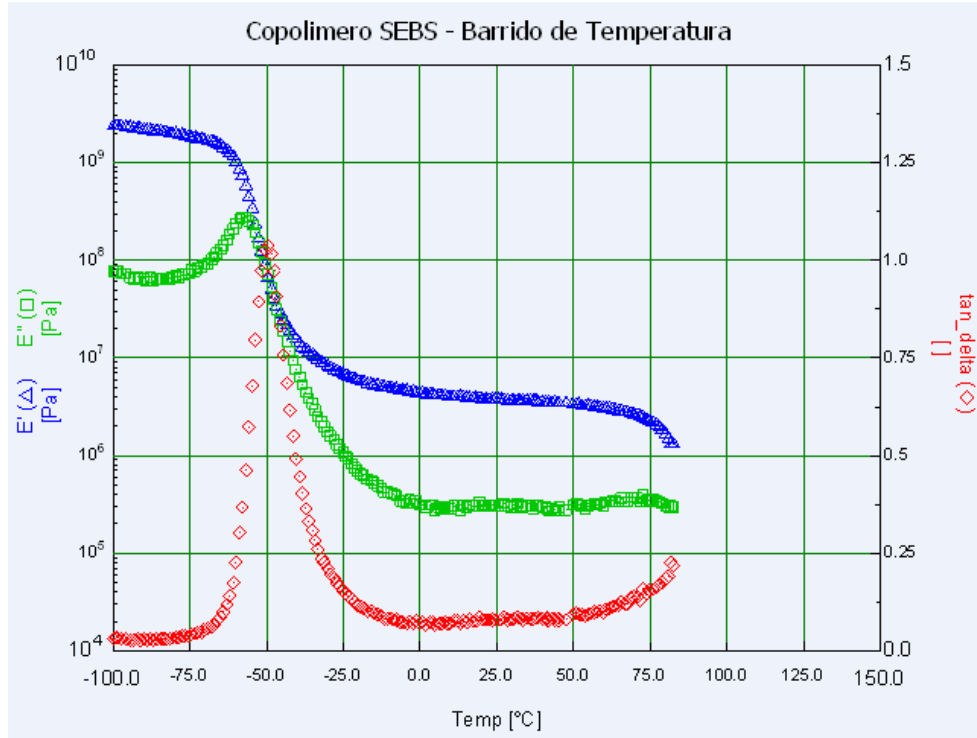


Figura 3.11. DMA axial para película SEBS.

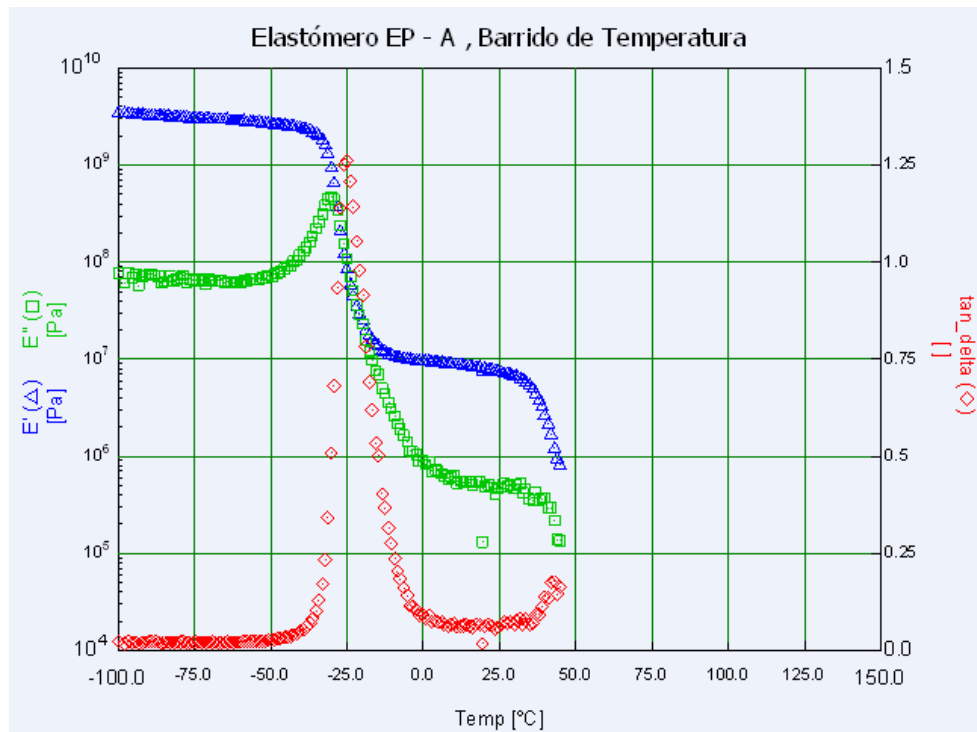


Figura 3.12. DMA axial para película EP-A.



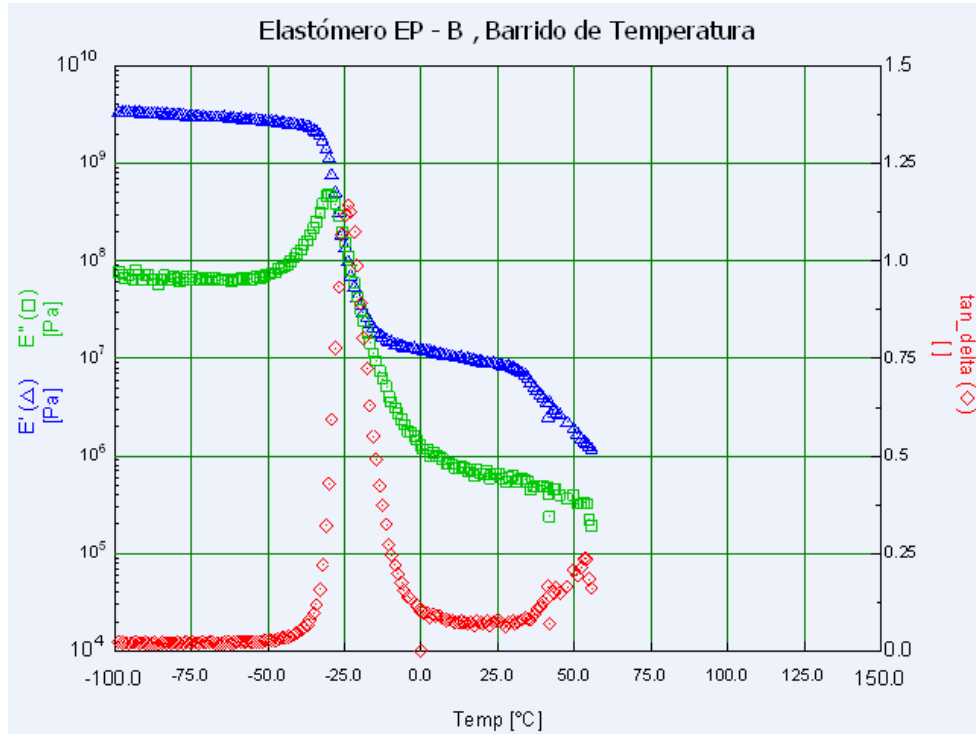


Figura 3.13. DMA axial para película EP-B.

