

## REOLOGIA DEL CURADO DEL CONCRETO POLIMERICO I ANTES Y DESPUES DEL PUNTO DE GELADO

**FRANCISCO A. LOPEZ<sup>(1)</sup>, AVRAAM I. ISAYEV<sup>(2)\*</sup> y MARCO A. PONCE<sup>(3)</sup>**

<sup>(1)</sup> Gerencia de Materiales y Procesos Químicos. Instituto de Investigaciones Eléctricas,  
Apartado postal 1-475, 62001 Cuernavaca, Morelos, México. E-mail falopez@iie.org.mx.

<sup>(2)</sup> Institute of Polymer Engineering. University of Akron

Sidney L. Olson Research Center. Akron, OH. 44325-0301. USA. E-mail aisayev@uakron.edu

<sup>(3)</sup> MAPPEC S.A. de C.V. Av. Edo. de Puebla No. 6-Bis. Col. Lázaro Cárdenas. Cuernavaca, Mor. 62080. México

### RESUMEN

El diseño eficiente de los procesos de fabricación de polímeros termo fijos altamente cargados, requiere del claro entendimiento de los cambios en el comportamiento reológico y otras propiedades del material conforme avanza la reacción de curado. La caracterización de este tipo de complicados sistemas fue llevada a cabo analizando un concreto polimérico, basado en una matriz de resina poliéster con 82% en peso de arena sílice como carga. En el presente estudio se presentan los resultados del análisis reológico utilizando deformaciones oscilatorias para analizar la reacción de curado antes y después del punto de gelación. El análisis dieléctrico y otros resultados serán presentados en publicaciones subsecuentes.

**KEYWORDS:** RHEOLOGY, CURING, POLYMER CONCRETE, DMTA, HIGHLY FILLED.

\*Correspondencia: aisayev@uakron.edu

### INTRODUCCION

La simulación por computadora es una importante herramienta para el diseño de las variables del procesamiento de polímeros y de los equipos asociados a fin de mejorar las características del producto final. La simulación de estos procesos requiere del conocimiento de las varias propiedades del material y su dependencia respecto de las variables del proceso. La reología de los polímeros termo fijos altamente cargados es de suma importancia para analizar el flujo a través de moldes y describir muchos de los cambios ocurridos en el material durante el procesamiento.

El material utilizado en el presente estudio es un concreto polimérico dieléctrico llamado CP8-IIE, desarrollado por el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) en México. El CP8-IIE esta

formulado para aplicaciones de sistemas aislantes en alto voltaje gracias a su bajo costo, facilidad de moldeo y excelente desempeño<sup>1</sup>.

### EXPERIMENTAL

Los procedimientos para la preparación de las muestras y los parámetros utilizados durante la caracterización reológica son los descritos en la referencia<sup>2</sup>.

El reómetro utilizado fue un Rheometrics mod. RMS-800 con la configuración de platos paralelos y para el módulo de DMTA se utilizó la geometría de mordazas rectangulares.

### RESULTADOS

En la Figura 1 se presenta la viscosidad dinámica como función del tiempo de curado y la frecuencia. Además de la influencia de la frecuencia en la viscosidad<sup>3</sup>, se observa una caída inicial la cual es resultado de la relajación de la fuerza normal aplicada a la muestra al inicio de la prueba. El lento incremento de la viscosidad después de alcanzar un valor mínimo es atribuido a la formación de microgeles como ha sido descrito por otros autores<sup>4,5</sup>. A medida que el curado progresa la viscosidad aumenta drásticamente.

En la Figura 2 se comparan los módulos G' de muestras parcialmente curadas con los valores de una totalmente curada. La magnitud de G' no fue afectada por el cambio en la deformación aplicada. Es de notarse que solo las muestras curadas arriba de 110°C alcanzan un curado completo. Esto es debido a efectos de vitrificación<sup>6</sup>.

La Figura 3 muestra la viscosidad compleja reducida como función del grado de curado. El gran incremento en la viscosidad permite obtener una alta resolución en el grado de conversión en las etapas iniciales de la reacción. Ha sido reportado que la gelación de estas resinas ocurre a valores

bajos del grado de curado<sup>4,7</sup> sin embargo los resultados de este estudio derivan valores aún menores. Esto es atribuido a los efectos de vitrificación que son aumentados por la presencia del alto contenido de cargas en el concreto polimérico.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo financiero del CONACYT y del IIE. También el apoyo del Dr. Douglas Allen y del Dr. Hatsuo Ishida en la realización de las pruebas de DMTA.

