

## Estudio de la incorporación de agregados pétreos en resinas para concreto polimérico

ORTEGA, Jesús\*†, CAMARGO, Tania, SÁNCHEZ, Cindy y LEÓN, Yolanda

Recibido 19 de Enero, 2015; Aceptado 12 de Marzo, 2015

### Resumen

En este trabajo se analiza el efecto de las cargas pétreas en el peso específico y en la viscosidad de la resina para concreto polimérico. Estos concretos han mostrado grandes ventajas sobre los hidráulicos, por lo que la búsqueda de mejoras en los mismos es importante y tema de actualidad. En este sentido y en la búsqueda de un producto más ligero y manejable, aquí se estudia el efecto de las cargas utilizando tres resinas comerciales, RP7000, M30 y MR250, agregando grano fino, calcita y micro esfera de aluminio silicato. En el peso específico con microesfera se alcanza un valor medio de 1.85, que representa una reducción del 19% con relación a la resina original, mientras que con el grano fino y calcita, las reducciones son del 6 y 8%. En la evaluación de las propiedades reológicas, se concluyó como adecuado el tratamiento de las resinas RP7000 y MR250 con los agregados, ya que las viscosidades se mantuvieron entre 400 y 600 cp, no así para la M30. Estos resultados aportan elementos para el desarrollo de una fórmula para la elaboración de un concreto polimérico ligero y de alta resistencia química.

**Concreto polimérico, resina poliéster, cargas ligeras, propiedades de flujo**

### Abstract

In this study is analyzed the effect of the loads on the viscosity and specific gravity of the resin for polymer concrete. These concretes have shown great advantages on hydraulic, so the search for improvements in them is important and current issue. In this respect and in search of a lighter and handier product, the effect of the loads is studied using three commercial resins, RP7000, M30 and MR250, adding fine-grained, calcite and micro sphere aluminum silicate. In the specific gravity microsphere an average value of 1.85, which represents a reduction of 19% compared to the original resin is reached, while the fine-grained and calcite, reductions are 6 and 8%. The evaluation of the rheological properties, the treatment of RP7000 and MR250 resins aggregates concluded as appropriate because the viscosities remained between 400 and 600 cp, not to M30. These results provide elements for developing a formula for the development of a lightweight polymer concrete and high chemical resistance.

**Polymer concrete, polyester resin, light loads, flow properties**

**Citación:** ORTEGA, Jesús, CAMARGO, Tania, SÁNCHEZ, Cindy y LEÓN, Yolanda. Estudio de la incorporación de agregados pétreos en resinas para concreto polimérico. Revista de Energía Química y Física 2015, 2-2: 295-300

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: [chucho-bol@hotmail.com](mailto:chucho-bol@hotmail.com))

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El objetivo de este trabajo es analizar el efecto de las cargas en las propiedades de flujo y peso específico de la resina para concreto polimérico. Si bien los concretos poliméricos tienen ventajas sobre los hidráulicos, su peso específico es similar. Dado que un concreto con menor peso específico tendría ventajas en su manejo y flexibilidad de aplicación, surge la idea de reducir esta propiedad empleando agregados ligeros que no tengan efecto notorio en la reducción de las propiedades mecánicas.

Para esto, se debe estudiar cómo estas cargas afectan la matriz polimérica, es decir, a la resina poliéster que se usó para su elaboración. Determinando el efecto de las cargas en las propiedades de la resina, será posible desarrollar una fórmula para la creación de un concreto polimérico que pueda ser aplicado como elemento estructural ligero y de alta resistencia química. Aplicaciones prácticas de este producto se podrán dar en el tratamiento de aguas negras al sustituir elementos de concreto en los canales o como revestimiento de paredes de tanques.

## Antecedentes

El uso de los polímeros ha tenido un importante crecimiento en los últimos 45 años, ya que se han empleado ampliamente, ya sea como resinas para impregnación de concreto (PIC: polymer concrete impregnated), concreto hidráulico modificado (PMC: polymer-modified concrete) y concreto polimérico (PC: polymer concrete). El Instituto Americano del Concreto (ACI: American Concrete Institute) considera estos tres tipos de concretos poliméricos en su Norma ACI-548 (ACI, 2009). El uso de resinas para impregnación de concreto se inicia como una solución para la reparación de fisuras y relleno de poros.

En este caso se emplea el monómero de baja viscosidad (metil metacrilato), el cual se polimeriza por radiación, catálisis o acción térmica dentro de las fisuras o poros, mejorando la resistencia mecánica del elemento del concreto entre tres y cuatro veces (Fowler, 1999) y reduciendo la absorción de humedad. La Figura 1 muestra el proceso de impregnación de un elemento de concreto. Este tipo de compuesto, por su alta resistencia mecánica y durabilidad, se emplea en durmientes para ferrocarril, pavimentación de puentes y fábricas, tubos de desagüe, tanques de almacenaje para agua de mar, albercas y otros (United Nations, 2002).



