



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y
COMUNICACIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

**VALIDACIÓN DE UN MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIMÉRICA
TERMOESTABLE Y REFUERZO DE FIBRA VEGETAL DE HENEQUÉN EN
FUNCIÓN DE SU TENACIDAD**

PROYECTO INTEGRADOR

Nivel: Tercero

Periodo académico: A20

Autor(es)

Grace Elizabeth Caza Valencia

Gabriel Alfonsín Murillo Quishpe

José Roland Castillo Montoya

Docente (es)

Ing. Jorge Luis Lema Loja Phd(c)

QUITO – ECUADOR

2020

CONTENIDOS

Competencias específicas a la que tributa la asignatura:.....	5
Problema profesional que pretende solucionar:.....	5
ABSTRACT	5
CAPÍTULO 1	6
INTRODUCCIÓN.....	6
PROBLEMATIZACIÓN	8
JUSTIFICACIÓN.....	8
OBJETIVOS	8
Objetivo general:	8
Objetivos específicos.....	8
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	9
CAPÍTULO II.....	13
PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	13
RESULTADOS	14
AJUSTE DE LA CURVA PRA OBTENER EL MODELO MATEMÁTICO	15
CÁLCULO DEL ÁREA BAJO LA CURVA	15
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	16
CAPÍTULO III	19
CONCLUSIONES.....	19
RECOMENDACIONES	20
BIBLIOGRAFÍA.....	21
ANEXOS	22

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN EN LAS FIBRAS.....	9
TABLA 2. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CÁLCULO EMPLEADOS PARA LAS GRÁFICAS OBJETO DE LA INVESTIGACIÓN.	10

ÍNDICE DE FIGURAS o IMÁGENES

FIGURA 1. APLICACIONES DEL MATERIAL COMPUESTO: MADERA PLÁSTICA.	6
FIGURA 2. MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIMÉRICA TERMOESTABLE Y REFUERZO DE FIBRA VEGETAL.	7
FIGURA 3. FÓRMULA PARA CALCULAR LA DEFORMACIÓN UNITARIA EN UN MATERIAL.....	9
FIGURA 4. DIAGRAMA DE DISPERSIÓN PARA ESTIMAR LA CALIFICACIÓN DE LOS ALUMNOS EN FUNCIÓN DEL TIEMPO.....	11
FIGURA 5. ESTIMACIÓN DE LAS NOTAS A PARTIR DE LA ECUACIÓN ESTIMADA.....	12
FIGURA 6. PROBETA DEL ENSAYO DE DESPRENDIMIENTO DE FIBRA POR TENSIÓN Y EL DISPOSITIVO CON AGUJERO BISELADO.	13
FIGURA 7. GRÁFICA CARGA VS. DEFORMACIÓN LINEAL.	14
FIGURA 8. GRÁFICA ESFUERZO VS. DEFORMACIÓN UNITARIA.	14
FIGURA 9. AJUSTE DE LA CURVA PARA DETERMINAR LA FUNCIÓN POLINÓMICA.	15
FIGURA 10. COMPORTAMIENTO TENSIÓN VS. DEFORMACIÓN DE DISTINTOS TIPOS DE MATERIALES.	16
FIGURA 11. FUNCIÓN POLINÓMICA AJUSTADA.	17
FIGURA 12. COMPORTAMIENTO TENSIÓN VS. DEFORMACIÓN DE UN POLÍMERO TERMOPLÁSTICO.....	17
FIGURA 13. AJUSTE DE LA CURVA PARA DETERMINAR LA FUNCIÓN POLINÓMICA.	18
FIGURA 14. MOLDE EMPLEADO PARA LA FABRICACIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO.....	22
FIGURA 15. COLOCACIÓN E IMPREGNACIÓN DE LAS FIBRAS CON LA RESINA EN EL MOLDE.	22
FIGURA 16. ESTRUCTURA FUNDAMENTAL DE UNA UAV PARA AÉROMODELISMO.	22

DATOS GENERALES

Competencias específicas a la que tributa la asignatura:

Desarrollar un análisis para la validación de un material destinado a la elaboración de estructuras para aeromodelismo con base en sus características mecánicas.

Problema profesional que pretende solucionar:

Aprobar la aplicación de una materia prima capaz de sustituir a las convencionales para su incorporación en los procesos productivos de producción de elementos constitutivos de aeronaves a escala.

RESUMEN EJECUTIVO

Se investigan los resultados obtenidos del ensayo mecánico de tracción aplicados sobre una probeta de matriz polimérica termoestable con refuerzo de fibra vegetal de Henequén. Con base en la información recolectada se desarrollan los cálculos necesarios para establecer cuál es la tenacidad que el material tiene. Para esta deducción se emplea toda la maquinaria teórica disponible que permita estructurar información verídica, proporcionando de esta manera una herramienta apta para la toma de decisiones eficientes. Las conclusiones se extraen a partir de tablas, gráficas y fórmulas que validan el empleo del material enunciado como insumo pertinente para el desarrollo de los procesos productivos específicos.

