



Comparación de materiales compuestos reforzado con fibra orgánica e inorgánica

Sara Beatriz Ramirez Gonzalez¹, Adolfo Mata González¹, Higinio Juárez Ríos¹ y Gerardo Perez Cabrera¹

¹ UPIIG-IPN. sarirago@hotmail.com

RESUMEN:

En la actualidad los materiales compuestos son un elemento clave en el diseño de componentes en diversas áreas, aeroespacial, automotriz, generación de energía, etc. En este trabajo se pretende comparar las propiedades mecánicas de distintos materiales compuestos como módulo de elasticidad y esfuerzo de cedencia del compuesto. El compuesto será conformado por una matriz (resina epoxi o poliéster), el refuerzo serán fibras (fibra de vidrio y fibra de yute), el catalizador se variará en diferentes concentraciones (3%, 5%, 7% y 10%).

Para la manufactura de las probetas se utiliza el método manual, el molde a utilizar será una superficie lisa con varias capas de desmoldante. Se elige la fibra (vidrio o yute), previamente se registraron sus propiedades (peso, densidad, volumen aproximado), por otro lado se prepara la resina con el catalizador que se obtenga una mezcla homogénea.

Las configuraciones de la probeta son: a) una capa de fibra b) dos capas de fibra, c) dos capas de fibra con relleno y d) sin refuerzo. Esto porque se desea en otros trabajos posteriores determinar teóricamente las propiedades mecánicas, además. El relleno nos sirve para aplicaciones estructurales donde se requiere más espesor.

Las probetas fueron sometidas a los ensayos de tensión y flexión en una máquina universal, y se determinó el módulo y el esfuerzo de cedencia, cabe mencionar que la probeta y las pruebas se ajustan a la norma ASTM D3039. Se observa que la fibra de vidrio tiene relativamente mejores propiedades mecánicas que la de yute, pero el aspecto económico y bajo peso de la fibra de yute, y además la sustentabilidad de la fibra orgánica son factores para elegirla como reemplazo en algunas aplicaciones estructurales. En trabajos posteriores este material será aplicado para la construcción de ciertos componentes en el área aeronáutica y en automotriz.

1. INTRODUCCIÓN.

Un material compuesto, como el nombre lo indica, está formado por uno o más materiales [1]. Al remplazar los materiales tradicionales por materiales compuestos se logra una mejora de las propiedades mecánicas y térmicas de la estructura deseada, las cuales no serían posibles lograr con los materiales puros. Dicha mejora y la reducción de costes ha sido la causa principal de la creciente investigación acerca de estos materiales. Los materiales compuestos están principalmente compuestos por fibras y matrices, existiendo una gran variante en ambas.

La fibra es el componente de refuerzo del compuesto y debe ser determinada para obtener las principales propiedades mecánicas. En la tabla 1 se muestra una clasificación de las fibras.

Tabla 1. Clasificación de fibras en función de su origen.

Fibras de origen mineral	Fibras Cerámicas
	Fibras Metálicas
	Fibras de origen inorgánico
Fibras de origen orgánico	Aramida, polietileno

Los materiales compuestos reforzados con fibras inorgánicas tales como la fibra de vidrio son actualmente muy utilizados en el sector aeronáutico, automovilístico y de construcción, mientras que los materiales reforzados con fibras orgánicas como el yute son de uso más común en



aplicaciones para interiores automovilísticos. Por otra parte la función principal de la matriz es la de distribuir los esfuerzos entre las fibras y al mismo tiempo mantiene las fibras unidas por medio de fuerzas adhesivas y cohesivas. En la tabla 2 se muestra una clasificación de matrices.

Tabla 2. Clasificación de diferentes Matrices.

Inorgánicas	Matrices Cerámicas.	
	Matrices Metálicas	
Orgánicas	Termoestables	Epoxi, viniléster, poliéster, fenólica, polimidias
	Termoplásticas	PVC, polietileno, policarbonato, poliestileno

2. TEORIA

2.1 Fibra de Vidrio. El vidrio E es el más comúnmente usado, esto debido a sus buenas propiedades de resistencia, rigidez, eléctricas y de desgaste. El vidrio S es más caro que el vidrio E pero tiene un módulo de Young superior y es más resistente a las altas temperaturas, este se usa en aplicaciones específicas como la industria aeronáutica, en donde la superioridad de propiedades justifica la diferencia de coste.

2.2 Fibra de Yute. Las fibras de Yute son 100% biodegradables y por lo tanto no dañan al medio ambiente, además las raíces de la planta de yute contribuyen de manera decisiva a aumentar la fertilidad en los suelos. La fibra de Yute es considerada por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura como una de las cuatro fibras del futuro [4]. El yute tiene grandes ventajas como sus propiedades aislantes, su baja conductividad térmica y su gran resistencia a la tensión y su bajo coste. Teniendo en cuenta todos estos puntos el objetivo es probar diversas configuraciones para la formación de materiales compuestos con esta fibra y en un futuro ser capaces de reemplazar la fibra de vidrio y otros productos en el uso industrial.