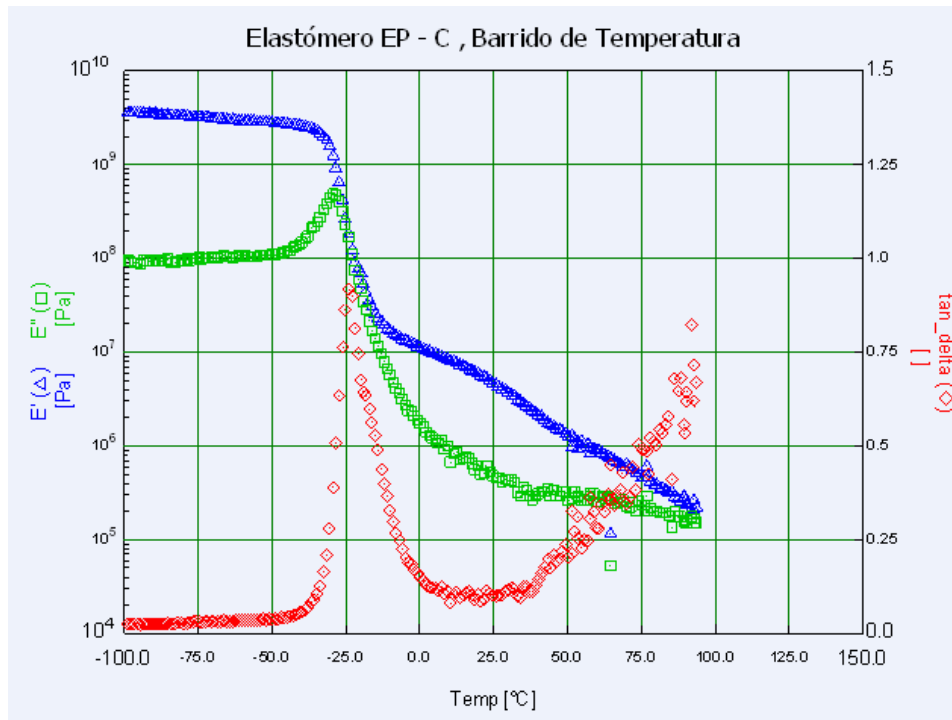


Figura 3.14. DMA axial para película EP-C.

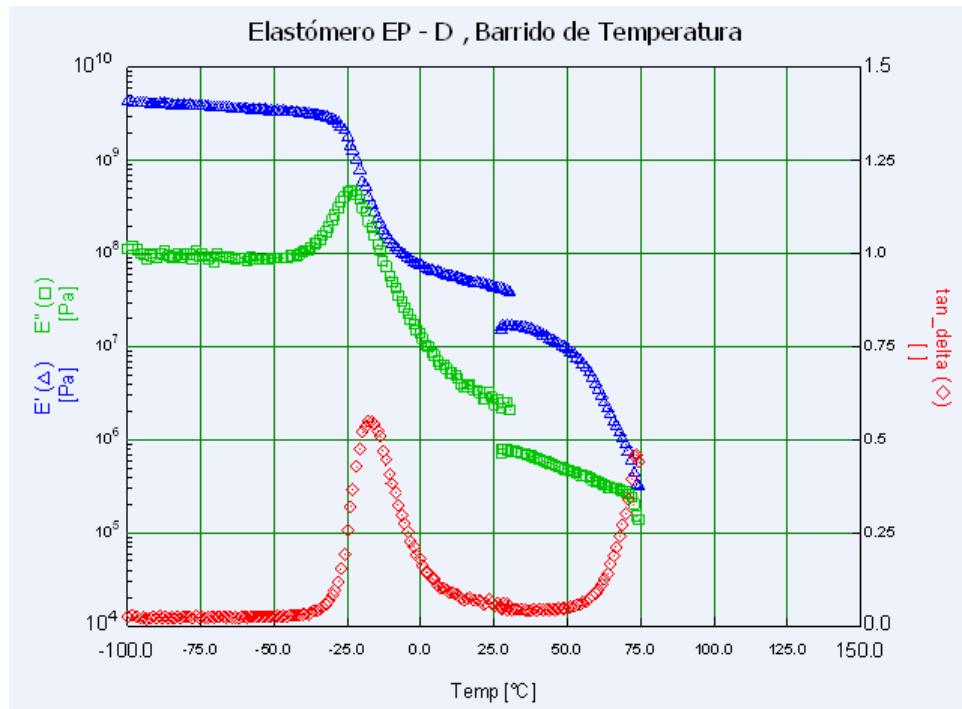


Figura 3.15. DMA axial para película EP-D.

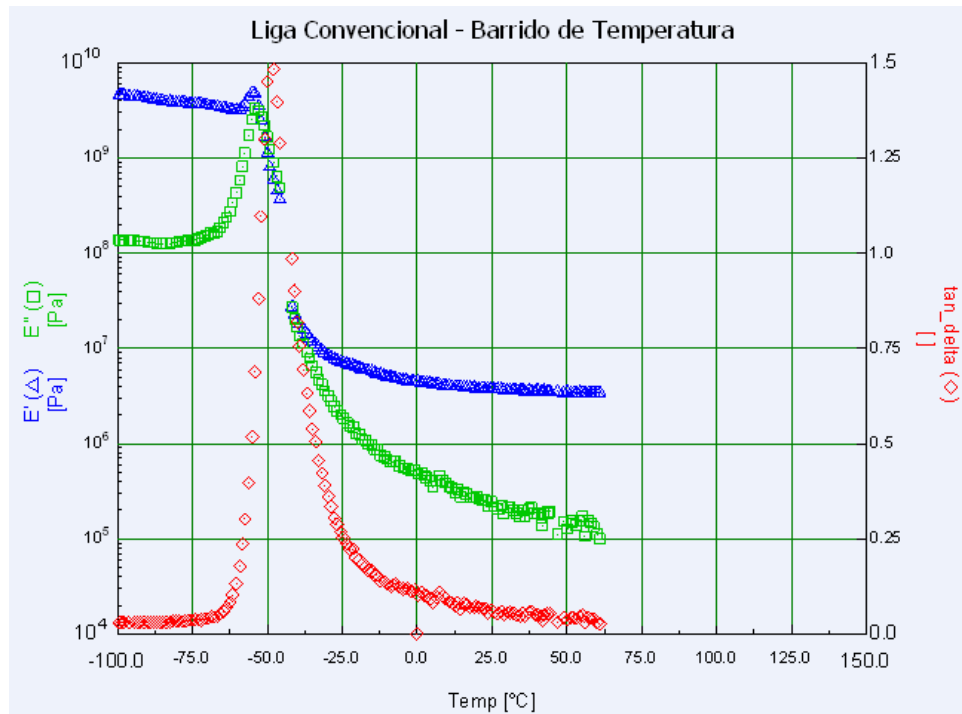


Figura 3.16. DMA axial para liga convencional.