ABSTRACT

The results obtained from the mechanical tensile test applied to a thermosetting polymer matrix specimen with Henequen fiber reinforcement was investigated. Based on the information, the equations are developed to establish the tenacity of the material. For this deduction, all available theoretical information is used to structure good hypothesis, thus providing a suitable tool for efficient decision-making. The conclusions are drawn from tables, graphs and formulas that validate the use of the stated material as a relevant input for the development of specific processes.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Como lo explican Víctor Hugo, Salomé & Patricia; un material compuesto es un sistema en el que existen dos o más fases diferentes a nivel molecular o atómico y que pueden ser separadas por medios mecánicos (página 32); una de estas se conoce como material aglutinante (matriz) y a la otra como refuerzo, sin embargo, un material compuesto puede albergar otros constituyentes como recubrimientos y rellenos.

Continuando, el empleo de este tipo de materiales ha incrementado notablemente los últimos años ya que de alcanzar su configuración óptima es posible que sustituyan a materiales tradicionales como el acero y el aluminio.

Pero no es necesario ir muy lejos ya que la naturaleza posee varios ejemplos de materiales compuestos, entre los más evidentes se halla los huesos y la madera. En la actualidad, la ciencia y tecnología de materiales busca mejorar las cualidades innatas de materiales de dicho origen.

Pues bien, entre las propiedades más atractivas que pueden ser potenciadas se hallan: la resistencia mecánica específica y la tenacidad. También está la apremiante necesidad de usar materiales que sean amigables con el ambiente.

En respuesta a esta última necesidad de la industria; han emergido los así llamados compuestos lignocelulósicos, caracterizados por una estructura constituida por una matriz polimérica reforzada con fibras de procedencia vegetal. La *figura 01* permite apreciar varias aplicaciones de la madera plástica (formada con polvo de madera reciclada) en paneles de automóviles, pisos, juguetes, muebles, etc.



Figura 1. Aplicaciones del material compuesto: madera plástica.
Fuente: Nuevos materiales. Aplicaciones Industriales y Estructurales.
Elaborado por: Víctor Hugo Phd. Salomé Ing. & Patricia Ing.

Por otra parte, según la norma ASTM D6400-99 “Especificación Estándar para los Plásticos Compostables”, en los plásticos biodegradables, su atenuación resulta de la acción natural de microorganismos, que posteriormente lo llevará a convertirlos en humus resultante de reacciones de oxidación y reducción que arrojan productos como dióxido de carbono, agua, minerales y materia orgánica.

La necesidad de emplear éste tipo de materiales biodegradables obedece a la actitud que varios gobiernos han adoptado para mitigar la reducción de desechos, como un proceso más eficaz que sus antagónicas como la incineración con retroalimentación de energía y el reciclaje convencional o mecánico.

En vista de lo hasta aquí comentado, el presente trabajo expone el estudio de la tenacidad a un material de matriz polimérica termoestable y refuerzo de fibra vegetal (ver *figura 02*) que presente la misma tenacidad que un material polimérico convencional y que ofrezca la ventaja comparativa de ser mucho más amigable con el ambiente.

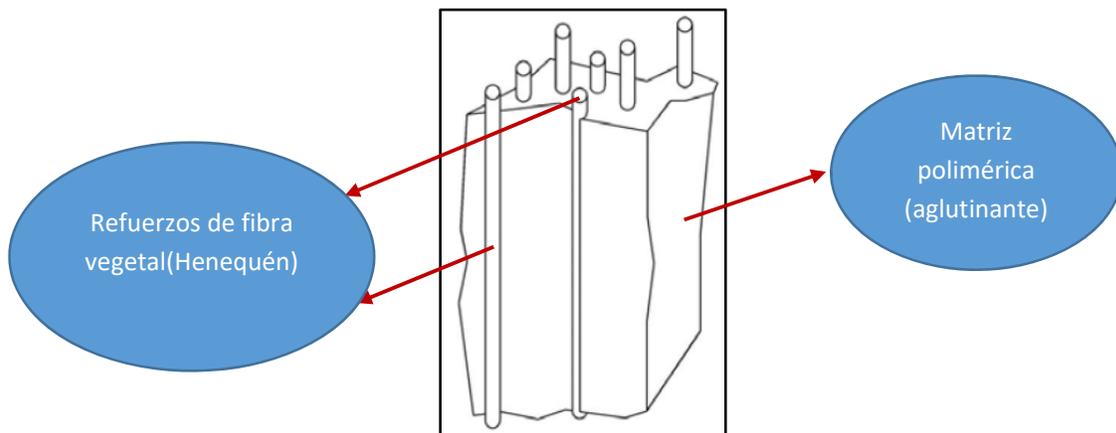


Figura 2. Material compuesto de matriz polimérica termoestable y refuerzo de fibra vegetal.

