Uso de materiales compuestos reciclados de fibra de vidrio-poliéster como cargas en concreto polimérico

Rodolfo Morales Ibarra[A], Elsa Abigail Duncan Flores[A], Saida Mayela García Montes[A], Alma Gisela Martínez Arellano[B], Juan Francisco Barrón Granados[B], Denisse Arantxa Cepeda Mújica[A]
[A]FIME-UANL
[B]Reacciones Químicas S.A. de C.V.
rodolfo.moralesbr@uanl.edu.mx

Publicado originalmente en: *Ingenierías*, Octubre-Diciembre 2013, Vol. XVI, Número 61, pp. 48-53.
Seleccionado para este número especial de 20 Aniversario de la revista *Ingenierías*.

RESUMEN

En el presente trabajo se utilizaron materiales compuestos de fibra de vidrio y resina poliéster considerados de fin de ciclo de vida pulverizados como cargas en concreto polimérico para analizar su efecto en las propiedades mecánicas de concreto polimérico. El objetivo de esta investigación fue sustituir la mayor cantidad de carbonato de calcio contenido en el concreto polimérico(20%) por material reciclado manteniendo sus propiedades mecánicas y a la vez reduciendo su porcentaje de volumen de resina utilizado, en busca de la reducción de costos de fabricación con un impacto medio ambiental positivo. Los resultados que se obtuvieron como consecuencia de reducir la fórmula a 10% de resina con 90% de carga con un máximo de 2% de material reciclado corresponde en propiedades relativamente buenas.

PALABRAS CLAVE

Vidrio-poliéster, concreto polimérico, reciclado.

ABSTRACT

Recycling of composite materials was studied using pulverized fiberglass-polyester composite materials as fillers in polymeric concrete for this research. The objective of this research was to increase as much as possible the amount of recycled filler in the polymeric concrete without maintaining the mechanical properties of the material, reducing the percentage of volume of resin used and thus, reducing manufacturing costs with a positive environmental impact. Positive results were obtained: resin percentage has been reduced to 10% with 90% fillers using up to 2% of recycled material while maintaining relatively good mechanical properties.

KEYWORDS

Polyester-glass, polymeric concrete, recycling.

INTRODUCCIÓN

El concreto polimérico es un material relativamente nuevo de alto rendimiento que ha sido comercializado desde 1960. Este material se produce a partir de una

resina líquida y agregados inorgánicos figura 1. La producción del concreto polimérico es la siguiente: pequeñas dosis de iniciadores y promotores se añaden a una resina para iniciar el curado o el proceso de endurecimiento. Donde los iniciadores dan partida a la polimerización y los promotores aceleran la reacción. Inmediatamente después de la adición del iniciador y promotores, la resina líquida se mezcla con los agregados gruesos y finos tales como piedra, grava o arena triturada. Después del curado, el material se compone de agregados inorgánicos bien graduados unidos entre sí por un aglutinante de resina. El curado puede ser tan corto como unos pocos segundos o largo como unas horas , dependiendo de la cantidad de iniciador y promotor añadido a la resina poliéster.

El uso de concreto polimérico en la producción de componentes prefabricados parece muy prometedor. Las ventajas del concreto polimérico son su buena resistencia y buena durabilidad. El rápido tiempo de curado es otra importante ventaja en muchas aplicaciones estructurales e ingenieriles ya que el concreto cura en pocos minutos u horas cuando a materiales a base de cemento les toma días o semanas curarse por completo. Comercialmente, la principal desventaja del concreto polimérico es su alto costo comparado con otros materiales a base de cemento. La mayor parte del costo de los concretos poliméricos proviene de la resina; los costos de las cargas son comparativamente insignificantes. No es de extrañar que existan estudios recientes sobre reducción de costos en la resina como futura necesidad de concreto polimérico.[1]

Una de sus principales propiedades es la resistencia a la compresión, donde los sistemas prefabricados llegan a soportar hasta 30.2MPa frente a los 7-9MPa que soporta el concreto tradicional. Otra de sus principales propiedades es la de evacuación de fluidos, que es gracias a su superficie tipo espejo, y facilita el rápido desalojo de los fluidos. Su resistencia a productos químicos es otra de su propiedades, la resistencia a la helada, desgaste por abrasión y resistencia al choque son mas propiedades que lo caracterizan. En cuanto a sus aplicaciones el concreto polimérico en sistemas prefabricados se ha ganado un lugar importante en la industria de la construcción gracias a sus principales propiedades. Principalmente en los sectores de edificación para la elaboración de vierteaguas, albardillas y jambas, en prefabricados para drenaje tanto para la canalización de fluidos como la conducción de instalaciones y servicios, y en fachadas como revestimiento de edificios que es tanto una característica estética como en términos de aislamiento y por lo tanto de ahorro. El crecimiento del uso de materiales poliéster reforzado con fibras en las industrias de construcción y transporte implica cantidades mayores y el aumento de desechos de este material, producidos en diferentes etapas de su ciclo de vida. La mayor preocupación es en relación a las soluciones limitadas para la gestión de los residuos de estos materiales termostables no re procesable.[2]