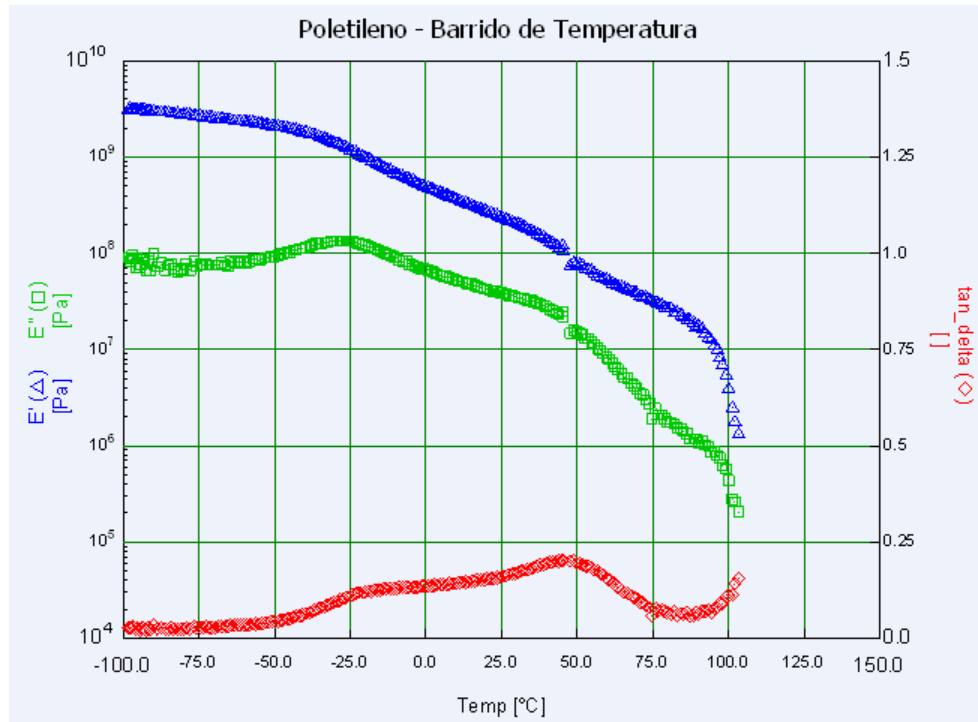


Figura 3.17. DMA axial para polietileno.

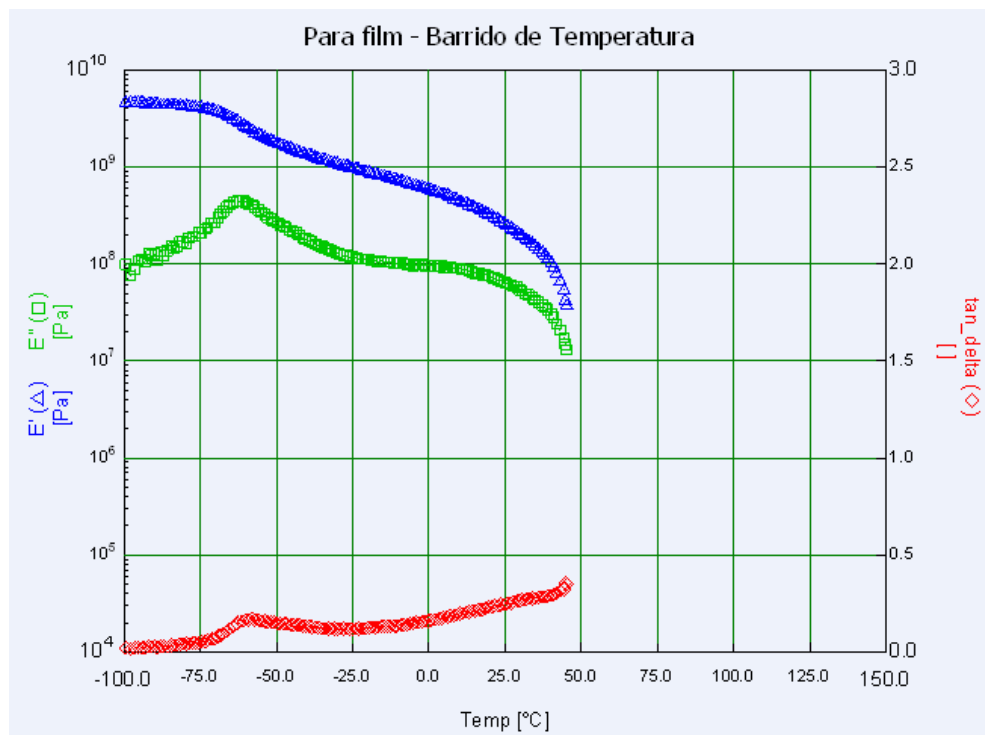


Figura 3.18. DMA axial para “parafilm”.