Fuente: Los autores.

Elaborado por: Los autores.

PROBLEMATIZACIÓN

Partiendo de la investigación llevada a cabo para la “Caracterización de la interface de material compuesto de matriz polimérica termoestable reforzada con fibras de Henequén cubano” (M. Sc. Guerra Silva, Dr. Valín Rivera, M. Sc. Fernandez-Abreu, Dr. Wiebeck, & Dr. Goncalvez, 2017); en la cual se calcula la resistencia al esfuerzo de tracción del material compuesto, se buscó un método analítico capaz de determinar su tenacidad y solucionar el problema de la habilitación del material para su uso en los procesos productivos de estructuras para aeromodelismo.

JUSTIFICACIÓN

Es importante responder técnicamente a la pregunta de si la inserción de fibras vegetales en matrices poliméricas, satisface las necesidades de la industria en cuanto a su capacidad de respuesta a deformaciones plásticas y elásticas; para lo cual deben ser determinadas sus prestaciones mecánicas.

OBJETIVOS

Objetivo general:

- ✓ Determinar la tenacidad del material compuesto, producido a base de matriz polimérica termoestable con refuerzo de fibra vegetal (henequén), utilizando el teorema fundamental del cálculo, para su comprobación con materiales análogos, con lo que queda habilitado para formar parte de la cadena de producción.

Objetivos específicos:

- ✓ Construir la gráfica del comportamiento del esfuerzo en función de la deformación unitaria, mediante la herramienta computacional Excel.
- ✓ Emular la suma de Riemann en Excel (valor teórico), de tal manera que sea posible calcular el área bajo la curva: esfuerzo vs. deformación unitaria; misma que representa a la tenacidad del material compuesto.
- ✓ Determinar la función que mejor se ajusta a la curva mediante la aplicación de la herramienta estadística de regresión lineal simple que establezca la mejor relación de dependencia entre la variable independiente (deformación unitaria) y variable dependiente (esfuerzo), para hallar su área mediante la integral definida y comparar con el valor teórico.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Continuando, como la estadística lo demanda se procedió a ordenar de menor a mayor los datos contenidos en la *tabla 01*, en la cual la carga está medida en [kg], este valor fue convertido a Nétwtones para trabajar conforme a las unidades del S.I. La deformación lineal se colectó de los mismos valores tabulados.

Samples	Interfacial load	Contact length	Fibre diameter	Contact area	Interfacial strength Average		Critical length Maximun	
	[kg]	[mm]	[mm]	[mm ²]	[kg/mm ²]	[MPa]	[mm]	[mm]
1	0.414	3.00	0.300	2.8	0.15	1.4357	17.56	28.68
2	0.664	3.00	0.250	2.36	0.28	2.7631	7.60	12.42
3	0.631	3.00	0.300	2.8	0.22	2.18	11.52	18.8
4	0.85	3.00	0.225	2.12	0.38	3.7221	5.08	8.30
5	0.58	3.00	0.38	3.63	0.16	1.588	20.46	33.43
6	0.720	3.00	0.360	3.39	0.21	2.087	14.54	23.75
7	0.769	3.00	0.28	2.64	0.29	2.872	8.3	13.45
8	1.474	3.00	0.540	5.09	0.29	2.897	15.98	26.10
9	0.735	3.00	0.250	2.36	0.31	3.058	6.8	11.22
Average	0.76	3.00	0.32	3.02	0.26	2.50	11.98	19.57
Standard deviation	0.28	0.00	0.09	0.8	0.07	0.70	5.09	8.31

Tabla 1. Resultados de los ensayos de tracción en las fibras.

Fuente: Revista de Ciencias Técnicas Agropecuarias.

Elaborado por: Yosvani Guerra-Silva Msc. Ing.

Entonces, con estos datos tabulados se calculó el esfuerzo conforme al diámetro determinado con la media aritmética de las nueve fibras de Henequén ensayadas; proceso análogo se estableció para determinar la media aritmética de las longitudes de las probetas, con estas medidas de tendencia central fijadas solo restó por operar matemáticamente para determinar la deformación unitaria, según lo define la ecuación de la *figura 03*.

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad \text{Deformación: } \frac{\text{Variación longitudinal}}{\text{Longitud inicial}}$$

Figura 3. Fórmula para calcular la deformación unitaria en un material.

Fuente: Enciclotareas.

Elaborado por: Pinterest.