2.3 Resina.

La resina es utilizada como matriz de unión. Existen distintos tipos de resinas, siendo las principales las resinas Poliéster, resinas Viniléster, resinas Epoxi y las resinas Fenólicas. La resina poliéster es la de uso común siendo utilizada en más del 90% de los laminados comerciales, la cual fue usada también para este proyecto. En este proyecto se utilizó la serie PP-70X60, la cual es una resina poliéster insaturada, ortoftálica de reactividad media preacelerada (ver propiedades tabla 3). [2]

Tabla 3. Propiedades de la resina líquida [3].

Especificación	Valor
Viscosidad @25°C, agua #3 a 60 r.p.m (cps)	420 ± 40
Densidad @25°C (g/ml)	1.10 ± 0.02

2.4 Catalizador.

Se utilizó el catalizador K-2000 el cual es un peróxido de metil etil cetona diluido en Metil ftalato, este catalizador es usado para el curado a temperatura ambiente de resinas poliéster. En la tabla 4 se muestran sus propiedades.

Tabla 4. Propiedades del catalizador K-2000 [3].

Especificación	Valor
Apariencia (S.U.)	Ligeramente amarillo
Densidad (g/cm ³)	1.18 ± 0.03
Viscosidad (MPa*s)	24 ± 2

3. PARTE EXPERIMENTAL

El primer paso es elegir una superficie adecuada, limpiarla bien y agregar cera desmoldante. El siguiente paso es preparar los componentes a utilizar, cortar y pesar la fibra ya sea la fibra de vidrio o la fibra de yute, así como tener en cuenta cuantas capas de fibra serán necesarias para cada probeta.

Pesar la resina poliéster pp-70x60y realizar los cálculos necesarios, utilizando una relación de masas entre resina-catalizador, para saber la masa de catalizador k-2000 a usar en la prueba,



dependiendo del porcentaje deseado (3%, 5%, 7% o 10%). Se prepara la mezcla resina-catalizador, obteniendo una mezcla homogénea, siendo esta la matriz a utilizar. Dependiendo de la probeta a realizar, una capa, dos capas o dos capas con relleno, se realiza lo siguiente:

Probetas con una capa de fibra: Se coloca la capa de fibra sobre la superficie ya preparada, se vacía encima de esta la matriz y se esparce uniformemente con la ayuda de una brocha hasta que esta haya quedado totalmente impregnada. Figura1 (a)

Probetas con dos capas de fibra: Se coloca la primera capa de fibra sobre la superficie preparada, vaciar un poco de la matriz sobre esta y esparcirla uniformemente con la ayuda de una brocha hasta que la fibra haya quedado totalmente impregnada. Se coloca después la segunda capa de fibra, quedando exactamente sobre la primera (debe procurarse que las dos fibras tengan las mismas dimensiones) se vacía el resto de la mezcla sobre las fibras y se esparce con la brocha uniformemente para que estas queden totalmente impregnadas. Figura1 (b).

Probetas con dos capas de fibra y una de relleno: Se coloca la primera capa de fibra sobre la superficie y se vierte la matriz sobre esta, se esparce con la ayuda de una brocha hasta que la fibra quede impregnada uniformemente. Se coloca el relleno sobre la primera capa (procurando sean de las mismas dimensiones), se vierte la mezcla sobre estas y se esparce hasta que quede impregnada uniformemente. La última capa de fibra es colocada sobre el relleno y se vierte el resto de la matriz sobre esta, esparciéndola nuevamente con la ayuda de una brocha hasta que haya quedado impregnada uniformemente. Figura2 (c).

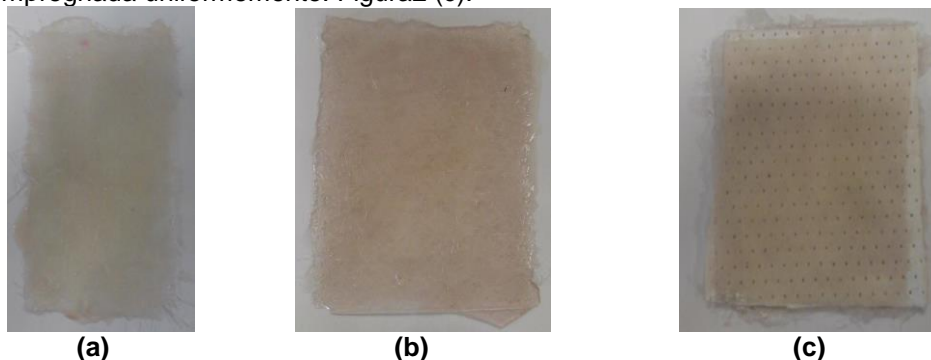


Figura 1. (a) Probeta con una capa de fibra de vidrio. (b) Probeta con dos capas de fibra de vidrio. (c) Probeta con dos capas de fibra de vidrio y una de relleno.

