

## Efecto de microesferas en las propiedades de laminados de PRFV

Padilla Ramírez Amando José<sup>1</sup>, Panamá Armendáriz Iván<sup>1</sup>, Carbajal Pérez Víctor<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Departamento de Ciencias Básicas  
Avenida San Pablo No. 180. Colonia Reynosa Tamaulipas, México, D.F. CP 02200.

<sup>2</sup>Poliformas Plásticas S.A. De C.V.  
Calz. Ignacio Zaragoza No. 448, Colonia Federal, México, D.F. CP 15700.

ajpr@correo.azc.uam.mx

Fecha de aceptación: 31 de Agosto de 2015

Fecha de publicación: 23 de Septiembre de 2015

### RESUMEN

Bajo el marco de la tendencia a generar materiales de bajo peso para ser empleados en diversas industrias como son las del transporte, la construcción entre otras, se plantea el desarrollo y evaluación de laminados de PRFV (plástico reforzado con fibra de vidrio) incorporando microesferas de aluminio silicato, con la idea de reducir la densidad. Sin embargo, se evalúa el efecto de las microesferas en las diferentes propiedades del laminado y en su costo. Los resultados muestran efectos positivos en la reducción del peso, y el incremento de resistencia a la flama pero reducen las propiedades mecánicas a flexión del laminado.

**Palabras clave:** laminados PRFV, microesferas.

### ABSTRACT

Under the tendency for developing lightweight materials, which are being employed in several industries such as transportation or building, this work is focused on the development and evaluations of GFRP (glass fiber reinforcing plastic) using light weight micro bubbles based on aluminum silicate. However, in this work we carry out the effect of the micro bubbles in different properties of the laminate and the effect on its cost. The tests show positive results in weight and cost reduction, also micro bubbles increase flame resistance. Unfortunately mechanical properties to flexion are reduced.

**Key words:** GFRP laminates, micro bubbles.

## INTRODUCCIÓN

Una gran parte de las piezas empleadas en la industria del transporte masivo, son fabricadas a base de PRFV (plástico reforzado con fibra de vidrio), por la facilidad de procesamiento y la economía en la inversión de equipos y moldes empleados en el proceso. Por otro lado, existe una fuerte tendencia a reducir el peso muerto de las unidades de transporte con el fin de reducir gastos de operación y cumplir con normas ambientales.

Generalmente estos laminados de PRFV son elaborados usando resinas poliéster insaturadas conjuntamente con fibra de vidrio. La fibra de vidrio se puede usar en diversas presentaciones como son Chopped Strand Mat, Woven Roving e hilo Roving. La combinación de estos materiales, es decir el tipo y proporción de ellos, determina las propiedades como son el peso específico y su resistencia mecánica. Generalmente el contenido de fibra oscila entre el 30 y 35% en peso en estos laminados, por lo que su peso específico es del orden de 1.45. (Quinn 1996).

Basados en estos dos hechos, se plantea en este trabajo la reducción del peso específico del laminado adicionando micro esferas de aluminio silicato. Estas microesferas presentan una densidad media del orden de 0.25 g/cm<sup>3</sup>. Estas microesferas han sido empleadas con gran eficiencia en el desarrollo de superficie y mármol sintético en los cuales se emplea además de una resina poliéster cargas como la calcita, ATH entre otras en concentraciones del orden del 70% en peso (Padilla et.al. 2011). La experiencia con este tipo de microesferas muestra que las cantidades idóneas están en el rango del 5 al 9% en peso dependiendo del tipo de carga y resina que se tenga.

Aunque el objetivo fundamental de este estudio es evaluar el efecto de la adición de microesferas en resina poliéster para la fabricación de laminados, también se analizan propiedades como el peso específico del laminado, propiedades mecánicas a flexión y el costo.

## METODOLOGÍA

Basados en experiencias anteriores, se plantea elaborar laminados de PRFV con un 30% como testigos y laminados con la misma composición inicial de fibra de vidrio pero agregando un 7% de microesferas.