Finalmente, toda la información, ordenada y expuesta en forma de variables discretas es compilada en la *tabla 02*, con la que es posible la obtención de la gráfica esfuerzo vs. deformación unitaria y posterior generación del modelo matemático necesario para la aplicación del teorema fundamental del cálculo.

CARGA-DEFORMACIÓN LINEAL		ESFUERZO-DEFORMACIÓN UNITARIA		ÁREA BAJO LA CURVA
F [N]	ΔL [mm]	σ [Mpa]	ε [mm/mm]	[mm ²]
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4.0572	8.3000	50.77847309	1.633858268	41.482
5.7526	11.2200	71.99749687	2.208661417	35.286
6.1838	12.4200	77.3942428	2.44488189	17.645
6.5072	13.4500	81.44180225	2.647637795	16.102
6.713	18.8700	84.0175219	3.714566929	88.267
7.056	23.7500	88.31038798	4.67519685	82.772
7.203	26.1000	90.15018773	5.137795276	41.278
7.5362	28.6800	94.3204005	5.645669291	46.844
14.4452	33.4300	180.7909887	6.580708661	128.620
TENACIDAD [MPa]				498.296

Tabla 2. Determinación de los parámetros de cálculo empleados para las gráficas objeto de la investigación.

Fuente: Los autores.

Elaborado por: Los autores

Pues bien, para la construcción del modelo matemático se hace necesario acudir a la regresión lineal simple, que es una técnica estadística capaz de predecir o estimar una variable cuantitativa en función de otra variable cuantitativa (Laines Salas, 2020)

Estas variables se denominan independiente (x) y dependiente (y), es decir, la segunda va a depender de los valores que tome la primera. Entonces, de la geometría analítica se conoce que es posible generar una recta, a partir de dos coordenadas conocidas $P_1 = (x_1; y_1)$ y $P_2 = (x_2; y_2)$; la regresión lineal simple toma prestada esta herramienta matemática para componer el modelo matemático de la recta.

Las variables cuantitativas discretas pueden estar relacionadas directa o inversamente, dependiendo del caso que se esté analizando; la relación descrita se grafica mediante los valores coordenados que adopten los datos extraídos de la toma de muestras a la población investigada, que para el caso que ocupa a este documento son las fibras de Henequén.

En la mayoría de los casos no va a ser posible evidenciar una función lineal o una recta, ya que más bien existen infinitas rectas que pasan por los nodos analizados por lo que la regresión lineal simple se encarga de construir una ecuación estimada $\hat{y} = b_0 + b_1 x$.

Finalmente, la ecuación estimada se emplea para hallar la mejor recta, capaz de disminuir la distancia entre la varianza y la media aritmética. Para este fin se utiliza el método de los mínimos cuadrados que se encarga de definir los valores de los coeficientes constantes b_0 (*intercepto*) que corresponde a la prolongación e intersección de la recta con el eje de las ordenadas; y b_1 (*pendiente*) obtenido de medir el $\Delta y = y_2 - y_1$; la *figura 04* ejemplifica lo explicado obteniendo la calificación de un grupo de estudiantes en función de las horas que han estudiado.

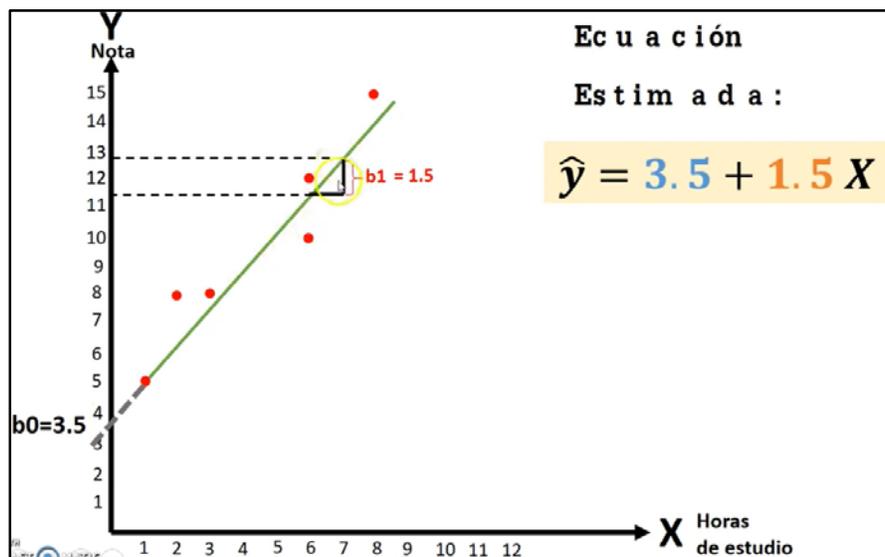


Figura 4. Diagrama de dispersión para estimar la calificación de los alumnos en función del tiempo.

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=LDc1huDUla0>.

Elaborado por: Rocío Salas Laines.