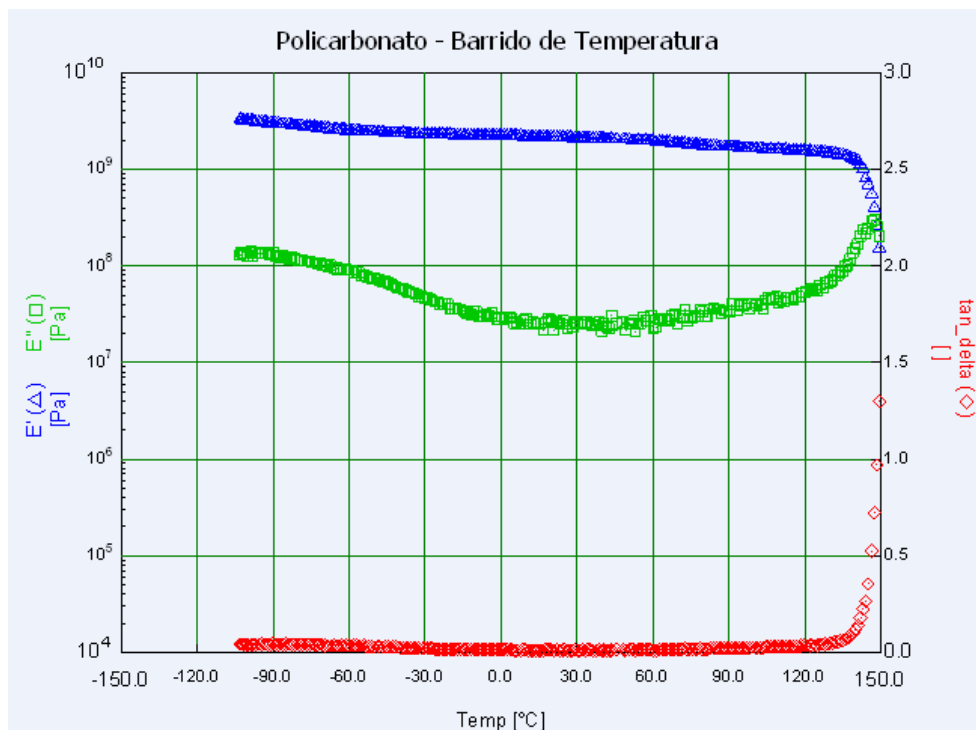


Figura 3.19. DMA axial para Polycarbonato.

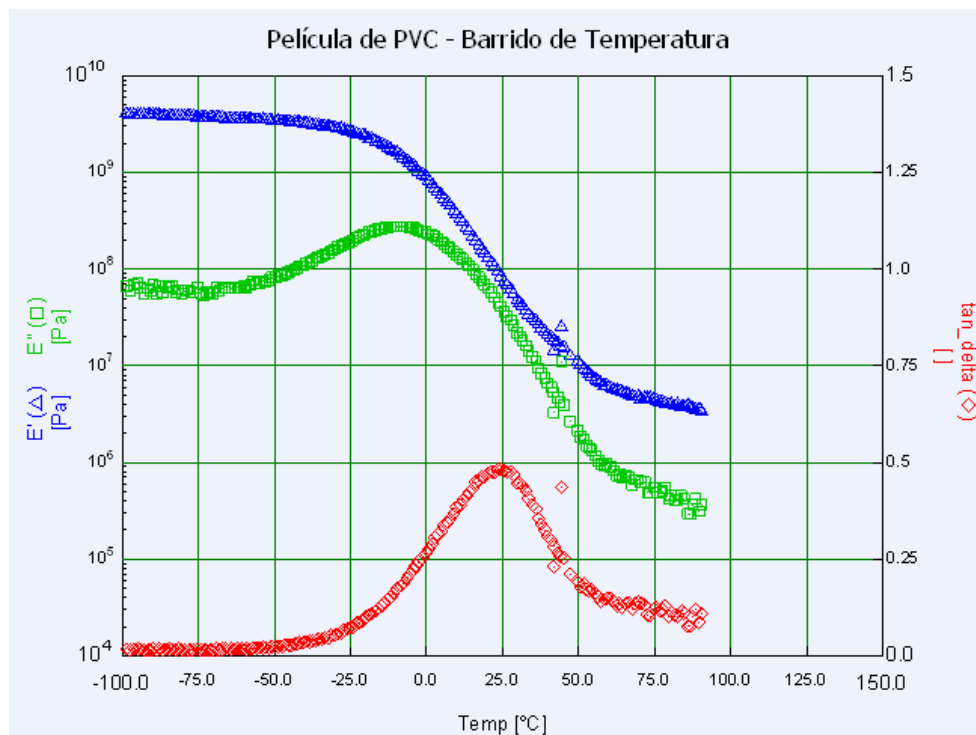


Figura 3.20. DMA axial para película de PVC.

Las Figuras 3.10 y 3.11 muestran el DMA realizado a las películas SIS y SEBS, en ellas se puede apreciar que los módulos de almacenaje ( $E'$ ) y de pérdida ( $E''$ ) presentan una clara transición entre menos  $60^{\circ}\text{C}$  y menos  $30^{\circ}\text{C}$ ; esta transición se refleja con un máximo en la curva de  $\tan \delta$  aproximadamente a menos  $50^{\circ}\text{C}$  para ambos materiales. Esta transición corresponde a la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) del bloque de elastómero en los copolímeros SIS y SEBS. En el caso particular del copolímero SIS, el bloque de elastómero es poliisopreno y la  $T_g$  determinada por este análisis ( $-50^{\circ}\text{C}$ ) corresponde perfectamente al valor reportado en la literatura.

La Figura 3.12 muestra el DMA realizado a la película elaborada con el elastómero de poliolefina EP-A, en ella se observa también una clara transición de los módulos con un máximo en  $\tan(\delta)$  a menos  $25^{\circ}\text{C}$ , esta transición representa la temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) de la sección amorfa con características de elastómero del material EP-A. El módulo de almacenaje ( $E'$ ) leído a  $25^{\circ}\text{C}$  presenta un valor en el orden de  $10^7$ , en comparación al módulo del material SIS a la misma temperatura que es del orden de  $10^6$ ; esta diferencia en magnitud se traduce en que el material EP-A es más fuerte o soporta más esfuerzo que el material SIS, por lo menos a la temperatura ambiente. Esta última observación nos justifica perfectamente los resultados de tensión a la ruptura mostrados en la Figura 3.9, en donde se observa que el material EP-A ofrece una mayor resistencia a la tensión que los materiales SIS y SEBS. De igual forma, el hecho de que los copolímeros SIS muestren módulos y  $T_g$  menores al elastómero de poliolefina EP-A nos confirma los resultados mostrados en las pruebas de desempeño elástico, y finalmente, podemos concluir y justificar que sensorialmente el elastómero de poliolefina EP-A se percibe menos elástico que el copolímero de bloque SIS.

Al analizar las curvas de las Figuras 3.13, 3.14 y 3.15, se generan observaciones como las antes descritas: Los elastómeros de poliolefina presentan módulos y  $T_g$  más alta que los copolímeros de bloque SIS y SEBS. Al comparar entre sí los elastómeros EP-A, EP-B, y EP-D, podemos ver que los módulos y la  $T_g$  se mueven de menor a mayor en ese mismo orden, la Tabla 3.8 nos muestra esta tendencia y en ella misma se pueden comparar los valores correspondientes a los copolímeros SIS y SEBS. En la Tabla 3.8 aparece el logaritmo del

módulo de almacenaje ( $E'$ ) leído a 25°C para facilitar la interpretación numérica y su posterior representación gráfica.