Los compuestos fabricados en plásticos reforzados con fibra de vidrio son ampliamente utilizados en todo tipo de industria alrededor del mundo. Actualmente en nuestro país se producen más de 1,030,648 toneladas por año y se consumen alrededor de 497,914 toneladas por año de fibra de vidrio,[3] pero ¿qué pasa cuando las piezas que están hechas de este material terminan su ciclo de vida?. En México solo existen 8 empresas dedicadas a la recolección de residuos sólidos[4] y solo el 11% del material recuperado en sitio de disposición final es reciclado lo cual es un problema ya que el resto se queda desechado en el medio ambiente.[5] Las técnicas para el reciclado de materiales poliéster reforzados con fibra se identifican en dos principales grupos: métodos mecánicos, que involucra técnicas de trituración para reducir el tamaño de los residuos y métodos térmicos que consisten en el uso de calor para descomponer los residuos en las materias primas y finalmente, energía.[6]

EXPERIMENTAL

Para la matriz polimérica del concreto se utilizó una resina poliéster PCP 9652 de Reacciones Químicas S.A. de C.V., que es una resina de muy baja viscosidad; cuenta con muy buenas características de humectación a fibra de vidrio y cargas minerales, excelentes propiedades de resistencia a la compresión y buena velocidad de liberación de burbujas de aire atrapadas en la pasta; lo que la hace adecuada para trabajar con estos tipos de materiales. Se utilizaron arenas sílicas de distintos tamaños de mallaje 10/20, 20/30 y 40/50 donde las arenas 10/20 y 20/30 representan las arenas gruesas y las 40/50 junto

con el carbonato de calcio que se utiliza para la reducción de costo y mejorar las propiedades del material son parte de las arenas finas. El conjunto de estas dos arenas (finas y gruesas) conforman las cargas o refuerzos del concreto polimérico, además se utilizaron residuos de compuestos de fibra de vidrio/poliéster que sustituiría un 2% y 4% el contenido en peso de carbonato de calcio en el concreto polimérico. El proceso de preparación de mezcla tal como lo muestra la figura 1.consiste en integrar todas las arenas con el carbonato de calcio y/o los residuos de fibra de vidrio/poliéster; una vez que los materiales están completamente integrados se agregan a la resina que ya contiene el catalizador y se mezclan hasta la homogeneidad con una mezcladora Hobart N50; la mezcla es vertida en los moldes de compresión(cubos) y flexión(barras); una vez que el material ya ha polimerizado se dejan reposar por un lapso de 7 días, pasando este período las muestras están listas para ser sometidas a los ensayos requeridos.

En base a la composición original para la elaboración de concreto polimérico que se maneja en la industria siendo 88% cargas y 12% resina se hizo un diseño de experimentos como se muestra en la tabla I. Donde el experimento 1 es la composición original y a partir de esta formulación se varió el porcentaje de resina contenido en el concreto polimérico hasta un 2% menos del porcentaje usado y a la vez se varió la cantidad de material reciclado hasta un 4% como sustituto del carbonato de calcio.

Se llevaron a cabo un total de 8 experimentos cada uno con 6 muestras esto acorde a las normas ASTM (American Society for Testing and Materials)

Tabla I. Diseño de experimentos.

Experimento	Cargas (%)	Resina Poliéster (%)	Material Reciclado (%)
1	88	12	0
2	88	12	2
3	88	12	4
4	89	11	0
5	89	11	2
6	89	11	4
7	90	10	0
8	90	10	2

Fig. 1. Proceso de mezclado del concreto polimérico.

que en el caso del concreto polimérico corresponde a las normas C-579 y C-580 para los ensayos de compresión y flexión respectivamente.

RESULTADOS

Se tomaron imágenes con Microscopía de Barrido de Electrones figura 2 (SEM, Scanning Electron Microscope) a los diferentes granos de arenas, al carbonato de calcio y a los residuos de fibra de vidrio/poliéster. Se observa la morfología de las arenas sílicas que es básicamente granular en donde resultaba interesante y de particular necesidad conocer exáctamente los tamaños de las partículas para diferir en los métodos a ser utilizados de acuerdo a ASTM, los cuales dependen básicamente del tamaño de los agregados; en el caso del carbonato de calcio resulta interesante observar su morfología la cual difiere de la del material pulverizado de fibra de vidrio-poliéster.