Realizando los cálculos correspondientes al reemplazo de los valores de la variable independiente para obtener la variable dependiente, con lo que se muestran los resultados de la *figura 05*.

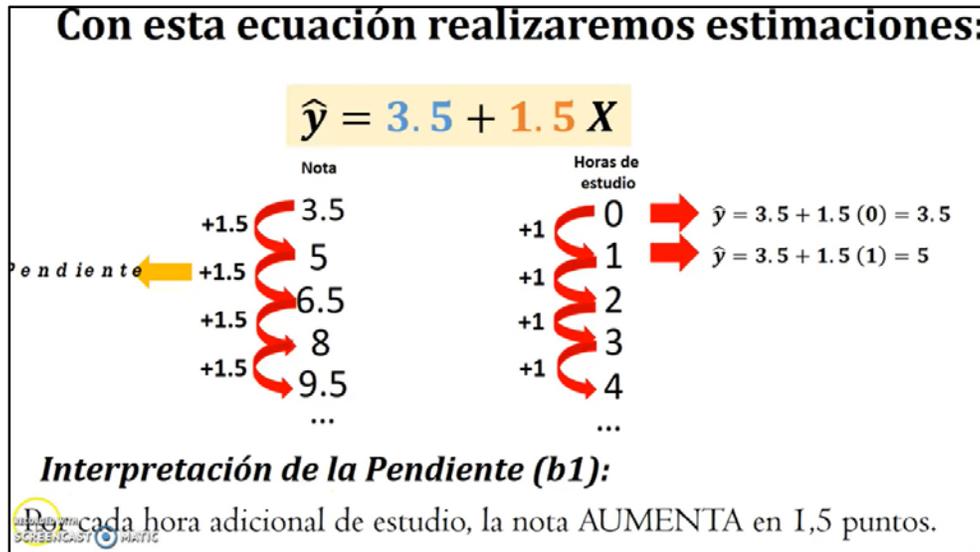


Figura 5. Estimación de las notas a partir de la ecuación estimada.

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=LDc1huDUla0>.

Elaborado por: Rocío Salas Laines

CAPÍTULO II

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El problema para abordar es la validación de la inserción de fibras de refuerzo vegetales en una matriz polimérica termoestable como elementos capaces de incrementar las cualidades físicas y mecánicas de la materia prima destinada a la elaboración de elementos biodegradables para aeromodelismo, mismas que deben estar en armonía con la norma ISO 9001 2015, para su manufactura y producción en serie.

Pues bien, para validar a los elementos de refuerzo hay que emplear el ensayo de tracción, que, para el problema en análisis, sirve para cuantificar la resistencia al esfuerzo interfacial fibra-matriz (adhesión fibra-polímero). El método empleado para la validación consiste en el desprendimiento por tensión de una sola fibra, misma que está embebida en la matriz polimérica como se evidencia en la *figura 06*.

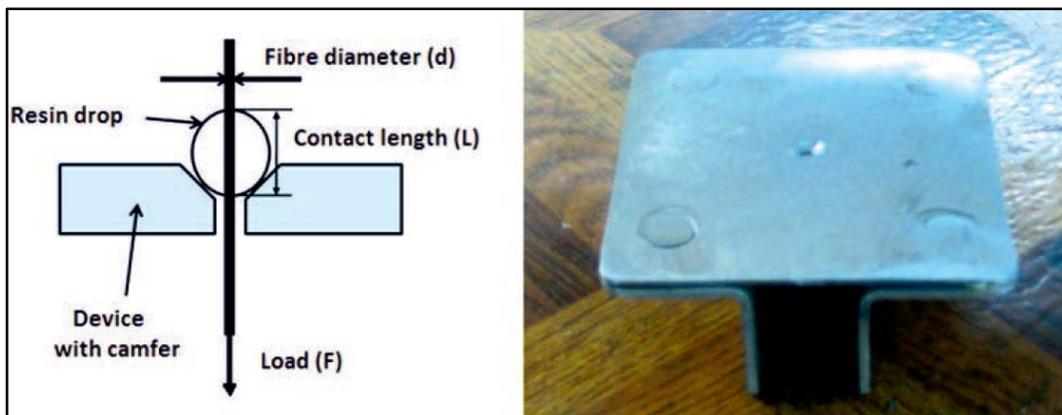


Figura 6. Probeta del ensayo de desprendimiento de fibra por tensión y el dispositivo con agujero biselado.

Fuente: Revista Técnica de Ciencias Agropecuarias.
Elaborado por: Yosvani Guerra-Silva Msc Ing.