**Tabla 3.8. Logaritmo del módulo de almacenaje ( $E'$ ) y temperatura de transición vítrea ( $T_g$ ) obtenida por DMA en películas de los elastómeros utilizados.**

<b>Película</b>	<b>Tipo de elastómero</b>	<b>log <math>E'</math> @ 25°C</b>	<b><math>T_g</math> (curva tan <math>\delta</math>)</b>
SIS	Copolímero de bloque 100% amorfo	6.08	- 53
SEBS	Copolímero de bloque 100% amorfo	6.58	- 50
EP-A	Poliolefina semicristalina.	6.87	- 25
EP-B	Poliolefina semicristalina.	6.94	-23
EP-D	Poliolefina semicristalina.	7.18	- 18

La  $T_g$  reportada corresponde a la sección amorfa elástica de cada material.

En la Tabla 3.8 se observa claramente como la  $T_g$  y el log  $E'$ , van aumentando del material SIS al EP-D. Este hecho lo podemos correlacionar con los resultados de las pruebas de desempeño elástico y tensión y elongación a la ruptura; en las cuales se determinó que el material SIS era el más elástico, seguido del SEBS, EP-A, EP-B y EP-D (en ese orden). Esto nos permite concluir que a través de un análisis mecánico dinámico axial, podemos inferir por lo menos de forma comparativa el desempeño elástico que tendría un material.

En las Figuras 3.16 a 3.20 aparecen los DMA realizados a los materiales de referencia convencionales como liga, polietileno, PVC flexible plastificado, etc. Como ya se ha comentado, estos materiales se caracterizaron para poder comparar sus parámetros reológicos con los elastómeros en estudio y poder establecer si es posible predecir a través de esta técnica el desempeño elástico de un material.

La Tabla 3.9 muestra los parámetros  $T_g$ , log  $E'$ , y tan( $\delta$ ) obtenidos para todos los materiales caracterizados. Se puede observar como los parámetros obtenidos para la “liga convencional”

son muy similares a los valores obtenidos para los SEBS y SIS; los valores de los elastómeros de poliolefina EP-A y EP-B son similares y cercanos a los copolímeros de bloque y a la “liga convencional”. Otra comparación importante de la Tabla 3.9 es que los elastómeros de poliolefina presentan parámetros muy diferentes a las poliolefinas plásticas convencionales como la muestra de “polietileno” y el parafilm”.

**Tabla 3.9. Tg, tan( $\delta$ ) y log E' obtenidos para los elastómeros en estudio y materiales convencionales de referencia.**

<b>Material</b>	<b>Tg, °C</b>	<b>Tan <math>\delta</math></b>	<b>log E' @ 25°C</b>
SIS	- 53	0.09	6.08
SEBS	- 50	0.08	6.58
EP-A	- 25	0.06	6.87
EP-B	- 23	0.07	6.94
EP-D	- 18	0.05	7.18
Liga	- 50	0.06	6.58
Polietileno	No aplica	0.16	8.38
Parafilm	No aplica	0.25	8.40
Policarbonato	No aplica	0.01	9.34
PVC plastificado	+ 25	0.48	7.88

La Tg reportada corresponde a la sección amorfa elástica de cada material.

Con los valores reportados en la Tabla 3.9, se generaron los gráficos de las Figuras 3.21 y 3.22 con el fin de determinar:

1. Una tendencia ó relación entre los parámetros reológicos de los elastómeros estudiados y su desempeño elástico (Figura 3.21).
2. Una región bien identificada para los elastómeros estudiados respecto de los materiales plásticos convencionales también analizados (Figura 3.22).

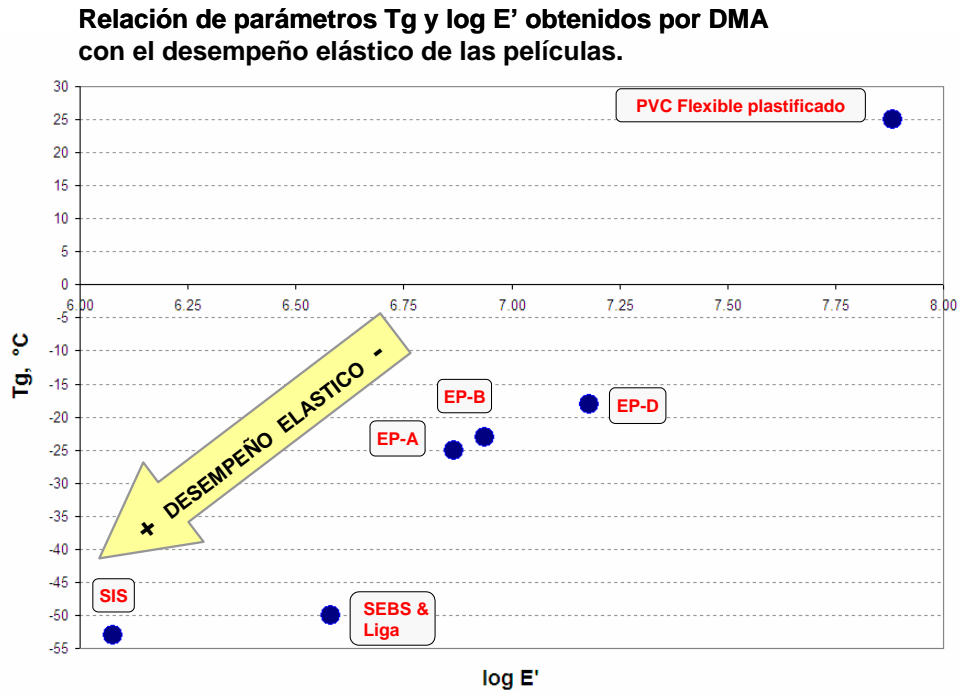


Figura 3.21. Relación de Tg y log E' obtenidos por DMA con el desempeño elástico.