Particularmente, se elaboraron laminados por proceso de laminación manual usando dos capas de colchoneta de fibra de vidrio de 450 g/m<sup>2</sup>, resina PP250 y microesferas Total Round 325S. Básicamente se agregó un 7% en peso de la microesfera en la resina, resultando las composiciones señaladas en la Tabla 1, tanto del testigo (S/ microesferas) y del laminado con microesferas.

**Tabla 1.** Composición en peso y en volumen del laminado testigo y el laminado con microesferas

Componentes	Composición en peso		Composición en volumen(1)	
	C/microesferas	Testigo	C/microesferas	Testigo
Fibra	28.6%	29.7%	13%	16%
Resina	66.7%	69.2%	67%	83%
Microesferas	4.2%	0.0%	20%	0%
Catalizador	0.5%	1%	1%	1%

(1) Nota: se calcula en base a los siguientes pesos específicos: Fibra, 2.70; Resina, 1.20; Microesferas, 0.25 y Catalizador, 1.10.

En la elaboración de los laminados se aplicó una capa de gelcoat (material a base de resina, cargas y aditivos) que funciona como la cara de vista y proporciona una resistencia adicional al medio ambiente y mecánica, particularmente a rayones.

## Ensayos

Los ensayos realizados fueron:

Densidad mediante picnometría usando sifón

Ensayo de flexión en los que se determina la resistencia a la tensión y el módulo elástico a flexión, empleando una máquina Instron de acuerdo a la Norma ASTM D790 mediante el Método I, a una velocidad de deformación de 1.3 mm/min en un claro de 50 mm.

Ensayos de dureza usando un durómetro Barcol de acuerdo la Norma ASTM D 2583. El ensayo se realizó sobre la cara de gelcoat.

Ensayo de flamabilidad en la que se determinó la velocidad de avance de la flama. De acuerdo a la Norma FMVSS 302 que se aplica en la industria del transporte terrestre (autobuses).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan los efectos de la inclusión de microesfera en diversas propiedades que resultan importantes para la aplicación industrial del laminado, que conduzca a establecer conclusiones y resultados sólidos, valiosos y convincentes respecto al objeto de estudio en cuestión.

### Efecto en el espesor y peso específico

La presencia de microesferas en la resina y en el laminado incrementa el espesor del mismo, en un 29%, tal y como se señala los datos reportados en la Tabla 2. Esto contribuye a reducir el peso específico del laminado en un 17%, es decir, se baja el peso de 1.44 a 1.20 tal y como se muestra en la misma Tabla 2.