La figura 3. muestra una grafica de esfuerzo-deformación con las curvas promedio de cada uno de los experimentos. Se observa la curva del experimento 1 que corresponde a la producción de línea o producción de base y se puede observar que las curvas que corresponden a los experimentos 2 y 7 son mayores que el experimento 1 y las demás curvas son inferiores a ésta lo cual nos dice que la variación de resina y material reciclado si afecta significativamente en el concreto polimérico.

En los ensayos de flexión no se obtuvo una gran variación en cuanto a los esfuerzos ya que presentaban un esfuerzo promedio máximo muy similar o con una diferencia muy insignificante figura 4; en cuanto al ahorro de resina se obtuvieron muy buenos resultados ya que si las propiedades mecánicas no se afectan eso quiere decir que es posible utilizar una configuración de cargas/resina con un porcentaje de resina menor al utilizado actualmente (experimento 1) y así lograr un ahorro de la resina de más de un 8% como se muestra en la tabla III que por ejemplo el experimento 4 que tiene formulación de 88% de cargas y un 11% de resina muestra una ganancia en propiedades mecánicas de hasta un 2.06% en comparación con el experimento 1 y un importante ahorro de más del 8% de total de resina consumida.

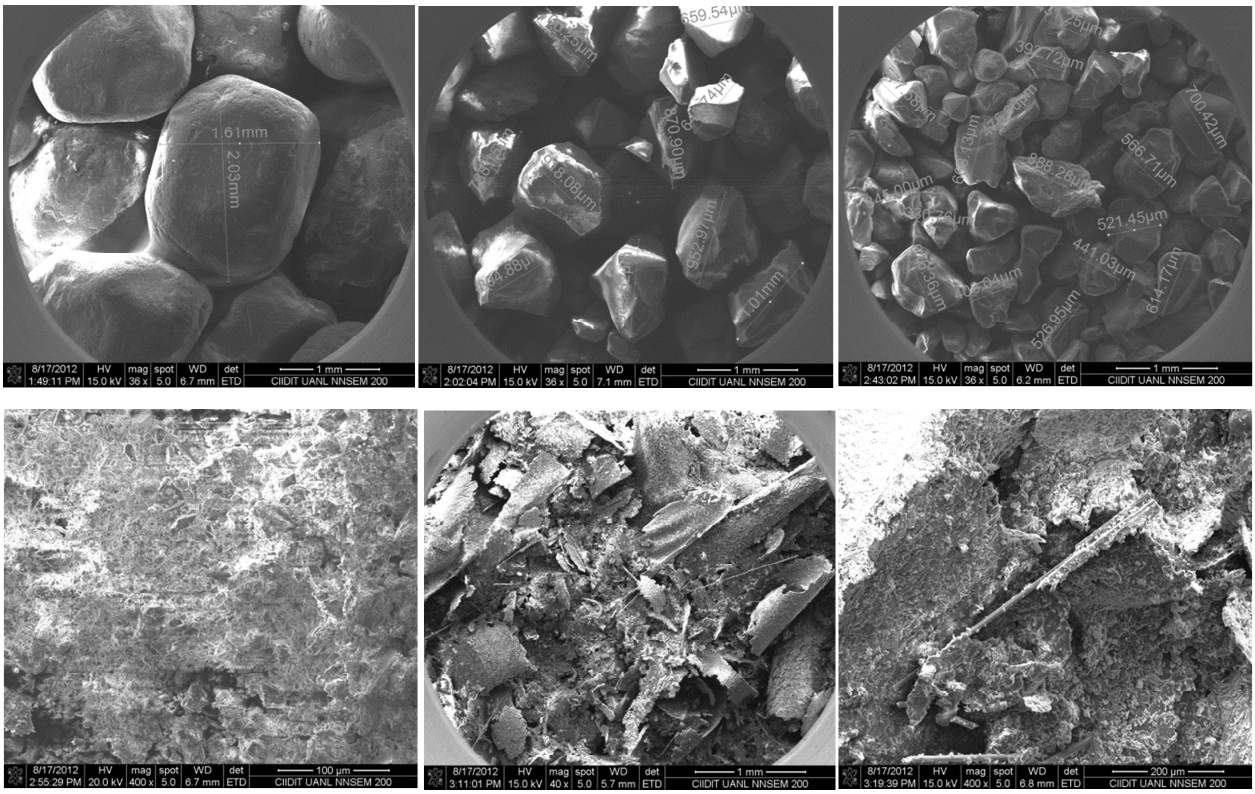

Fig. 2. Imagen de SEM de: a) arena 10/20 a 36X, b) arena 20/30 a 36X, c) arena 40/50 a 36X, d) carbonato de calcio a 400X, e) compuesto de fibra de vidrio/poliéster a 40X, f) compuesto de fibra de vidrio/poliéster a 400X.