#### REFERENCIAS

1. Ponce, M.A., Cardosi, J.G., Ponce, D., US Patent 5,426,145, June 20, 1995.
2. Lopez-Gonzalez, F.A., Masters Thesis, The University of Akron (1997).
3. Isayev, A.I., Fan, X., J. Mat. Sci., 29,2931-2938 (1994)
4. Hsu, C.P., Lee, L.J., Polymer, 34,21,4516-4523 (1993).
5. Yang, Y.S., Suspene, L., Polym. Eng. Sci., 31,5,321-332 (1991)
6. Enns, J.B., Gillham, J.K., J. Appl. Polym. Sci., 28,2567(1983)
7. Kamal, M.R., Ryan, M.E., Compresión and Injection Molding Fundamentals, Isayev, A.I., Ed., Marcel Dekker, NY., pp. 234-376 (1987)

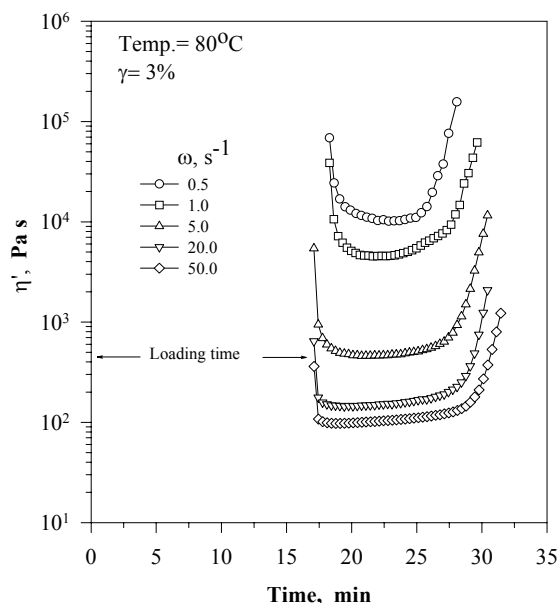


Figura 1. Viscosidad dinámica como función del tiempo y frecuencia para el curado isotérmico del CP-8 a 80°C.

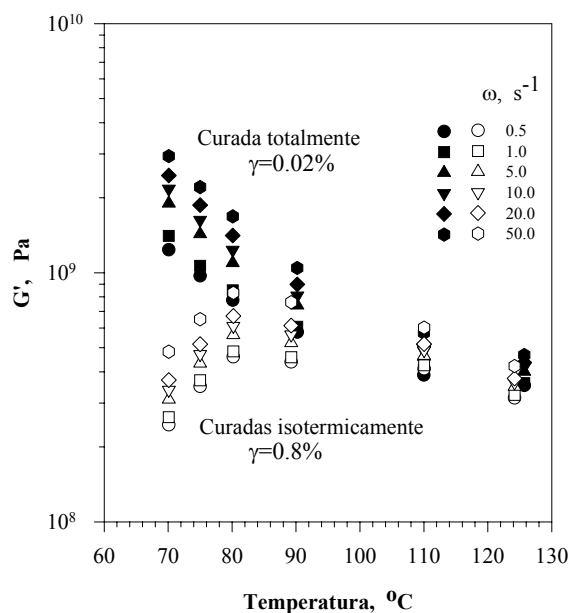


Figura 2. Comparación del módulo  $G'$  de una muestra totalmente curada de CP8-IIE como función de la temperatura y frecuencia (símbolos llenos) con los valores finales del módulo  $G'$  de muestras isotérmicamente curadas a varias temperaturas (símbolos huecos).

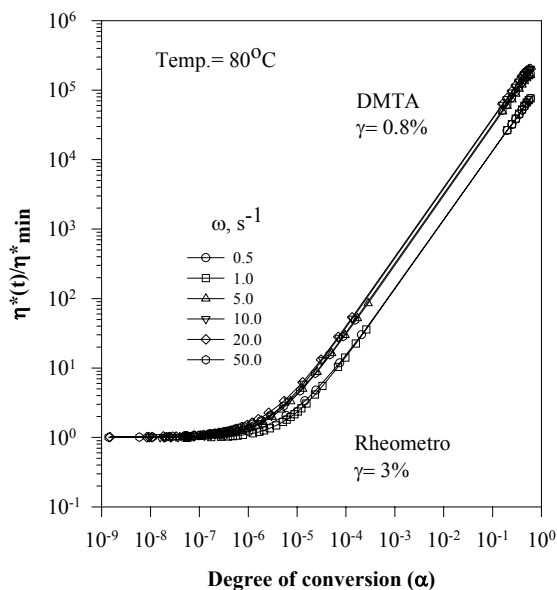


Figure 3 Viscosidad compleja reducida vs. grado de conversión a diferentes frecuencias para curado isotérmico del CP8-IIE a 80°C. Datos de los estados previo y posterior al punto de gelación.

