

PROPIEDADES MECÁNICAS DE MEZCLAS DE POLIPROPILENO Y POLIESTIRENO

Guillermo Mabe Sola*, Maria Ester Mandolesi*

*Programa Institucional de Investigación y Desarrollo

Proyecto de reciclados de residuos para las obras civiles desde la química, los materiales y el medio ambiente

*FR Bahía Blanca – UTN - 11 de Abril 461 Of. 702 – (8000) Bahía Blanca -email:
gmabesola@plapiqui.edu.ar; memandol@criba.edu.ar; dic@frbb.utn.edu.ar*

Palabras clave: polipropileno, poliestireno, mezclas, propiedades mecánicas.

Resumen: Se estudiaron las propiedades mecánicas de aleaciones de dos plásticos que forman parte de los residuos sólidos domiciliarios, polipropileno (PP) y poliestireno (PS), con el fin de analizar su posible aplicación como encofrados en la construcción. Se prepararon mezclas de PP y PS en un rango de concentración de 5 - 95% en peso de PP, usando un mezclador Batch Brabender Plastograph W50 a 60 rpm y a 195°C durante 12 minutos en atmósfera no inertizada. Se estudiaron en 80 probetas (10 unidades experimentales y 8 réplicas) los siguientes parámetros mecánicos: módulo elástico, tensión de fluencia, deformación total y tenacidad. Se realizó el análisis estadístico de las propiedades mecánicas módulo elástico y máxima deformación recuperable que son las variables que permiten evaluar un material de construcción. El método estadístico aplicado fue un ANOVA Simple con efectos fijos y Diferencias Mínimas Significativas (DMS). Bajo las condiciones que se realizó el estudio es factible utilizar el PS como material de carga del PP, hasta una concentración inferior al 15%, en la construcción de piezas premoldeadas.

INTRODUCCIÓN

El creciente uso de plásticos genera grandes cantidades de residuos. Alrededor de un 30% en volumen de los residuos en Argentina está compuesto por plásticos [1], de escasa o nula biodegradabilidad, siendo el factor principal en la disminución de la vida útil de los sitios de disposición final. De lo expuesto, surge el reciclado como una alternativa conveniente desde el punto de vista ecológico y económico, si se consideran los costos de ampliación de los rellenos sanitarios y las tareas de mantenimiento de los mismos.

La construcción es uno de los rubros industriales que mayor cantidad de materia prima demanda, necesitando materiales de características adecuadas y de bajo costo. La materialización de este trabajo está orientada a vincular una de las industrias motoras de esta sociedad moderna, con la problemática residual de los plásticos.

El PP presenta una amplia gama de propiedades que lo hacen interesante para los usos que se requieren en la construcción, debido principalmente a su buena resistencia química a la humedad y al calor, baja densidad, buena dureza superficial y tenacidad, no siendo así el homopolímero PS, que es un material plástico rígido pero tiende a ser frágil (a no ser que se modifique esta propiedad), y debido a su

transparencia, adquiere un color amarillento ante la exposición a los rayos ultravioleta.

Las mezclas o aleaciones de polímeros están formadas por homopolímeros estructuralmente diferentes, estas aleaciones de polímeros termoplásticos están cobrando importancia ya que es posible fabricarlas con propiedades específicas.

Cuando el PP y el PS se ponen en contacto en cualquier dispositivo utilizado para el procesamiento mecánico, experimentan un proceso de mezclado en estado fundido, que compite con un proceso de separación cuyo mecanismo es la coalescencia de los dominios entre las fases inmiscibles [2]. Por lo tanto el estudio de las variables de procesamiento es también otro tema de gran importancia.

En este trabajo se estudiaron las propiedades mecánicas de mezclas o aleaciones que son de importancia en ingeniería para diseño estructural, bajo condiciones de procesamiento fijas, inspiradas en distintos trabajos [3],[4] y en las propiedades de los homopolímeros que componen la mezcla.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los homopolímeros que se utilizaron fueron: PS Lustrex HH-103 de UNISTAR SA, $M_w = 25\ 800$ ($DP = 2.1$) y PP de Petroquímica Cuyo SA, $M_w = 303\ 000$ ($DP = 4.4$).a

Se realizaron mezclas de PP y PS, en un rango de concentraciones de 5 - 95% de PP en peso, con incrementos de 5%, en un mezclador Batch Brabender Plastograph W50 a 60 rpm y 195°C durante 12 minutos, en condiciones atmosféricas no inertizadas. De cada composición, se obtuvieron distintas réplicas; de cada réplica se realizó una sola probeta. A cada probeta (tipo IV) se la estudió mecánicamente, con la máquina de Ensayos Universales Instron 1122 a 5 mm/min, siguiendo los lineamientos de la norma ASTM D638. De los ensayos de tracción, se obtuvieron las curvas de tensión – deformación, a partir de las cuales se determinaron los parámetros mecánicos que caracterizan los materiales.

