

# COMPORTAMIENTO MECANICO DE COMPUESTOS BASADOS EN POLIPROPILENO REFORZADO CON PARTICULAS DE CUARZO

E. Pérez<sup>1</sup>, N. Rosic, C. J. Pérez<sup>3</sup>, C. Bernal<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Materiales Avanzados - INTECIN (UBA-CONICET) - Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup> Centro de Plásticos, Instituto Nacional de Tecnología Industrial, San Martín, Buenos Aires, Argentina.

<sup>3</sup> División Polímeros – INTEMA – Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata, Argentina.

e-mail: cbernal@fi.uba.ar

## 1. INTRODUCCION

El polipropileno (PP) es un polímero ampliamente utilizado en la industria debido a una buena combinación de propiedades mecánicas y térmicas, entre otras. Sin embargo, presenta la desventaja de ser relativamente frágil ante la presencia de fisuras o elevadas tasas de deformación a temperatura ambiente [1-2]. Por otro lado, la incorporación de partículas rígidas en polímeros puede conducir a una mejora de la tenacidad. Dicho efecto se encuentra relacionado con el tamaño de la partícula y las propiedades de la matriz, entre otros parámetros [3-4]. En el presente trabajo se analiza el comportamiento mecánico de materiales compuestos basados en polipropileno reforzado con partículas de cuarzo de diferentes tamaños y concentraciones.

## 2. EXPERIMENTAL

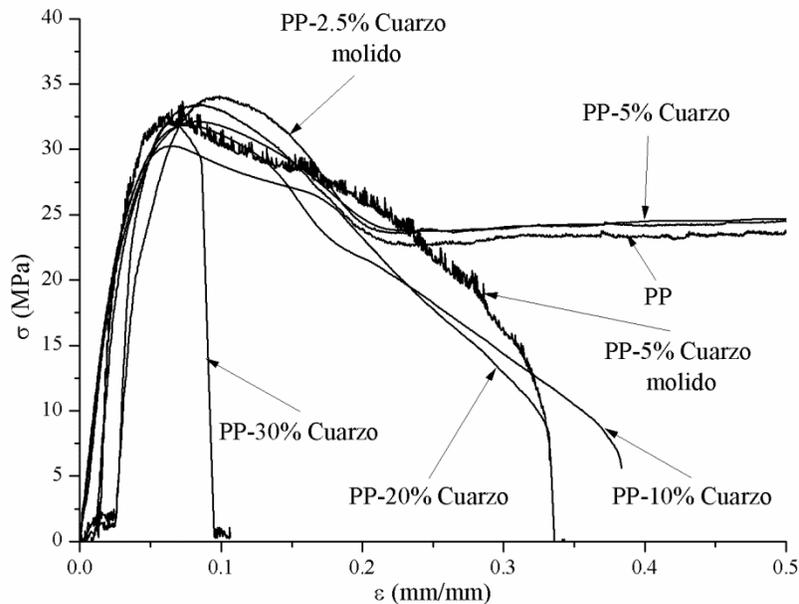
Se obtuvieron compuestos utilizando como matriz un homopolímero de Polipropileno comercial (PP1102H, Petroquímica Cuyo SAIC) y como refuerzo, partículas de cuarzo (Piedra Grande, Tandil). Se prepararon compuestos con 5, 10, 20 y 30 % en peso de cuarzo en las condiciones de recepción y con 2.5 y 5 % en peso de cuarzo molido en un molino de atrición durante 16 hs. Las longitudes máximas medias de las partículas fueron: 1.9  $\mu\text{m}$  y 0.3  $\mu\text{m}$  para el cuarzo en las condiciones de recepción y luego de la molienda, respectivamente. Los compuestos se obtuvieron en un mezclador intensivo a 50 r.p.m. y 190 °C. Se moldearon placas planas de 1 mm de espesor en una prensa hidráulica bajo una presión de 50 bar a 190 °C durante 10 minutos.

Se caracterizó el comportamiento mecánico de los diferentes compuestos mediante ensayos de tracción y fractura en condiciones cuasi-estáticas. Los ensayos de tracción uniaxial se realizaron empleando probetas de tipo halterio (ASTM D 638-03) a una velocidad de desplazamiento de 5 mm/min. Los ensayos de fractura se llevaron a cabo a 1 mm/min sobre probetas de tracción con doble entalla (tipo DENT).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSION

#### 3.1 Comportamiento a la tracción de los materiales compuestos

En tracción uniaxial se obtuvo un comportamiento dúctil para la matriz y los compuestos con los menores contenidos de partículas para ambos tamaños. Para mayores contenidos de partículas se observó una disminución de la deformación máxima alcanzada, comportamiento que podría estar asociado a la presencia de aglomerados.



**Figura 1.** Curvas tensión-deformación obtenidas en tracción uniaxial.

Los diferentes materiales compuestos presentaron valores de resistencia a la tracción y de modulo elástico similares a la matriz polimérica.