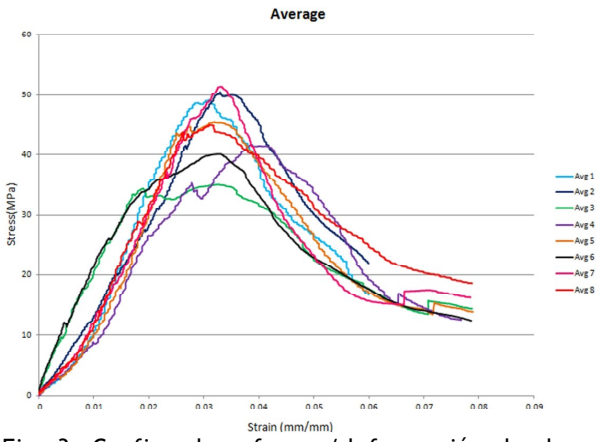

Fig. 3. Grafica de esfuerzo/deformación donde se muestran las curvas promedio de los 8 experimentos.

CONCLUSIONES

Después de efectuar esta investigación y observar detenidamente los resultados presentes se puede decir que el método presentado es adecuado para la caracterización del concreto polimérico además que se sugiere una revisión en el proceso de mezcla porque al sustituir un material denso por uno menos denso se dificulta preparar la mezcla, por lo que se propone partir de la composición 90% de carga, 10% de resina y 2% de material reciclado de fibra de vidrio/poliéster ya no es posible trabajar con composiciones que contengan mayor cantidad de material reciclado.

Los experimentos 1, 4 y 7 que son experimentos que no contiene ningún porcentaje de material reciclado las muestras presentan un capa en la superficie de resina lo cual indica que la resina no está completamente en el material y esto se debe a que cuando el material esta curando la resina, al ser menos densa que las arenas, sube a la superficie, por lo tanto se recomienda usar períodos de curado más cortos.

En cuanto a las pruebas de compresión el experimento 5 presenta propiedades mecánicas relativamente altas y presenta un interesante ahorro del mas de 8% del consumo de resina además de un sustituto de carbonato de calcio por material de fibra de vidrio/poliéster de 2%. Por otro lado en flexión es el experimento 4 el que más destaca teniendo una ganancia en propiedades mecánicas y un importante ahorro en el consumo total de la resina.