Se obtuvo una muestra de cada composición para ser micrografiada. A cada muestra se la fracturó a temperatura criogénica, se la sometió a la extracción solventizada del PS con tetra hidro furano (THF), y se recubrió la superficie de fractura con oro. Se realizó la micrografía electrónica de barrido (magnificaciones de 1000, 2000 y 4000x) a su área de fractura con un microscopio JEOL JSM-35 CF con un detector electrónico secundario.

Diseño experimental

Debido a que el PP es el componente más estable en las mezclas investigadas, se estudiaron con mayor profundidad los casos en que el porcentaje de PP predominaba en peso con respecto al PS. Se analizaron 80 probetas (10 unidades experimentales y 8 réplicas por unidad experimental), siguiendo un diseño completamente aleatorizado. El método estadístico correspondiente para efectuar el análisis, fue un ANOVA simple con efectos fijos. Como patrón se adoptó el PP homopolímero y para evaluar el grado de alejamiento de las propiedades mecánicas de las mezclas se utilizó el método de las Diferencias Mínimas Significativas (DMS).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización mecánica

La Figura muestra los resultados de las propiedades obtenidas de los ensayos de tracción, máxima deformación recuperable, tenacidad y módulo elástico.

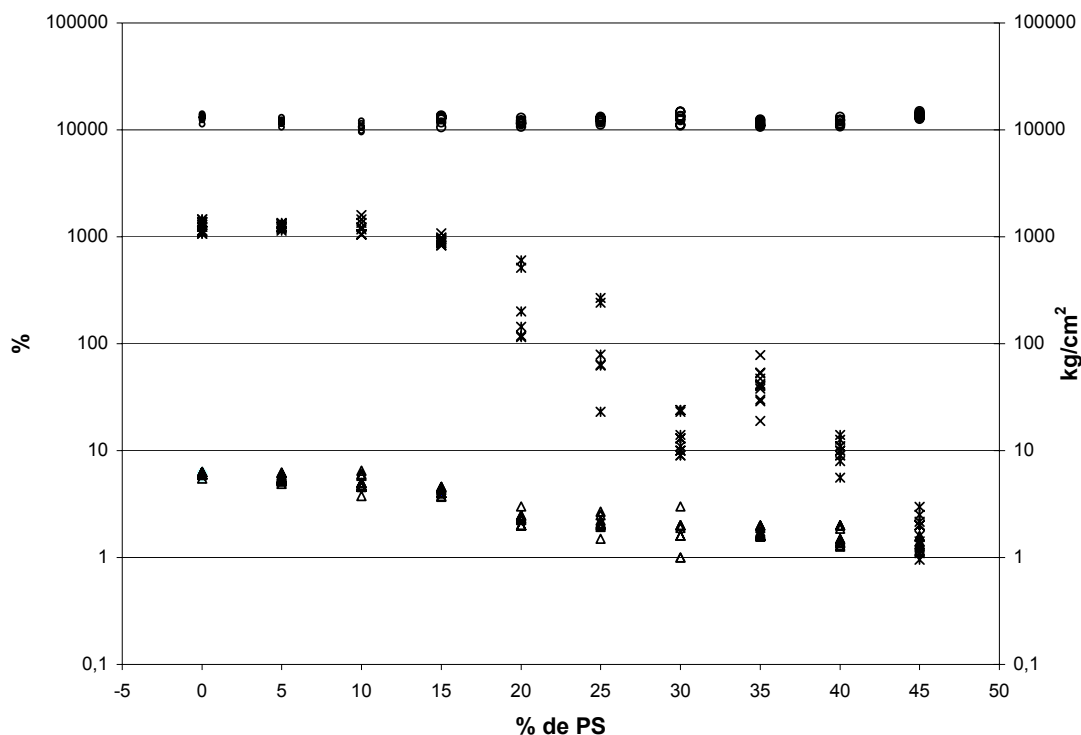


Fig 1. Δ Máxima Deformación Recuperable (%); X Tenacidad [kg/cm^2]; ● Módulo Elástico [kg/cm^2]

Debido a la escala logarítmica impuesta, puede observarse la influencia del agregado de PS en las distintas propiedades mecánicas.