**Figura 1** Proceso de impregnación con un monómero. ACI. (2009)

## Resinas empleadas en concretos poliméricos.

El desarrollo de materiales compuestos a base de polímeros sintéticos ha hecho posible producirlos con una amplia gama de propiedades; por ejemplo, las resinas epóxicas son utilizadas en pisos industriales, restauración de estructuras deterioradas, aplicaciones donde se requiere alta resistencia química y mecánica y alta adherencia a otros materiales. Esta resina ofrece también un bajo índice de encogimiento y baja absorción de agua pero su costo es alto (8 a 10 USD/kg).

Las resinas poliéster presentan buena resistencia química y buena adherencia a otros materiales, pero exhiben un alto encogimiento y poca resistencia a medios agresivos, son ampliamente usados en la industria de la construcción debido a su bajo costo (3 a 5 USD/kg).

En la Tabla 1 se presentan las propiedades de los concretos poliméricos elaborados con las resinas epóxicas, poliéster y acrílicas (United Nations, 2002).

Resina	Densidad (kg/dm <sup>3</sup> )	Absorción de agua (%)	Resistencia a la compresión (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Resistencia a la flexión (Gpa)
Polimetil metacrilato	2.0-2.4	0.05-0.6	70-210	3.0-4.0	30-35
Epóxica	2.0-2.4	0.02-1.0	50-150	2.0-9.0	15-50
Poliéster	2.0-2.4	0.3-1.0	50-150	2.0-4.0	15-45

**Tabla 1** Propiedades de concretos poliméricos elaborados con diversas resinas

### Resina poliéster.

La resina, que en este caso funciona como aglutinante o matriz, debe ser capaz de mojar y adherir las cargas, proteger el concreto del medio ambiente, evitando la absorción de agua, y transferir la carga a los agregados. Resultan importantes no solo las propiedades mecánicas y químicas de la resina, sino también la viscosidad y la capacidad de incorporación de cargas.

Las resinas poliéster empleadas en el estudio fueron las siguientes:

- RP 7000, que es una resina no tixotrópica de baja viscosidad (alrededor de 200 cp).
- MR250, que es una resina tixotrópica, con una buena capacidad de humectación de cargas.
- M30, que es una resina virgen empleada para vaciados con altas concentraciones de cargas, la cual debe prepararse previamente agregándole estireno y un promotor de octato de cobalto. En este caso se le agregó el 18% de estireno, para no afectar las propiedades mecánicas de la resina.

### Metodología

La capacidad de carga de cada resina se realizó agregando microesfera de vidrio gradualmente hasta que la pasta formada ya no es manejable.

Prácticamente todas ellas tienen una capacidad alta (cercana al 50%). Obviamente, a medida que se agrega la microesfera de aluminio silicato, el peso específico se reduce a valores de 0.76; esto es una reducción del 37% con respecto al peso específico medio de las resinas. Estos datos se reportan en la Tabla 2.

Tipo de resina	Contenido máximo de microesferas	Peso específico
MR250	45%	0.76
M30+20%estireno	47%	0.77
RP7000	48%	0.76

**Tabla 2** Peso específico de las mezclas resina-microesferas de vidrio y contenido máximo de agregado

### Efecto de las cargas en el peso específico de la resina.

Como se ha visto, la microesfera de aluminio silicato reduce el peso específico de la resina; a diferencia de los agregados de partículas de marmolina, como el carbonato de calcio y el grano fino. La Figura 2 muestra el efecto de los tres tipos de agregados empleados en este trabajo experimental. En este caso se grafica contra el contenido en volumen de agregado, dada la diferencia de pesos específicos de los agregados.

En las tres relaciones, la variación del peso específico dentro del rango ensayado sigue un comportamiento lineal, como se muestra en la Tabla 3. Todos los coeficientes de regresión tienen un valor mayor a 0.99.