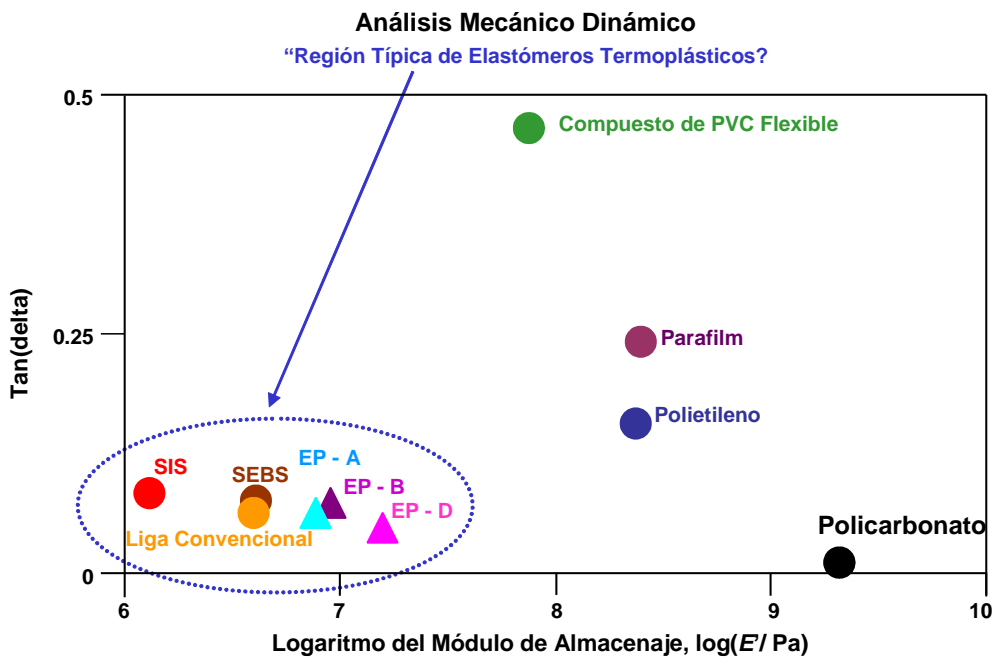


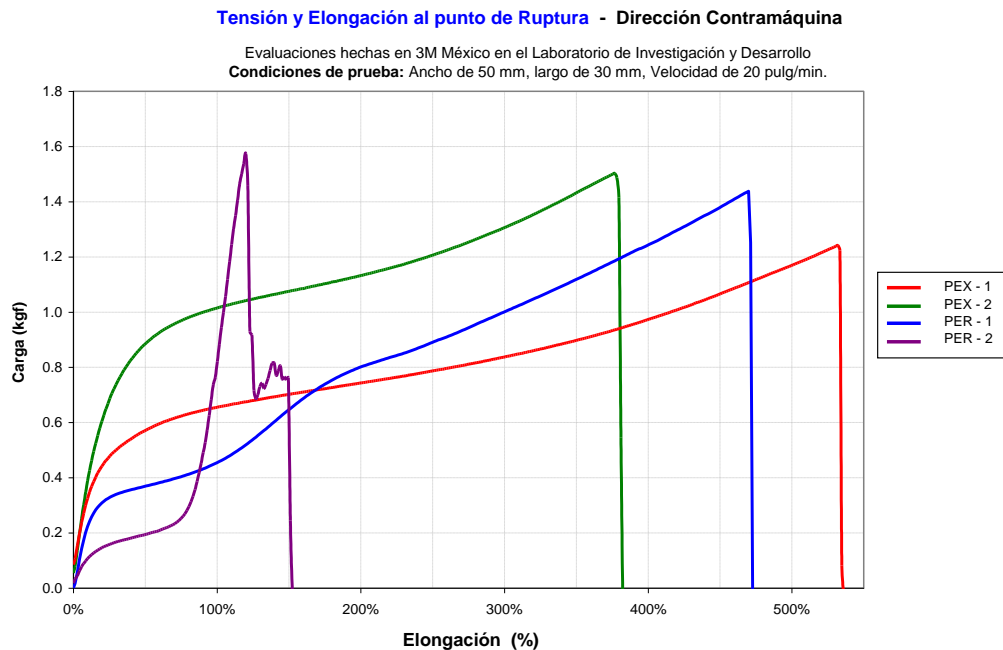
Figura 3.22. Región de elastómeros termoplásticos determinada por DMA axial.



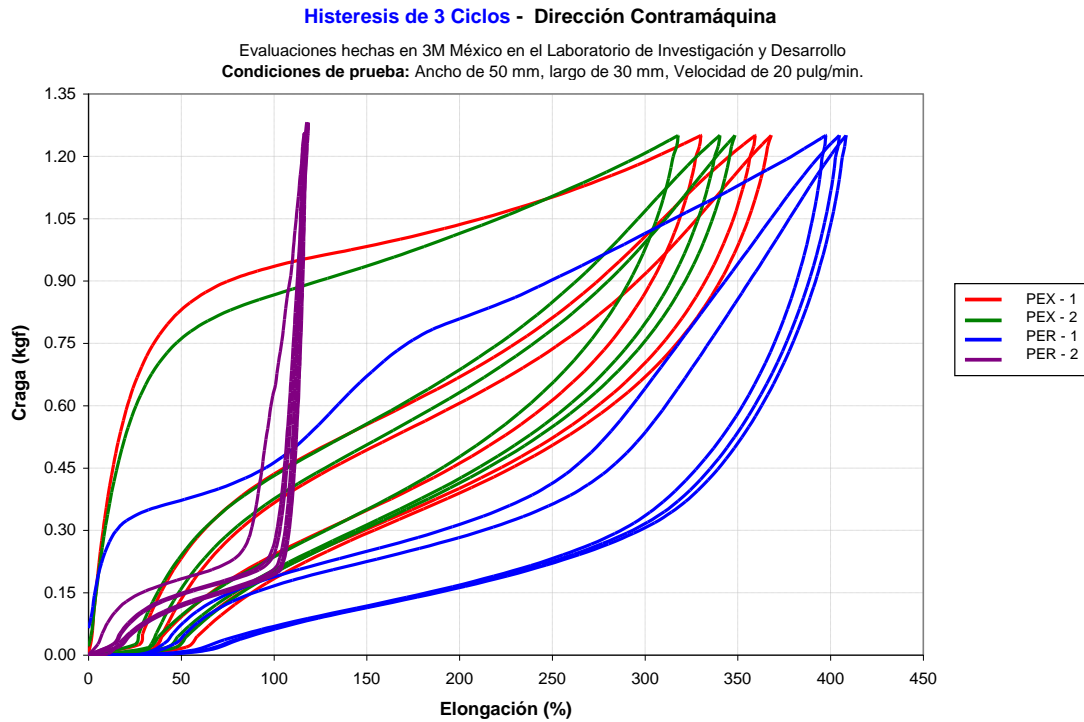
### 3.1.4. Comparación de películas elásticas comerciales y prototipos experimentales.

Se consiguieron muestras de 2 películas elásticas que actualmente se importan y comercializan en México, a estos 2 materiales se les realizaron ensayos de tensión y elongación en el punto de ruptura y la prueba de histéresis de 3 ciclos; estos materiales fueron identificados como PER-1 y PER-2, de acuerdo a información de mercado estos materiales son elaborados con copolímeros de bloque del tipo SIS y SEBS respectivamente.

Con base en los resultados mostrados en las secciones anteriores, se seleccionaron los elastómeros EP-A y EP-B para elaborar 2 nuevas películas elásticas con aditivos para dar color y ayudas de proceso. Las películas fueron identificadas como PEX-1 y PEX-2, ambas fueron caracterizadas y comparadas en las mismas técnicas que los materiales de referencia PER-1 y PER-2. Las Figuras 3.23 y 3.24 muestran los resultados de estas caracterizaciones.