**Tabla 2.** Propiedades determinadas en los laminados testigo y en los laminados con microesferas Total Round 325 S

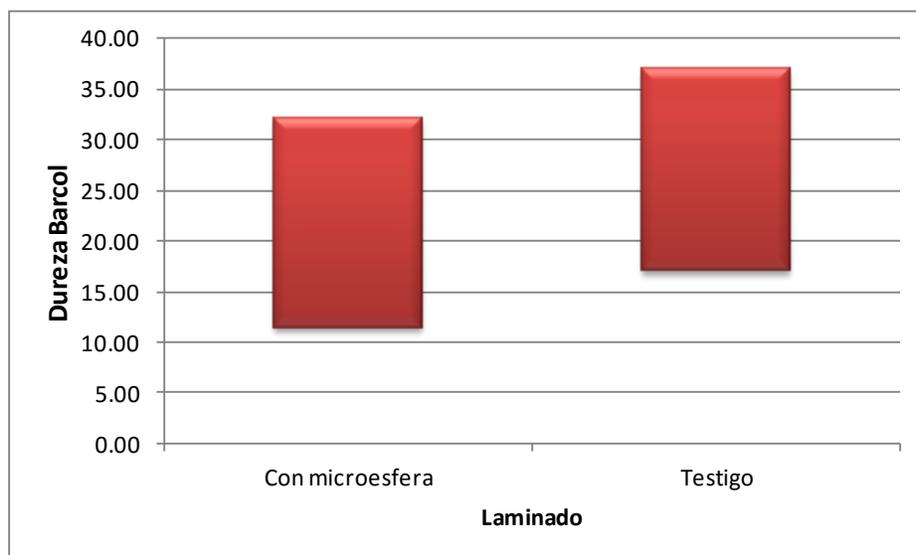
Propiedad	Unidad	C/microesferas	Testigo
<b>Espesor</b>	<b>mm</b>	<b>2.42</b>	<b>1.88</b>
<b>Peso específico laminado</b>	<b>s/u</b>	<b>1.20</b>	<b>1.44</b>
<b>Dureza Barcol</b>	<b>Barcol</b>	<b>19.7</b>	<b>23.7</b>
<b>Resistencia a la flexión</b>	<b>MPa</b>	<b>86.9</b>	<b>151</b>
<b>Módulo de flexión</b>	<b>MPa</b>	<b>3,012</b>	<b>5,200</b>
<b>Velocidad de flama</b>	<b>pulg/min</b>	<b>1.12</b>	<b>1.18</b>
<b>Costo</b>	<b>\$/kg</b>	<b>34.70</b>	<b>35.04</b>
<b>Costo</b>	<b>\$/litro</b>	<b>41.55</b>	<b>50.34</b>

### Efecto en las Propiedades a Flexión

En este ensayo se determina básicamente la resistencia a la flexión y el módulo elástico a flexión, resulta importante, ya que la mayoría de las piezas son sometidas a cargas de flexión en su operación. La Tabla 2, muestra los valores medios obtenidos en cada tipo de laminado. En este caso la presencia de microesferas reduce las propiedades mecánicas a flexión.

### Efecto en la Dureza

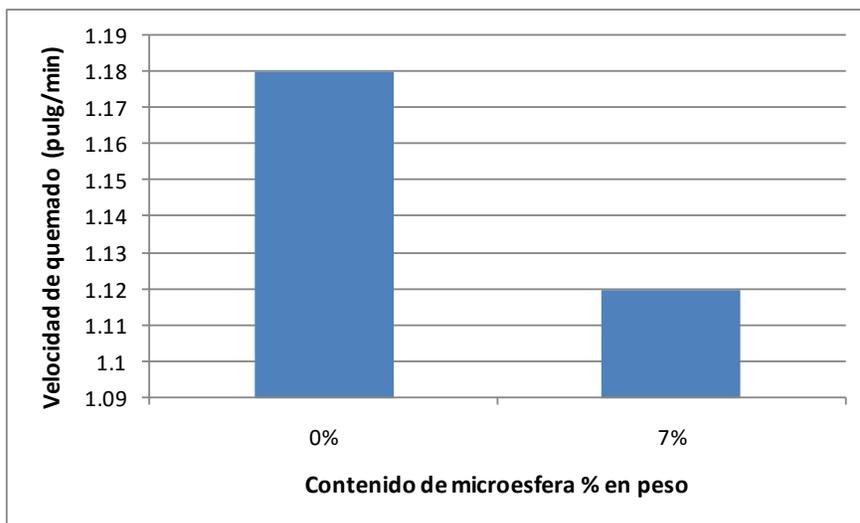
La dureza Barcol que es determinada de acuerdo a la Norma ASTM D 2583, es una propiedad importante. Las determinaciones de dureza se hicieron del lado de la cara del gelcoat. Los valores medios obtenidos en los dos tipos de laminados se presentan en la Tabla 2 y en el gráfico de la Figura 1 se reportan los rangos de valores de dureza observados en el ensayo. La disminución de la dureza por la presencia de microesferas es del orden de un 16%.



