

Facultad: Ciencias Naturales e Ingenierías			
Programa: Tecnología en Operación y Mantenimiento Electromecánico			
Nombre del Semillero: DIMAIN Diseño y selección de materiales para ingeniería			
Grupo de Investigación: DIMAT Grupo de investigación en Diseño y Materiales			
Temática o Línea de Investigación: Materiales estructurales y de aplicaciones tecnológicas			
Nombre del Director: Luis Alberto Laguado Villamizar			
Identificación: cc 91480210 de Bucaramanga			
Nivel formación Académica: Diseñador Industrial, Especialista en Docencia Universitaria, Magister en Ingeniería de Materiales			
Teléfono: 3022428127			Correo: llaguado@correo.uts.edu.co
Nombre del Proyecto de Investigación: Caracterización de residuos poliméricos PET generados en la sede principal de las UTS a partir de pruebas mecánicas			Campo del saber: Ingeniería de Materiales
Autores del Proyecto: Luis Alberto Laguado Villamizar Danny Yamile Acevedo Oyola Maria Camila Hernández G	Dirección: Cra 3 No 1-73 Casa 17 Floridablanca	Teléfono: 3022428127	Correo: llaguado@correo.uts.edu.co
Resumen del trabajo (máximo 200 palabras) El propósito de este proyecto es realizar la primera fase de investigación para implementar el diseño de un nuevo material compuesto reforzado con residuos sólidos. El proyecto se divide en tres etapas: La primera etapa es la de búsqueda y análisis de la documentación bibliográfica pertinente. La segunda etapa es el trabajo de campo, el cual incluye la recolección, clasificación y cuantificación de los residuos sólidos de origen polimérico: (Polietilen Tereftalato PET) generados en la sede principal de las UTS. Y la tercera etapa es la caracterización mecánica de acuerdo a la composición de los residuos tipo PET generados, por medio de pruebas mecánicas en el laboratorio de resistencia de materiales. Actualmente, en la UTS, estos residuos no son debidamente acondicionados ni seleccionados para su aprovechamiento. Como metodología para contribuir al aprovechamiento de los residuos sólidos de origen polimérico generados dentro de la institución educativa, buscando disminuir el impacto producido por la generación de residuos de origen plástico. Se propone recolectar, clasificar y cuantificar los residuos generados. Posteriormente, caracterizar mecánicamente los residuos, con el fin de conocer sus propiedades para la elaboración de materiales compuestos.			
Objetivo General Disminuir el impacto ambiental por residuos sólidos poliméricos generados en las UTS por medio de estrategias de recolección y pruebas mecánicas para el aprovechamiento de los envases PET con el fin de elaborar refuerzos de materiales compuestos.			

Objetivos Específicos:

- Implementar el programa de recolección y manejo de residuos sólidos en las UTS, con el fin de identificar las fortalezas y dificultades presentadas.
- Desarrollar un modelo de muestreo particular de inventario de residuos sólidos, por medio de trabajo de campo en la ruta de recolección institucional, con el fin de clasificar y cuantificar los residuos de tipo PET generados en la UTS.
- Realizar pruebas de tensión mecánica en el laboratorio de resistencia de materiales, con el fin de conocer el comportamiento mecánico del material PET reciclado, para su aprovechamiento como material compuesto.

Análisis de los Resultados:

En la caracterización mecánica del material reciclado, por medio de pruebas de tensión, se encontró que el límite elástico del material (S_y) se encuentra en 29MPa, la resistencia máxima (S_u) 45MPa, el módulo de elasticidad (E) 1.5MPa y la ductilidad máxima ($\% \epsilon$) 39%.