**Figura 3.23. Tensión y elongación a la ruptura de películas elásticas de referencia y prototipos experimentales.**

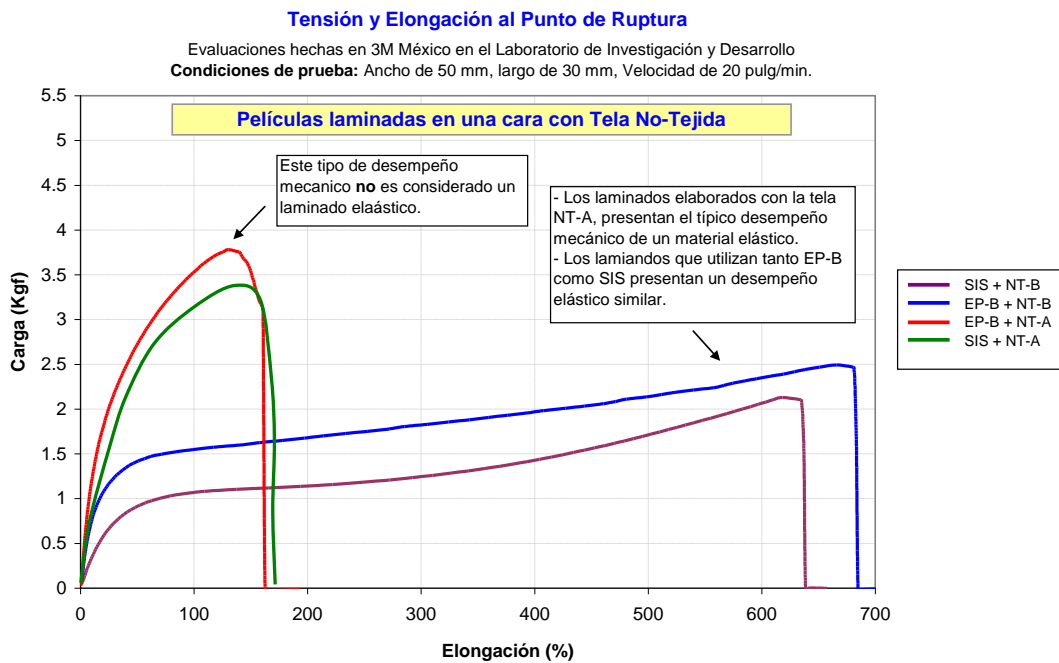


Los resultados de estas pruebas muestran que los prototipos experimentales fabricados con elastómeros de poliolefina ofrecen desempeño similar a la película de referencia PER-1; e inclusive, dependiendo de la aplicación final, pueden dar algunos beneficios como mayor resistencia a la tensión ó elongación. Al final de estas caracterizaciones se determinó que el material de referencia PER-2 es fabricado bajo un método distinto al PER-1 y a los prototipos experimentales, sin embargo se decidió dejar en esta comparación ya que es un producto que se vende actualmente en México y sus propiedades elásticas han sido aceptadas por determinados usuarios.

### 3.2. LAMINADOS ELÁSTICOS.

#### 3.2.1. Laminados con una sola cara de tela no-tejida.

Se fabricaron laminados elásticos con una sola cara de tela no-tejida con el fin de comparar el desempeño de los elastómeros de poliolefina respecto a los copolímeros tipo SIS. Para esta parte del estudio solo se utilizó la poliolefina EP-B por ser la mejor en la relación costo-desempeño. Estos dos elastómeros, EP-B y SIS, se combinaron con 2 tipos de tela no-tejida identificadas como NT-A y NT-B; la primera es un material convencional mientras que la segunda es un material desarrollado por 3M Mexico especialmente para ser usado en laminaciones elásticas. Los 4 laminados fabricados fueron caracterizados en Tensión y Elongación en el punto de ruptura, los resultados se muestran en la Figura 3.25.



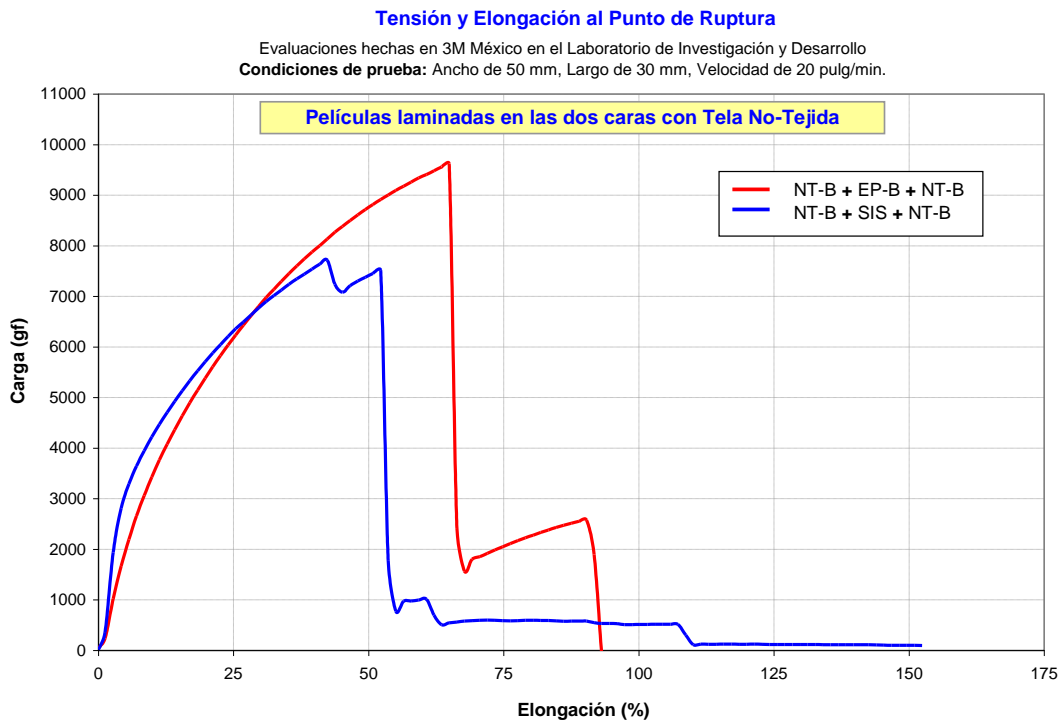
**Figura 3.25. Tensión y elongación de películas elásticas laminadas con tela no-tejida en una sola cara.**

Los laminados realizados con el material EP-B muestran un desempeño similar a los realizados con el elastómero SIS, como en el caso de las películas sin laminación, se observa que el material EP-B ofrece una mayor resistencia a la tensión que el SIS.