Caracterización morfológica

Se detallan en la Figura 2 todas las micrografías realizadas de la superficie de fractura de las diferentes composiciones, para las magnificaciones 1000, 2000 y 4000x, encontrándose en la literatura morfología parecida [5]. En las distintas imágenes se pueden observar los dominios de fase dispersa (PS) como espacios vacíos, lo cual es un indicio de la pobre adición entre la fase dispersa y la fase continua (PP). También se puede divisar cómo los tamaños de los dominios se ven aumentados gradualmente con el agregado de PS.

Análisis estadístico

Análisis de varianza del módulo elástico

Tabla de medias y varianzas

Tratamientos (% de PS)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Medias	12993	11839	10685	12649	11765	12367	12975	11505	11849	13743
Varianzas	78084	60407	71415	10654	52777	42855	21068	43621	694038	59530
n	3	4	5	97	2	1	70	0	694038	9
	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8

Tabla de ANOVA

Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	p
Entre Composiciones	56372321	9	6263591	8	0,00000
Dentro de las Composiciones	55673225	70	795332		
Total	112045545	79			

Análisis de varianza de la máxima deformación recuperable

Tabla de medias y varianzas

Tratamientos (% de PS)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Medias	0,06	0,06	0,05	0,04	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01
Varianzas	7,41	1,54	4,98	1,06	6,90	4,23	4,11	3,41	8,71	2,75
	E-6	E-5	E-5	E-5	E-5	E-5	E-5	E-6	E-6	E-6
n	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8

Tabla de ANOVA

Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	p
Entre Composiciones	0,026	9	0,003	114,8	0,00000
Dentro de las Composiciones	0,002	70	2,51E-05		
Total	0,028	79			

DMS en la máxima deformación elástica entre el homopolímero PP y sus compuestos

Diferencia entre las medias	Porcentaje de PS									
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
PP	0,000	0,004	0,007	0,018	0,039	0,041	0,043	0,043	0,044	0,047
p	0,500	0,070	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Significación	ns	ns	**	**	**	**	**	**	**	**

** . Altamente significativo ($p < 0.01$); ns: no significativo ($p > 0.05$).

Análisis de varianza de la tenacidad

Tabla de medias y varianzas

Tratamientos	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
Medias	1258	1252	1246	926	194	105	14	43	11	2
Varianzas	19310	5346	41005	6858	35792	8871	39	342	4	0
n	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8

Tabla de ANOVA.

Fuentes de Variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados Medios	F	p
Entre Composiciones	24485344	9	2720594	231	0,0000
Dentro de las Composiciones	822955	70	11757		
Total	25308299	79			

DMS en la tenacidad entre el homopolímero PP y sus compuestos.

Diferencia entre las medias	Porcentaje de PS									
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
PP	1258	1252	1246	926	219	151	14	43	11	2
p	0,500	0,457	0,414	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Significación	ns	ns	ns	**	**	**	**	**	**	**

** . Altamente significativo ($p < 0.01$); ns: no significativo ($p > 0.05$).

CONCLUSIONES

Basándonos en el análisis de ANOVA, las diferencias encontradas fueron significativas en las tres propiedades mecánicas analizadas en las que el PP predomina en peso. Esta diferencia más acentuada en la máxima deformación recuperable y tenacidad ($p < 1E-5$). En el módulo elástico, las diferencias encontradas no son significativas desde el punto de vista práctico.

Entre el PP y el material compuesto no se encontraron Diferencias Mínimas Significativas en la máxima deformación recuperable y tenacidad cuando el PS es inferior al 10% y 15% respectivamente.

En consecuencia, la respuesta mecánica de las mezclas que contienen PS en una relación menor al 10%, no presentan diferencias significativas con la muestra patrón, lo cual sugiere la posibilidad del empleo de las mismas en las piezas premoldeadas en la industria de la construcción.

Un aumento de la proporción del PS en la aleación conlleva a una pérdida de la tenacidad y por ende de la energía plástica que el compuesto puede absorber.

Debido a estos estudios, las mezclas de PP matriz y PS disperso podrían, tener una futura aplicación para moldear piezas prototipo, como encofrados, que pueden ser utilizadas en la construcción, siempre y cuando se utilice el material en composiciones de carga acordes a la demanda mecánica esperada. Por lo tanto, si se busca dar una aplicación al compuesto PP/PS es este un camino interesante a

seguir investigando pero con materiales residuales y matrices de moldeo usadas para formar piezas para la industria de la construcción.

Debido a que los encofrados sufren de deterioro superficial cuando se trabaja con el hormigón, sería de gran utilidad analizar la dureza de estos compuestos.