Con estos valores se puede estimar el valor de la resistencia de un material compuesto de resina poliéster reforzado con fibras de PET reciclado, utilizando la regla de las mezclas. De esta manera se muestran diferentes alternativas para obtener un nuevo material compuesto, con diferentes porcentajes en masa de matriz y refuerzo. En la tabla 1 se pueden observar los valores del Módulo de elasticidad de un material compuesto con diferentes combinaciones de matriz y fibra. En este cálculo se utiliza el valor promedio del Módulo de Elasticidad del PET reciclado, obtenido en las pruebas de tracción y el Módulo de Elasticidad en la matriz de Resina Poliéster, obtenida en tablas de propiedades de materiales. En la tabla 2 se muestran los valores de la resistencia última del mismo material compuesto. En este caso se utiliza el valor promedio de la Resistencia última del PET reciclado, obtenido en las pruebas de tracción y la Resistencia última de la Resina Poliéster, obtenida en tablas de propiedades de materiales.

Aplicación de la Regla de las mezclas para determinar el Módulo de Elasticidad E , siempre que las fibras sean continuas y unidireccionales (Askeland, 2004):

$$E = f_m * E_m + f_f * E_f$$

La resistencia a la tensión de un material compuesto reforzado con fibras (TS) depende de la unión entre fibras y matriz. Sin embargo, la regla de las mezclas se puede utilizar para obtener una aproximación de la Resistencia a la Tensión de un material compuesto que contenga fibras continuas y paralelas. TS_f es la resistencia a la tensión del refuerzo, obtenido en los ensayos del PET reciclado. σ_m es el esfuerzo que actúa sobre la matriz cuando el material compuesto está deformado hasta el punto en que las fibras se fracturan. Este valor se obtiene de las tablas de propiedades de la resina poliéster (Askeland, 2004):

$$TS = f_m * \sigma_m + f_f * TS_f$$

Tabla 1: Aplicación de la regla de las mezclas para calcular el Módulo de elasticidad de un material compuesto de matriz de resina poliéster, reforzado con fibras de PET reciclado

Matriz	Fibra	E_m	E_f	E (MPa)
0.9	0.1	2760	1.41	2484.141
0.8	0.2	2760	1.41	2208.282
0.7	0.3	2760	1.41	1932.423
0.6	0.4	2760	1.41	1656.564
0.5	0.5	2760	1.41	1380.705

Fuente: (Autor)

Tabla 2: Aplicación de la regla de las mezclas para calcular la Resistencia última de un material compuesto de matriz de resina poliéster, reforzado con fibras de PET reciclado

Matriz	Fibra	S_m	S_f	S (MPa)
0.9	0.1	120	40.77	112.077
0.8	0.2	120	40.77	104.154
0.7	0.3	120	40.77	96.231
0.6	0.4	120	40.77	88.308
0.5	0.5	120	40.77	80.385

Fuente: (Autor)

Conclusiones:

El módulo de elasticidad del material disminuye al aumentar el porcentaje de fibra en el material compuesto. La Resistencia última del material también disminuye al aumentar el porcentaje de fibra en el material compuesto. Es necesario aclarar que la aplicación de esta regla de las mezclas requiere un tratamiento del PET para obtener unas fibras lo suficientemente delgadas, y el procesamiento se debe realizar por medio de fibras paralelas. Con respecto a las aplicaciones requeridas para este material, el fin último de este proyecto es Diseñar y construir aplicaciones arquitectónicas como mobiliario institucional. Se requiere un material alternativo, pero que tenga la resistencia suficiente para diseñar estas aplicaciones. Según los resultados obtenidos en esta investigación, la Resistencia máxima proyectada para el material es de: 112MPa. Este valor es menor comparado con la resistencia a la tensión de otros materiales compuestos que se pueden utilizar en estas aplicaciones. El nuevo material se puede proyectar para el diseño de aplicaciones de menor resistencia, teniendo en cuenta que tiene una resistencia que alcanza solo el 20% de la resistencia de la fibra de Carbono, y el 70% de la resistencia de la fibra de vidrio. Esta evidente deficiencia en cuanto a la resistencia del material se compensa con el bajo costo y la disminución del impacto ambiental que tendrá el nuevo material reforzado con PET reciclado.