Sistema	Ecuación	Coefficiente de regresión
Carbonato-resina	$Y=1.415x+1.227$	0.995
Grano fino-resina	$Y=-0.969x+1.213$	0.994
Microesferas-resina	$Y=-0.725+1.227$	0.996

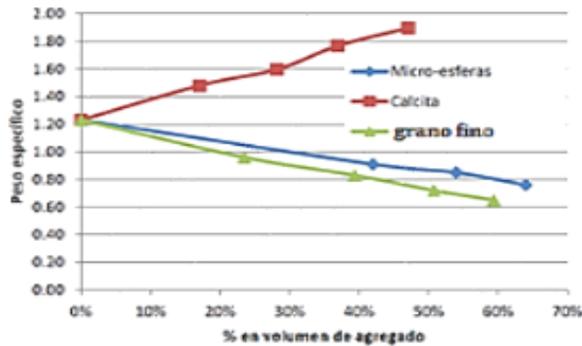


Figura 2 Efecto de agregados en el peso específico de la resina

**Efecto de las cargas en las propiedades de flujo de la resina.**

La viscosidad de las resinas se ve incrementada por la adición de cargas, lo que puede representar un problema en el proceso de vaciado del material compuesto en el molde debido a una disminución del flujo, lo que genera la inclusión de aire y oquedades, entre otros problemas.

De aquí la necesidad de evaluar el efecto de los tres tipos de carga empleados: grano fino, microesfera de aluminio silicato y calcita (carbonato de calcio). El estudio se enfoca básicamente en determinar la viscosidad en función del contenido de carga y la rapidez de corte del ensayo.

**Resultados**

Las Figuras 3 y 4 muestran los rangos de pesos específicos obtenidos en las diversas formulaciones ensayadas y la variación con respecto al peso específico promedio del concreto polimérico normal (2,300 kg/m<sup>3</sup>).

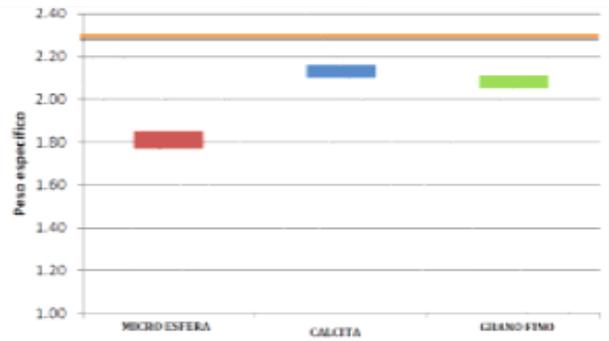


Figura 3 Rango de valores de p.e. de los concretos poliméricos con microesfera, calcita y grano fino

La evaluación de las propiedades reológicas de las resinas se realizó empleando un viscosímetro. Las curvas obtenidas para las tres resinas se muestran en la Figura 5. Como puede observarse, la resina RP 7000, es no tixotrópica, al igual que la resina M30, pero con una viscosidad siete veces menor que la M30.

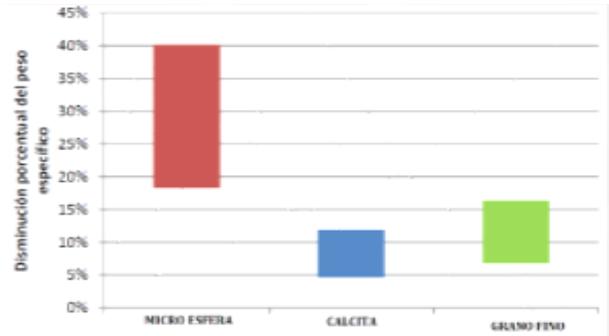


Figura 4 Rangos de disminución del peso específico de los concretos poliméricos ligeros

Es decir, del orden de 200 cp. Por su parte, la resina MR250 tiene un comportamiento tixotrópico con un índice tixotrópico de 3.05, por lo que a rpm mayores que 50 la viscosidad baja a viscosidades del orden de 500 cp.

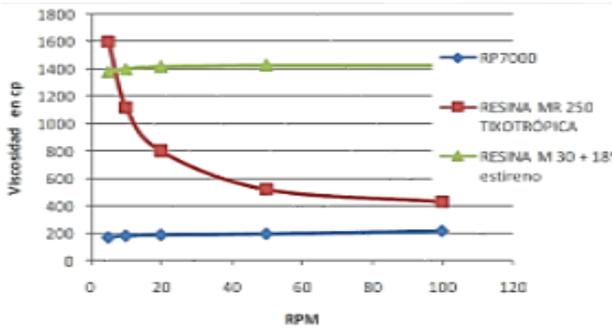


Figura 5 Curvas de viscosidades de las resinas a diferentes velocidades de corte

El efecto de las cargas en la viscosidad de las diferentes resinas seleccionadas para la elaboración de las muestras de concreto polimérico ligero puede apreciarse en la Figura 6. Para el caso de la resina M30, esta propiedad se incrementa sustancialmente conforme se aumenta el porcentaje en volumen de agregado ligero (de 800 a 1600 cp).