El procedimiento empleado para el ensayo consiste en aplicar una carga de tensión que incrementa paulatinamente hasta que el Henequén se desprenda de la matriz polimérica termoestable, esta última posee la forma de una gota en la probeta preparada, siendo este extremo el que se apoya en el agujero biselado; fijado a su vez en la mordaza superior del dinamómetro, el otro extremo libre de la fibra vegetal, se sujeta a la mordaza inferior del equipo de medición.

RESULTADOS



Figura 7. Gráfica Carga vs. Deformación Lineal.

Fuente: Los Autores.

Elaborado por: Los Autores.



Figura 8. Gráfica Esfuerzo vs. Deformación Unitaria.

Fuente: Los Autores.

Elaborado por: Los Autores.

AJUSTE DE LA CURVA PRA OBTENER EL MODELO MATEMÁTICO

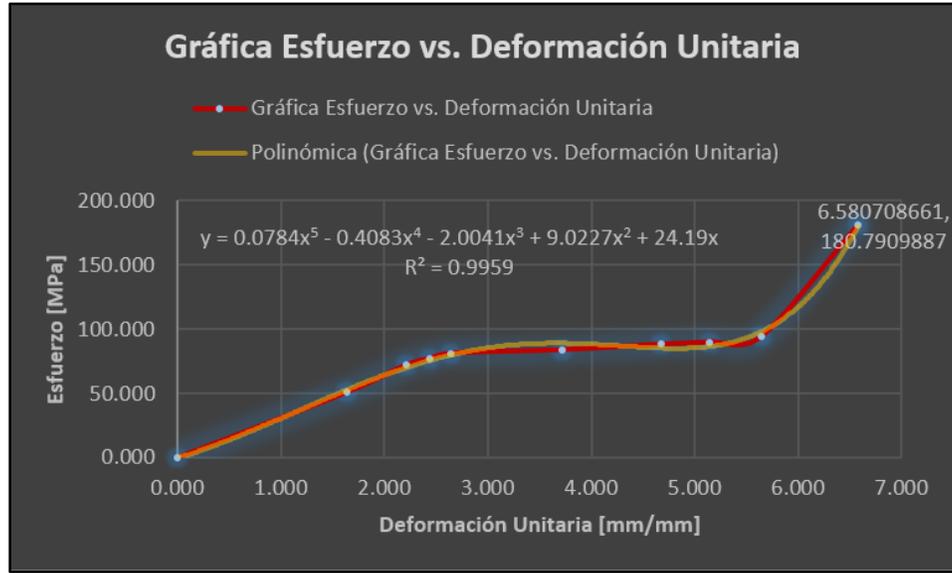


Figura 9. Ajuste de la Curva para determinar la función polinómica.

Fuente: Los Autores.

Elaborado por: Los Autores

CÁLCULO DEL ÁREA BAJO LA CURVA

Partiremos de la función $f(\varepsilon) = \sigma$ obtenida por medio de regresión lineal generada en base a los datos de la *tabla 3* y expresados en la *figura 9* con la gráfica esfuerzo vs. deformación unitaria, se opera mediante la aplicación del teorema fundamental del cálculo como sigue:

$$f(\varepsilon) = (0.0784x^5 - 0.4083x^4 - 2.0041x^3 + 9.0227x^2 + 24.19x)$$

$$A = T = \int_0^{6,58} (0.0784x^5 - 0.4083x^4 - 2.0041x^3 + 9.0227x^2 + 24.19x) dx$$

$$A = T = \left(\int_0^{6,58} (0.0784x^5) dx - \int_0^{6,58} (0.4083x^4) dx - \int_0^{6,58} (2.0041x^3) dx + \int_0^{6,58} (9.0227x^2) dx + \int_0^{6,58} (24.19x) dx \right)$$

$$A = T = \left(0.0784 \int_0^{6,58} (x^5) dx - 0.4083 \int_0^{6,58} (x^4) dx - 2.0041 \int_0^{6,58} (x^3) dx + 9.0227 \int_0^{6,58} (x^2) dx + 24.19 \int_0^{6,58} (x) dx \right) \quad 6.58$$

0

$$A = T = \left(0.0784 \left(\frac{x^6}{6} \right) - 0.4083 \left(\frac{x^5}{5} \right) - 2.0041 \left(\frac{x^4}{4} \right) + 9.0227 \left(\frac{x^3}{3} \right) + 24.19 \left(\frac{x^2}{2} \right) \right) \Big|$$

$$T = \left(0.0784 \left(\frac{6,58^6}{6} \right) - 0.4083 \left(\frac{6,58^5}{5} \right) - 2.0041 \left(\frac{6,58^4}{4} \right) + 9.0227 \left(\frac{6,58^3}{3} \right) + 24.19 \left(\frac{6,58^2}{2} \right) \right) - (0)$$

$$T = ((1061,49) - (1008,019) - (939,781) + (857,217) + (523,819))$$

$$T = (494.696)$$

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Basados en los conocimientos adquiridos en los proyectos formativos: Tecnología de Materiales, Estadística y Cálculo Integral, en búsqueda de un beneficio ecológico ha sido el tema central de la presente investigación.