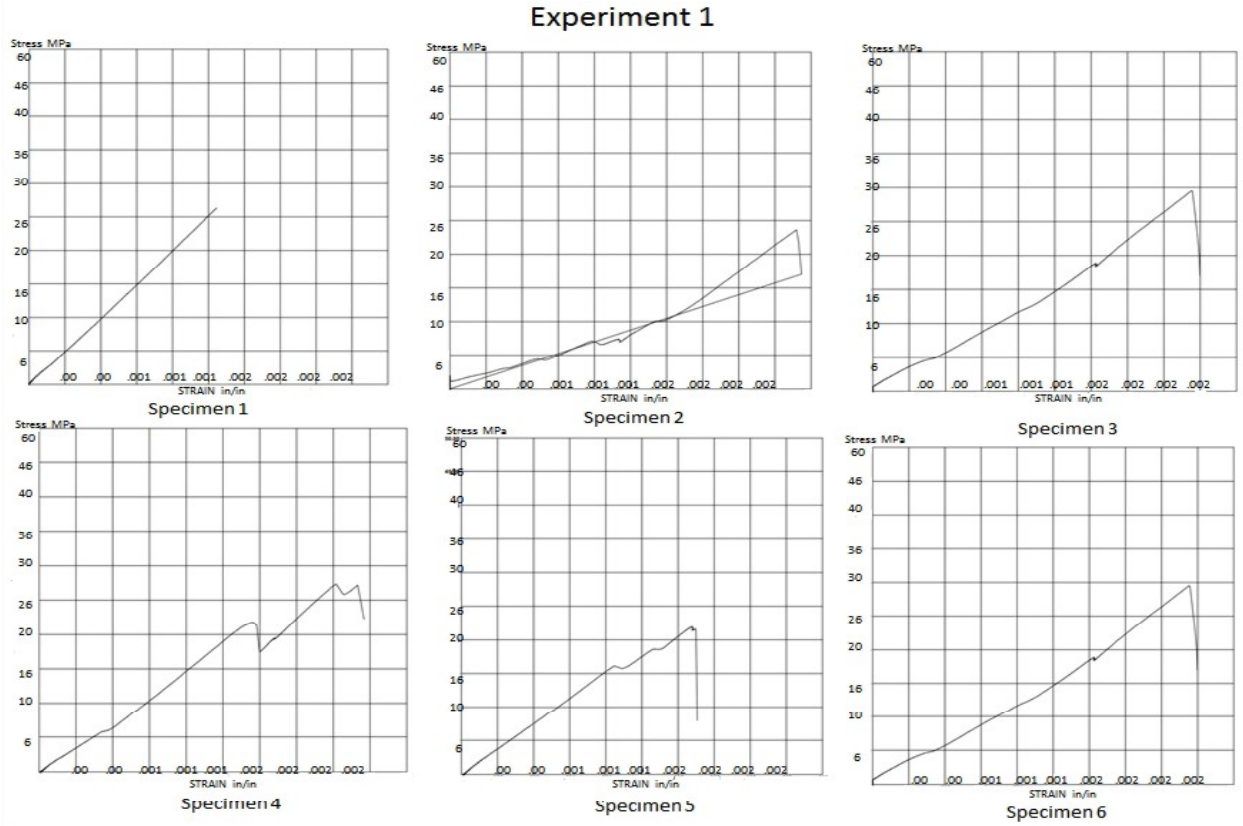

Fig. 4. Curvas esfuerzo-deformación de las muestras del experimento 1 en flexión.

Tabla II. Resultados de los análisis de propiedades mecánicas de compresión.

Experimento	Cargas (%)	Resina poliéster (%)	Material reciclado (%)	Esfuerzo (Mpa)	Δ propiedades mecánicas (%)	Porcentaje de ahorro (%)
1 (baseline production)	88	12	0	49.22	0	0
2	88	12	2	50.52	2.6	0
3	88	12	4	35.03	-28.8	0
4	89	11	0	41.83	-15	8.3
5	89	11	2	45.48	-7.5	8.3
6	89	11	4	40.11	-18.5	8.3
7	90	10	0	51.39	4.4	16
8	90	10	2	45.01	-8.55	16

Tabla III. Resultados de los análisis de propiedades mecánicas de flexión.

Experimento	Cargas (%)	Resina poliéster (%)	Material reciclado (%)	Esfuerzo (Mpa)	Δ propiedades mecánicas (%)	Porcentaje de ahorro (%)
1 (baseline production)	88	12	0	25.69	0	0
2	88	12	2	23.99	-6.6	0
3	88	12	4	22.18	-13.66	0
4	89	11	0	26.22	2.06	8.3
5	89	11	2	22.37	-12.92	8.3
6	89	11	4	22.13	-13.85	8.3
7	90	10	0	23.46	-8.68	16
8	90	10	2	23.53	-8.4	16

REFERENCIAS

1. K. S. Rebeiz. Precast use of polymer concrete using unsaturated polyester resin based on recycled pet waste Construction and Building Materials, Vol. 10, No. 3, pp. 215-220, 1996.
2. joão R. Correia, Recycling of FRP composites: reusing fine GFRP waste in concrete mixtures, Journal of Cleaner Production 19 (2011) 1745e1753.
3. INEGI Censos económicos 2004, resultados sectoriales.
4. SEMARNAT. SNIARN. Base de datos estadísticos, Módulo de consulta temática, Dimensión ambiental, 2011. www.semarnat.gob.mx (Consulta: 14 de junio de 2011).
5. SEMARNAT. SNIARN. Base de datos estadísticos. Módulo de consulta temática. Dimensión ambiental, 2012.
6. M. Muthukumar, D. Mohan Studies on polymer concretes based on optimized aggregate mix proportion, European Polymer Journal 40 (2004) 2167–2177.
7. Rafat Siddique, Use of recycled plastic in concrete: A review, Waste Management 28 (2008) 1835–1852.
8. F. Pacheco-Torgal, Properties and durability of concrete containing polymeric wastes (tyre rubber and polyethylene terephthalate bottles): An overview, Construction and Building Materials 30 (2012) 714–724.
9. P. Asokan, Assessing the recycling potential of glass fibre reinforced plastic waste in concrete and cement composites, Journal of Cleaner Production 17 (2009) 821–829.
10. Mehmet Saribiyik, The effects of waste glass powder usage on polymer concrete properties, Construction and Building Materials, Volume 47, October 2013, Pages 840-844.