Se dejan secar las probetas, requiriendo un periodo de tiempo diferente para cada configuración, cuando la probeta está seca se desmolda de la superficie y está lista para ser cortada según la norma ASTM D3039, esto para obtener las probetas finales a utilizar para las pruebas de tensión.

Teniendo ya las probetas listas para las pruebas se introducen a la máquina Universal, configurando dicha máquina para las dimensiones y el tipo de material utilizado para la probeta a estudiar, el tipo de ensayo a realizar y los resultados que se desea obtener, los cuales son Módulo de elasticidad y el esfuerzo de cedencia.

Al obtener los resultados de cada probeta se analizan y comparan las propiedades mecánicas de cada configuración (una capa de fibra, dos capas de fibra o dos capas de fibra y una de relleno) con el distinto tipo de porcentaje de catalizador empleado.

En la figura 2(a) se muestra una probeta cortada según la norma ASTM D3039. En la figura2 (b) se muestran las tres diferentes configuraciones de probetas realizadas con fibra de vidrio y 5% de catalizador, sometidas a prueba de tensión. En la figura2 (c) se muestran probetas con una capa de fibra de vidrio y los el 3%, 5%, 7% y 10% de catalizador (izquierda a derecha), sometidas a pruebas de tensión. En la figura2 (d) se muestran probetas sometidas a pruebas de tensión, con una configuración del 3%, 5%, 7% y 10% de izquierda a derecha y una capa de fibra de vidrio, dos



capas de fibra de vidrio, dos capas de fibra de vidrio y dos capas de fibra y una de relleno respectivamente.

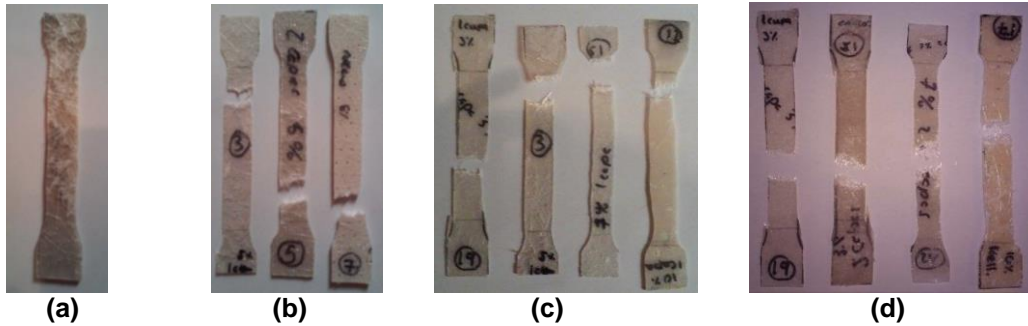


FIGURA 2. Probetas utilizadas en el experimento

Discusión de resultados: Las gráfica muestra el comportamiento de las distintas configuraciones de probetas realizadas con fibra de vidrio, los primeros 4 puntos de izquierda a derecha muestran la configuración de una capa de fibra de vidrio, los próximos cuatro muestran la configuración de probetas con dos capas y los últimos cuatro la configuración de dos capas de fibra y una de relleno. Todos estos a diferentes porcentajes de catalizador, 3%, 5%, 7% y 10% de izquierda a derecha respectivamente. Se realizaron tres pruebas para cada una de las configuraciones deseadas. La línea nos indica el rango en las que salieron los resultados, y el punto nos indica el valor promedio obtenido.

La gráfica de la figura 3 muestra el esfuerzo de cedencia obtenido por la máquina universal y al comparar los esfuerzos últimos de todas las probetas. Nos podemos dar cuenta fácilmente que las probetas con 5% y 7% de dos capas son las que tienen un mayor esfuerzo de cedencia, sin embargo para los demás números de capas se obtienen resultados similares, siendo las del 5% y 7% las que tienen un mejor desempeño con diferentes números de capas, aunque con un valor mucho menor.