En las resinas restantes (MR 250, PP 70x60) la viscosidad no cambia radicalmente en los rangos propuestos de porcentaje de agregado ligero en volumen a utilizar (del 15 al 25 %), por lo que se consideraron adecuadas para la preparación de los especímenes, ya que estuvieron entre 400 y 600 cp. Por otra parte, la resina flexible, aunque cumple con mantener una baja viscosidad, fue descartada por su baja resistencia mecánica a la compresión.

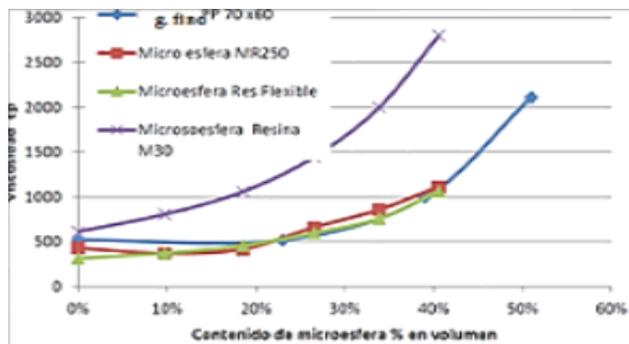


Figura 6 Efecto en la viscosidad (a 100 rpm) en las resinas al incorporar agregados ligeros

Con el fin de ubicar el efecto de los agregados ligeros en la viscosidad de la resina (en este caso con la 70x60) con respecto al de un agregado tradicional como la calcita, los ligeros (grano fino y microesfera de aluminio silicato) también incrementan esta propiedad, aunque a niveles inferiores. Como puede observarse en la Figura 7, a cargas menores de 30% en volumen, la viscosidad se mantiene prácticamente constante. A partir de este porcentaje, en la resina cargada con calcita, al aumentar la concentración, la viscosidad se incrementa de manera exponencial. En el caso de la resina cargada con grano fino la viscosidad empieza a incrementarse a concentraciones del 50% en volumen, con un incremento menos marcado. Por ejemplo, para un contenido del 40% en volumen la viscosidad con calcita es más del doble de los valores exhibidos por el agregado de grano fino y de microesfera de aluminio silicato.

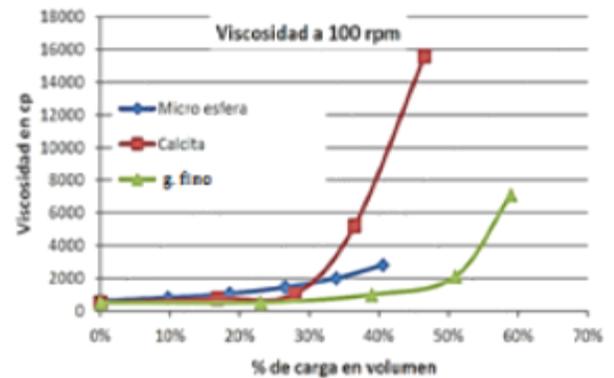


Figura 7 Efecto del tipo de agregado en la viscosidad de la resina en función de su contenido

Conclusiones

El efecto de los agregados ligeros, tanto microesfera de aluminio silicato como el agregado fino, en la disminución de peso específico es apreciable, particularmente con el uso de microesfera, con la que se alcanza un valor medio de 1.85, que representa una reducción del 19%. En el caso del grano fino, las reducciones son solo del 6 y 8%.

El estudio de la viscosidad en los productos indica que cargas inferiores a 30% no afectan esta propiedad.

Estos resultados muestran que es posible desarrollar una fórmula para la creación de un concreto polimérico que pueda ser aplicado como elemento estructural ligero y de alta resistencia química.

### Referencias

ACI. (2009). *ACI 548.1R-09 Guide for the Use of Polymers in Concrete*

FOWLER, D. (1999). *Current status of polymer concrete in the United States*. In 9° International Congress on Polymer in Concrete, Universidad de Estudios de Bolonia. Italia, pp.37-44.

UNITED NATIONS. (2002). *Review of science and technology in ESCWA member countries*. Economic and Social Commission for Western Asia, pp. 152, 2002. Recuperado de <http://books.google.com.br/books?id=0uH92LlOsIkC>>acessadoem abr.

Padilla, A. (2005). *Concreto polimérico, opción para la construcción*. 3er Congreso Nacional sobre Práctica Profesional, Docencia y Capacitación en Ingeniería Civil; Cholula, Puebla.

Ramírez, J. L. (1999). *La múltiple identidad del concreto*. Informes de la Construcción, Vol. 49, N°454.

Arzaluz, J. L. (2002). *Concreto polimérico*. 28 al 29 de Noviembre, publicación del Primer Curso de Tecnología Avanzada, Universidad Iberoamericana, México D.F.