Por su parte, el cuidado del medio ambiente ligado a las crecientes demandas de materiales con excelentes propiedades mecánicas que satisfagan a las grandes industrias se formulan a partir de las gráficas expuestas en la *figura 10*, que presentan a los materiales de uso ampliado.

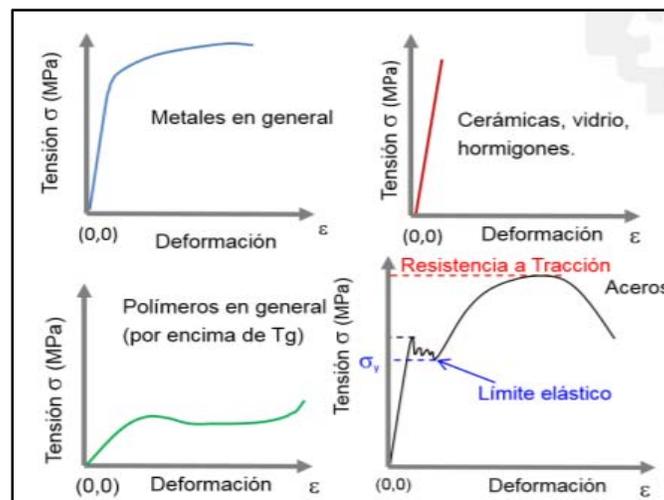


Figura 10. Comportamiento tensión vs. deformación de distintos tipos de materiales.

Fuente: Fotografías extraídas del vídeo: www.doitpoms.ac.uk/tlplib/mechanical-testing/results2.php.

Elaborado por: Ane Miren García Romero.

Con los datos obtenidos de la investigación realizada se pudo concretar los cálculos respectivos para obtener los valores de deformación y esfuerzo al que el material estuvo expuesto durante su ensayo.

Estos valores condujeron, con la ayuda de Microsoft Excel, a graficar la curva esfuerzo vs. deformación unitaria y con esta dar el primer paso para obtener el área bajo la curva. Antes de establecer la mejor función para calcular el área, fue imperativo el uso de herramientas de estadística como lo es la regresión lineal para modelar e interpretar la relación que existen entre dos variables, prediciendo así el comportamiento de estas, para nuestro caso particular, el esfuerzo y la deformación (variables cuantitativas discretas).

Con la ayuda de Excel y basados en los datos obtenidos se ejemplificó una función polinómica de grado 5 como se muestra en la *figura 11*, con un coeficiente de correlación de Pearson igual a 0.9959, el más cercano a la unidad, con lo que se obtuvo una curva mucho más ajustada a los datos obtenidos en la experimentación.

$$f(\epsilon) = (0.0784x^5 - 0.4083x^4 - 2.0041x^3 + 9.0227x^2 + 24.19x)$$

Figura 11. Función polinómica ajustada.

Fuente: Los autores.

Elaborado por: Los Autores.

Con la aplicación del Cálculo Integral y la función obtenida pudimos hacer uso del concepto de integral definida para establecer los límites en donde queremos analizar la función y por ende el área bajo la curva necesitaría. Para el caso de estudio determinaremos el área entre los límites 0 y 6.58. Con esto y después de aplicar los cálculos correspondientes se determina un valor de **494.691 [Mpa]**.



Figura 12. Comportamiento tensión vs. Deformación de un polímero termoplástico.

Fuente: Departamento de Ciencia y Tecnología de Materiales.

Elaborado por: Universidad Politécnica de Valencia.



Figura 13. Ajuste de la curva para determinar la función polinómica.

Fuente: Los Autores.

Elaborado por: Los Autores.

Para finalizar, de lo investigado sobre la curva esfuerzo – deformación para los polímeros termoplásticos, *figura 12*, y lo obtenido mediante la experimentación, *figura 13*, se pudo analizar que las curvas muestran una cierta similitud en el tramo final de la misma. Esto se puede deber al hecho que el material en análisis es un material compuesto y que la investigación está sujeta a errores que pueden diferir de la curva en condiciones ideales.