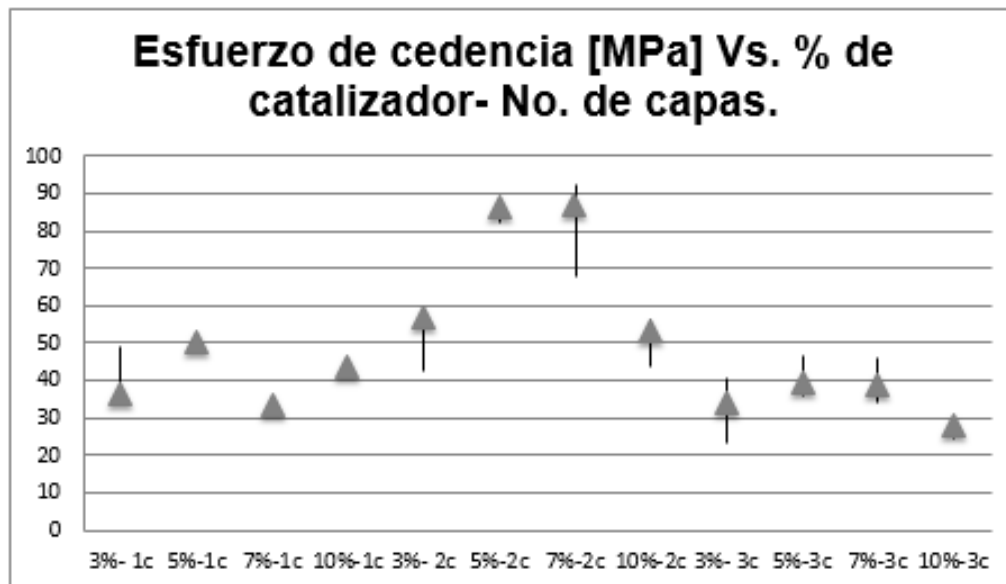


Figura 3. Esfuerzo de cedencia de probetas realizadas

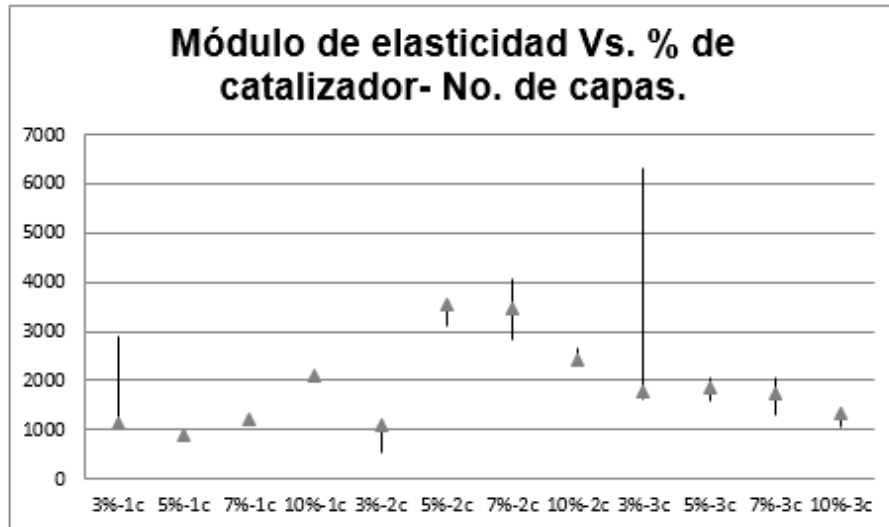


Figura 4. Módulo de elasticidad de probetas realizadas

La figura 4 muestra una comparativa entre el Módulo de elasticidad y las probetas; similar a la primera, los resultados con mejor desempeño son de las probetas de dos capas con 5% y 7% de catalizador.

Se propusieron probetas de dos capas de fibra con una de relleno intermedia, teniendo la hipótesis de que al aumentar la sección transversal en el material compuesto, incrementando el espesor, este podría soportar un mayor esfuerzo. Sin embargo, al realizar las pruebas y comparar las propiedades obtenidas con las propiedades de las probetas con dos capas de fibra, se puede observar como no solo este planteamiento es incorrecto, sino que además hubo un decremento considerable en las propiedades mecánicas del material.

4. CONCLUSIONES

La mejor configuración de la probeta realizadas es con un porcentaje de catalizador de 5 o 7% teniendo valores muy similares en sus propiedades.

El uso del relleno es útil para dar espesor, pero disminuye el modo de elasticidad y el esfuerzo de cedencia.

Como era de esperarse las probetas con dos capas obtienen mejores propiedades que las realizadas con una sola capa de fibra.

BIBLIOGRAFÍA (ARIAL, bold, 10 pt. justificado a la izquierda)

1. D. Hul, " An introduction to composite Materials", Editorial Reverté, 1987, pp. 9-47.
2. D. Gray, S.V. Hoa, S.W. Tsai, "Composite materials design and aplicaciones", CRC Press LLC, 4th ed, Chapter1-3.
3. www.poliformasplasticas.com.mx. 2015.
4. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <http://www.fao.org>. 2015