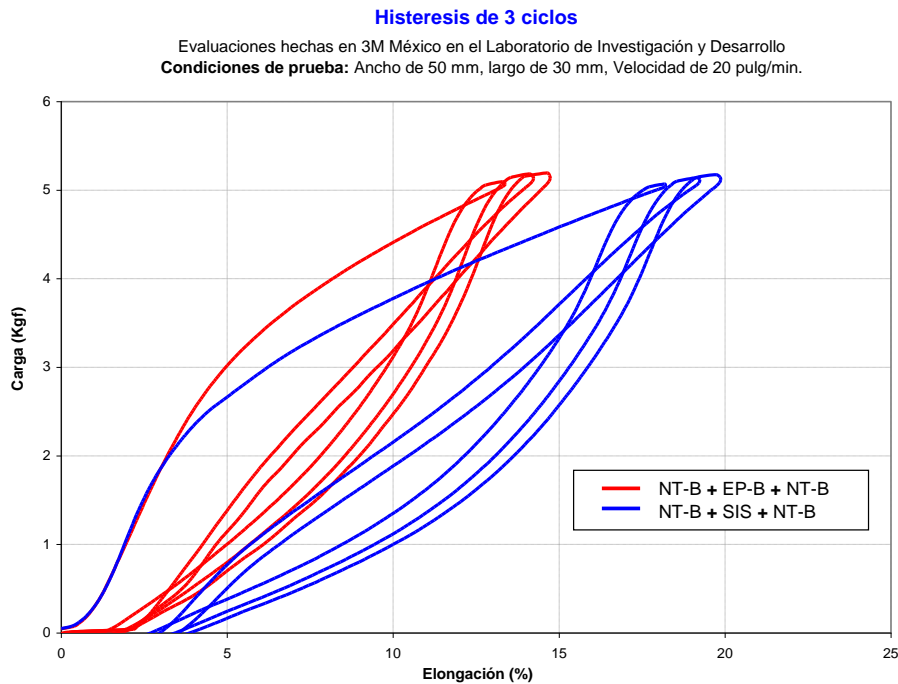
Ambas películas, EP-B y SIS al ser laminadas con la tela no-tejida convencional NT-A desarrollan una resistencia a la tensión muy alta para ser consideradas todavía laminados elásticos. Por el contrario, las laminaciones con el material especial NT-B muestran valores de resistencia a la tensión adecuados. Para las 2 últimas secciones del trabajo se utilizó solo la tela NT-B.

### 3.2.2. Laminados con 2 caras de tela no-tejida.

Se elaboraron 2 laminados utilizando los elastómeros EP-B y SIS, a los 2 se les laminó en ambas caras la tela NT-B. Los materiales obtenidos fueron caracterizados de forma comparativa en tensión, elongación e histéresis de 3 ciclos. Las Figuras 3.26 y 3.27 muestran los resultados obtenidos.



**Figura 3.26. Tensión y elongación de películas elásticas laminadas con tela no-tejida en las dos caras.**



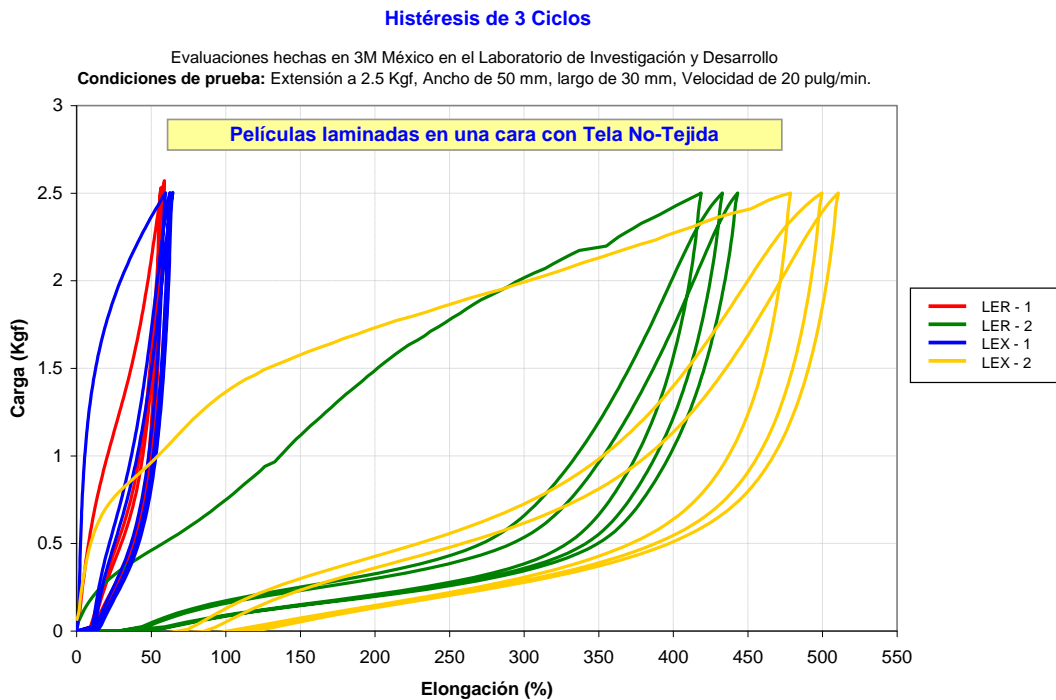
**Figura 3.27. Histéresis de 3 ciclos para películas elásticas laminadas con tela no-tejida en las dos caras.**

Los resultados son consistentes con lo observado para películas solas y laminados con una cara de tela no-tejida; el copolímero SIS ofrece mejores propiedades elásticas sin embargo el desempeño de la poliolefina elástica EP-B sigue siendo adecuado, e inclusive para bajos valores de esfuerzo ofrece valores muy similares que el SIS.

### 3.2.3. Comparación de laminados comerciales y prototipos experimentales.

Se consiguieron muestras de 2 laminados elásticos que actualmente se importan y comercializan en México, a estos 2 materiales se les realizó el ensayo de histéresis de 3 ciclos; estos materiales fueron identificados como LER-1 y LER-2.

Utilizando el elastómero de poliolefina EP-B y variando algunas condiciones de proceso en el método de laminación, se elaboraron 2 nuevos laminados aplicando la tela NT-B en las 2 caras de la película elástica. Los laminados fueron identificadas como LEX-1 y LEX-2, ambos fueron caracterizados y comparados en la misma técnica que los materiales de referencia LER-1 y LER-2. La Figura 3.28 muestra los resultados obtenidos.



**Figura 3.28. Prueba de histéresis de 3 ciclos para laminados elásticos de referencia y prototipos experimentales.**

Los resultados muestran que los prototipos experimentales fabricados con el elastómero de poliolefina EP-B ofrecen desempeños similares a los laminados de referencia.