**Tabla 1.** Propiedades de tracción de los diferentes compuestos PP-cuarzo.

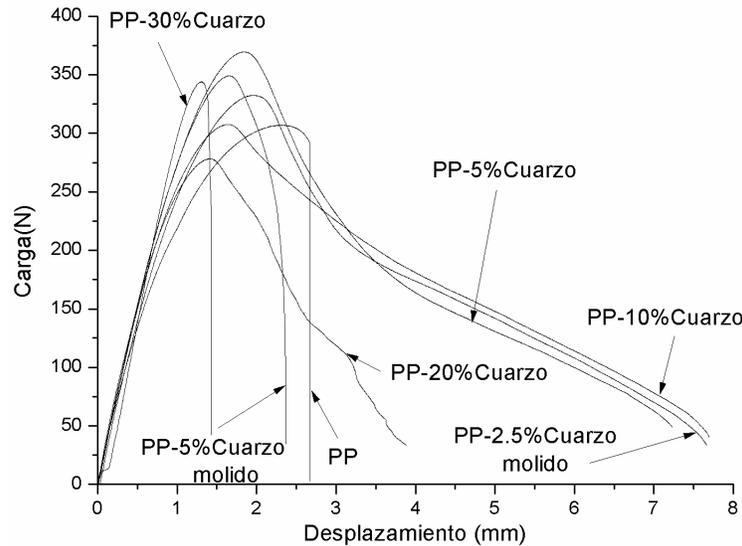
Materiales	E (MPa)	$\sigma_u$ (MPa)	$\epsilon_r$
PP1102H	1003±66	33±2	3.5±1.8
PP-5%Cuarzo	847±17	36±3	1.3±0.5
PP-10%Cuarzo	1013±26	31±2	0.4±0.1
PP-20%Cuarzo	1028±56	29±3	0.4±0.2
PP-30%Cuarzo	1063±66	30±3	0.09±0.02
PP-2.5% Cuarzo molido	913±20	32.7±0.6	1.8±0.06
PP-5% Cuarzo molido	948±50	33±2	0.4±0.2

#### 3.2 Comportamiento a la fractura de los materiales compuestos

En los ensayos de fractura se obtuvo un comportamiento semi-frágil para la matriz de PP presentando propagación inestable superada la carga máxima. La incorporación del cuarzo indujo un cambio significativo, observándose fractura dúctil (caracterizada por una propagación de fisura en forma estable) para los compuestos con 5, 10 y 20 % de

partículas sin moler y para 2.5% de partículas molidas. Para mayores contenidos de partículas se observó un comportamiento semi-frágil.

Debido a los comportamientos obtenidos se utilizaron diferentes metodologías para la caracterización del comportamiento a la fractura. Se adoptó la integral J para la matriz debido a la inestabilidad observada en los registros. Por otro lado, para los compuestos que presentaron un comportamiento dúctil se utilizó el trabajo esencial de fractura.



**Figura 2.** Curvas carga-desplazamiento de la matriz y los compuestos.

Debido a que no existe una metodología normalizada para caracterizar el comportamiento a la fractura de materiales que presentan comportamiento dúctil y frágil se adoptó el parámetro  $J_{max}$  (determinado a partir de la energía consumida hasta alcanzar el valor de carga máxima) como solución de compromiso para comparar los distintos materiales

**Tabla 2.** Tenacidad a la fractura de los diferentes compuestos PP/cuarzo.

Material	$J_{max}$
PP1102H	68±8
PP-5%	53±17
PP-10%	46±10
PP-20%	36±8
PP-30%	34±3
PP-2.5% mol	65±52
PP-5% mol	47±3

#### 4. CONCLUSIONES

Se prepararon compuestos basados en polipropileno (PP) reforzado con diferentes contenidos y tamaños de partículas de cuarzo obtenidas en molienda por atrición.

En base a los ensayos de tracción realizados se pudo establecer que los diferentes contenidos y la disminución del tamaño de partícula no afectaron mayormente el módulo elástico ni la resistencia a la tracción de los materiales. El alargamiento máximo, en

cambio, disminuyó considerablemente para los contenidos máximos de partícula posiblemente debido a la formación de aglomerados. En los ensayos de fractura se observó un comportamiento dúctil para bajos contenidos de partículas y ambos tamaños utilizados. Por otro lado, el máximo contenido de cuarzo fue perjudicial con ambos tamaños.

## 5. REFERENCIAS

1. Y. W. Mai, S. Y. Fu, X. Q. Feng and B. Lauke. Effects of particles size, particle/matrix interface adhesion and particle loading on mechanical properties of particles-polymer composites. *Composites: Part B*, 29 (2008), 933-961.
2. A. Van der Wal and R. J. Gaymans. Polypropylene–rubber blends: 3. The effect of the test speed on the fracture behavior. *Polymer*, 40 (1999), 6045-6055.
3. Y. S. Thio, A. S. Argon and R. E. Cohen. Role of interfacial adhesion strength on toughening polypropylene with rigid particles. *Polymer*, 45 (2004), 3139-3147.
4. B. Lauke. On the effect of particle size on fracture toughness of polymer composites. *Composites Science and Technology*, 68 (2008), 3365-3372.