REFERENCIAS

- [1] Composición de residuos sólidos urbanos. Asociación Argentina de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (1998).
- [2] Utracki, L.A. Commercial polymer blends. London. Chapman&Hall. (1998).
- [3] Halimatudahliana, H.; Ismail, M. N. The effect of various compatibilizers in mechanical properties of polystyrene/polypropylene blend. Polymer Testing. (2002).
- [4] Melo, T.J.A.; Brito, K.G.Q.; Carvalho, L.H. Effects of mixing conditions, composition and compatibilizing agent on mechanical properties of PP/HIPS blend. VII International Macromolecular Colloquium, Gramado-RS, (1996).
- [5] Joshi, J.; Lehman, R.L.; Nosker, T.J. Mechanical grafting and morphology characterization in immiscible polymer blends. Proceedings of the Materials Research Society, (2004).

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen las facilidades brindadas por personal perteneciente al PLAPIQUI, que facilitó el uso de parte del instrumental utilizado en éste trabajo.

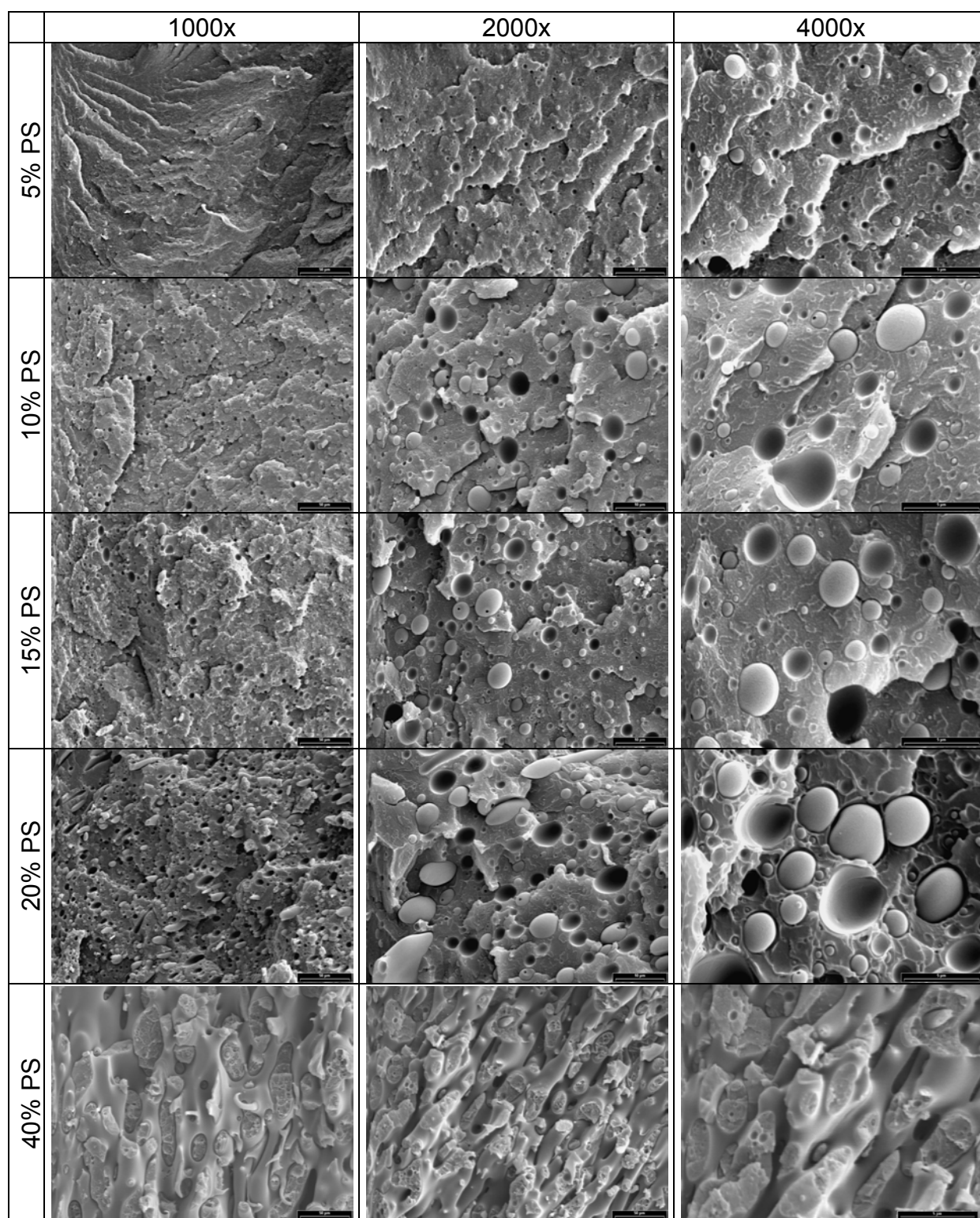


Fig. 2. Imágenes del Área de Fractura expuesta a una extracción solventizada del PS con THF