Tabla 3: Comparación de la Resistencia a la tensión de materiales compuestos

Matriz + Refuerzo	Resistencia a la tensión (MPa)	Comparación
Matriz Epóxica reforzada con Fibra de Carbono	551	100%
Matriz de Poliéster reforzada con Fibra de Vidrio	158	28%
Matriz de Poliéster reforzada con PET reciclado	112	20%

Recomendaciones y Propuestas de Trabajos Futuros:

- La regla de las mezclas es una guía para aproximar la resistencia que tendrá el nuevo material compuesto. Se recomienda elaborar las probetas y realizar las pruebas en el laboratorio de Resistencia de materiales para obtener la resistencia real del material.
- La regla de las mezclas solo funciona con fibras, por lo tanto es necesario investigar la literatura existente sobre el tema para conocer las condiciones de utilización del PET reciclado como fibra. Si no se encuentran al alcance las condiciones adecuadas, se recomienda utilizar el PET reciclado como láminas y aplicar la regla de las mezclas correspondiente para los materiales compuestos reforzados con láminas.
- Teniendo en cuenta que la Resistencia a la tensión de los materiales compuestos depende de la adherencia adecuada entre el refuerzo y la matriz, se recomienda proponer proyectos de investigación dirigidos a mejorar esta adherencia. Es necesario proponer la utilización de aditivos para el PET reciclado y evaluar su adherencia con matrices de resinas termoestables.

Bibliografía:

- Ashby M, S. H. (2007). *Materials engineering science processing and design*. Oxford: Elsevier.
- Askeland, D. R., & Phulé, P. (2004). *Ciencia e ingeniería de los Materiales*. México: Thomson.
- Equipo editorial de Tecnología del Plástico. (Agosto de 2012). *TECNOLOGIA DEL PLASTICO*. Obtenido de <http://www.plastico.com/temas/En-Colombia,-el-reciclaje-de-PET-botella-a-botella-tiene-futuro+3089010>
- Garcia, L., & Sanchez , Y. (2016). *Actualización del plan de gestión integral de residuos sólidos de las Unidades Tecnológicas de Santander sede Bucaramanga*. Bucaramanga.
- Muñoz, M., Quintana , K., & Hidalgo, M. (2012). Análisis mecánico del compuesto Polietileno Aluminio reforzado con fibras cortas de fique en disposición bidimensional. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*(32), 89 - 95.
- Myalski, J. S. (september - october de 2006). Influence of preparing of GFR recyclates on the properties of polyester matrix composites. *Journal of achievements in materials and manufacturing engineering*, 18(1 - 2).
- Perez, M. A. (29 de Octubre de 2015). *Blogthinkbig.com*. Obtenido de <http://blogthinkbig.com/botella-agua-reciclable-servir-tras-uso-elemento-construccion/>
- Schmauder S, S. I. (abril de 2016). Multiscale materials modeling. (Elsevier, Ed.) *Materials today*, 19(3), 130 - 131.
- Valadez, A., Cervantes , M., Olayo , R., & Herrera , P. (1999). Effect of fiber surface treatment on the fiber–matrix bond strength of natural fiber reinforced composites. (Elsevier, Ed.) *Composites part B: engineering*, 309 - 320.
- Villavicencio, M. (27 de Octubre de 2012). *Proyectotal* . Obtenido de

<http://proyectotal.blogspot.com.co/2012/10/construccion-casas-de-plastico-con-pet.html>

Zubitur, M. (2009). *Materiales compuestos, Departamento de ingeniería química y medio ambiente, Escuela universitaria Politécnica de Donostia, Universidad del país Vasco, Euskal Herriko Unibertsitatea*. Obtenido de http://cvb.ehu.es/open_course_ware/castellano/tecnicas/materia_comp/Course_listing.html