CAPÍTULO III

CONCLUSIONES

- ✓ El material compuesto a base de matriz polimérica termoestable y refuerzo de fibra vegetal de Henequén reportó una tenacidad pertinente para su implementación en los procesos productivos destinados a la manufactura de estructuras para aerodelismo.
- ✓ La herramienta computacional Excel, respaldada en los conocimientos estadísticos apropiados rindió la utilidad buscada al ser capaz de graficar la curva esfuerzo vs deformación unitaria, a partir de los datos recolectados en la investigación.
- ✓ Mediante el empleo del teorema fundamental del cálculo ha sido posible calcular la tenacidad del material compuesto a partir de aplicar la integral definida a la función polinómica de grado cinco, adquirida mediante regresión lineal simple.
- ✓ Un objetivo intrínseco en el desarrollo de este documento ha sido denotar la pertinencia de la inserción de fibras vegetales en matrices poliméricas, con la finalidad de dotarlas de una capacidad de degradación autónoma que permita que su perjuicio al medio ambiente sea relativamente reducido a comparación de los que actualmente provocan los polímeros tradicionales.
- ✓ Es importante destacar que los materiales compuestos, acompañados de una adecuada tutela ingenieril pueden llegar a rendir las prestaciones adecuadas que permitan revestirlos de las cualidades mecánicas necesarias para tomarle la posta a los materiales de uso habitual en las diversas industrias.
- ✓ Finalmente, al haber tomado al proyecto formativo: Tecnología de Materiales como eje transversal para el ejercicio profesional de un problema hipotético, para un requerimiento de la industria, ha sido posible hermanar satisfactoriamente conceptos, fórmulas, y teoremas, provenientes de diversas fuentes del conocimiento.

RECOMENDACIONES

- ✓ Desarrollar a través de la investigación la capacidad de innovar en los procesos que en un futuro cercano los estudiantes se verán abocados a supervisar y optimizar.
- ✓ Considerar a los materiales compuestos como el nuevo insumo productivo que a la postre cobijarán de nuevas virtudes a las industrias, entre las cuales se puede enunciar un menor costo de la materia prima, mejores propiedades físicas y mecánicas; y por sobre todo una mejor relación con el medio ambiente.
- ✓ Hacer de la lectura y resolución de ejercicios matemáticos un hábito, ya que como este documento lo demuestra son fundamentales para la validación técnica de innumerables fenómenos, productos o procesos; que por otra parte pueden formar el andamiaje para la instauración de un servicio de consultoría profesional.

BIBLIOGRAFÍA

- Ana Miren Garcia, N. M. (2018). *Introducción a la Ciencia de los materiales y sus propiedades*. España: Universidad del País Vasco.
- Anónimo. (12 de Julio de 2020). *Curso de Fundamentos de Ciencia de Materiales*. Obtenido de Unidad 15. Materiales Poliméricos y Compuestos:
https://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm15/fcm15_3.html
- Guerrero, V. H., Galeas, S., Pontón, P., & Dávila, J. L. (2011). *Nuevos Materiales. Aplicaciones Industriales y Estructurales*. Quito: Victor Hugo Guerrero, Ph.D.
- I. Peñuelas, C. R. (2016). *ANALISIS DE LA DETERMINACION DE LA TENACIDAD A LA FRACTURA MEDIANTE EL ENSAYO*. Oviedo : Escuela Politécnica Superior de Ingeniería, Universidad de Oviedo.
- Ingenierias, D. (24 de Julio de 2019). *Diagrama Esfuerzo - Deformación*. Obtenido de De Ingenierias: <https://deingenierias.com/el-acero/diagrama-esfuerzo-deformacion/>
- Laines Salas, R. (20 de Junio de 2020). Regresión Lineal Simple. Quito, Pichincha, Ecuador.
- M. Sc. Guerra Silva, Y., Dr. Valín Rivera, J., M. Sc. Fernandez-Abreu, M., Dr. Wiebeck, H., & Dr. Goncalvez, E. (2017). *Caracterización de la interface de material compuesto de matriz polimérica termoestable reforzada con fibras de henequén cubano*. La Habana, Cuba.: Revista de Ciencias Técnicas Agropecuarias.

ANEXOS



Figura 14. Molde empleado para la fabricación del material compuesto.

Fuente: Revista de Ciencias Técnicas Agropoecuarías.

Elaborado por: Yosvani Guerra-Silva Msc. Ing.



Figura 15. Colocación e impregnación de las fibras con la resina en el molde.

Fuente: Revista de Ciencias Técnicas Agropoecuarías.

Elaborado por: Yosvani Guerra-Silva Msc. Ing.

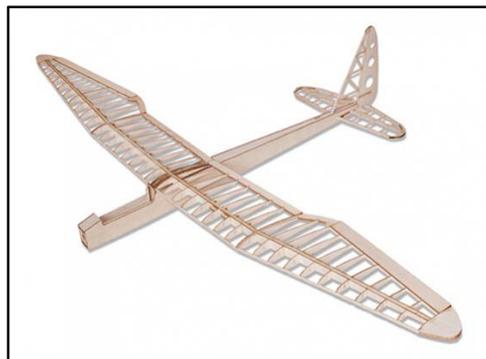


Figura 16. Estructura fundamental de una UAV para aéromodelismo.

Fuente: Hobbyking.

Elaborado por: Hobbyking.