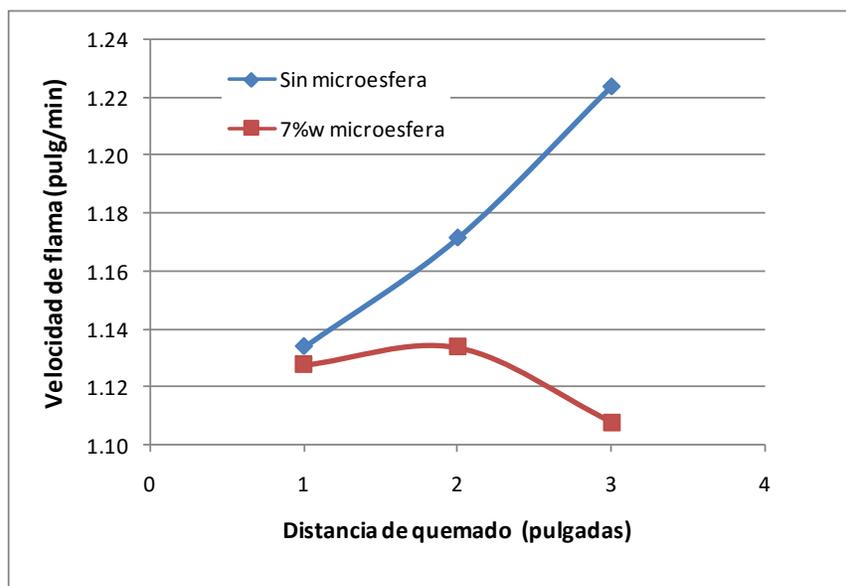
**Figura 1.** Rango de valores de dureza Barcol determinados en laminados con y sin (testigo) microesferas. La determinación se realizó del lado del gelcoat

### Efecto en la Resistencia a la Flama

El ensayo se realiza de acuerdo a la Norma FMVSS 302. La Figura 2 muestra la velocidad promedio de quemado (o combustión) promedio de los dos tipos de laminados ensayados. De igual forma la Figura 3 muestra esquemáticamente la velocidad de quemado en función del avance de la flama en los dos laminados. Resulta interesante hacer notar que la velocidad de flama se reduce en el laminado con microesfera, mientras que en el laminado testigo la velocidad se incrementa conforme avanza la flama.



**Figura 2.** Velocidad de quemado del laminado testigo (0% w de microesfera) y del laminado con microesferas. El 7%w corresponde al contenido de microesfera en relación a la resina empleada



**Figura 3.** Velocidad de avance de la flama (velocidad de quemado) de los laminados sin (testigo) y con microesferas

### Efecto en el costo

Finalmente la adición de microesferas al laminado reduce mínimamente el costo por kilogramo, sin embargo en términos de volumen el costo por litro se reduce en un 17%, tal y como lo muestran los datos reportados en la Tabla 2. Los costos se determinaron considerando los siguientes costos por kilogramo: Resina \$ 34; colchoneta \$ 33; Microesfera \$ 34 y catalizador \$100.

## CONCLUSIONES

Si bien se logra reducir el peso específico en un 16% y con esto reducir el costo del laminado, salvo la resistencia a la flama ligeramente en un 5%, la dureza y la resistencia mecánica a flexión se reducen.

Estos resultados aunque positivos en el sentido del objetivo inicial, obligan a realizar nuevos diseños del laminado con microesfera. Una posible opción es incrementando el contenido del 30 al 35%. Esto es factible de lograr por el proceso tradicional de fabricación a molde abierto, o bien incrementando a niveles del 40% empleando un proceso más limpio y eficiente como es el proceso de RTM light.

## REFERENCIAS

Quinn J.A. (1996). Composites-Desing Manual, 1<sup>a</sup> Ed James Quinn Associates Ltd., p 4.1- 4.12.

Padilla R. A, Panamá A. I, Flores B. a y Cortes S. V, (2011); Evaluación y comparación de carga ligera en resinas poliéster, Memorias del II Congreso Internacional de Docencia e Investigación en Química.