

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE MECÁNICA

TRABAJO EXPERIMENTAL

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO MECÁNICO

TEMA:

"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN MATERIAL COMPUESTO DE RESINA POLIÉSTER REFORZADA CON FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS."

AUTOR: Evelin Jazmin Freire Sandoval.

TUTOR: Ing. Wilson Henry Vaca Ortega, Mg.

AMBATO – ECUADOR

Agosto - 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con tema: **"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN MATERIAL COMPUESTO DE RESINA POLIÉSTER REFORZADA CON FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS".** elaborado por la Srta. Evelin Jazmin Freire Sandoval, portadora de la cédula de ciudadanía: C.I. 2200281026, estudiante de la Carrera de Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente Trabajo Experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

Ambato, agosto 2024



Ing. Wilson Henry Vaca Ortega, Mg.

TUTOR

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo Evelin Jazmín Freire Sandoval, C.I. 2200281026 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Trabajo Experimental, con el tema: **"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN MATERIAL COMPUESTO DE RESINA POLIÉSTER REFORZADA CON FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS."**, así como también los gráficos, conclusiones, y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autora del trabajo, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, agosto 2024

.....

Evelin Jazmin Freire Sandoval

C.I. 2200281026

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga este Trabajo Experimental o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimonial de mi proyecto experimental, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando está reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, agosto 2024

.....

Evelin Jazmin Freire Sandoval

C.I. 2200281026

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por la estudiante Evelin Jazmin Freire Sandoval de la Carrera de Mecánica bajo el tema: **"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN MATERIAL COMPUESTO DE RESINA POLIÉSTER REFORZADA CON FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS".**

Ambato, agosto 2024

Para constancia firman:

.....	.....
Ing. Segundo Manuel Espin Lagos, Mg	**Ing. Jorge Patricio Guamanquispe Toasa, Mg.**
MIEMBRO CALIFICADOR	**MIEMBRO CALIFICADOR**

DEDICATORIA

Dedico el siguiente trabajo de titulación principalmente a Dios por ser mi guía, mi redentor y darme una segunda oportunidad de vida, a mi madre Silvia Sandoval por sacarme sola adelante, por brindarme su amor y cariño por estar mis noches de desvelo junto a mí brindarme abrigo, por formarme con rectitud lo que me han llevado a ser la mujer que hoy día soy, por estar en mis buenos y malos momentos.

A sí mismo está dedicatoria va dirigida mi hermana Ivanna Noboa siempre ha sido mi lucha de admiración e inspiración y a mi papá de corazón Iván Noboa ya que gracias al cariño de los tres han sido mi motor de lucha para salir adelante es por ello que les dedico mi tesis con todo el amor del mundo, son mi vida mi inspiración por siempre.

Un honor haber cumplido con mi objetivo.

Ing. Evelin Jazmín Freire Sandoval

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Dios y a mis dos grandes amores mi madre Silvia Sandoval y mi hermana Ivanna Noboa, ya que gracias a ellas que con su amor y cariño hoy logré culminar mi objetivo.

Por qué en cada desvelada estuvieron allí apoyándome.

Por qué en cada fracaso me limpiaron las lágrimas.

Por qué en las madrugadas frías se levantaron a estar a mi lado.

Por qué en cada tarea, en cada deber siempre estuvieron pendientes.

Por qué cuando ya no tenía fuerzas para seguir ellas me la daban.

Por los largos días de jornada universitaria siempre estuvieron ahí si ya había comido, si estaba bien por su apoyo moral y económico las agradezco de todo corazón.

Es por eso y mucho más que les digo un Dios le pague nunca podría pagar todo el amor que mis dos mujeres guerreras han entregado por mí.

También quiero expresar mi profundo agradecimiento a mis tíos Trajano y Bolívar. S a mi hermana de corazón Vivi.S y en especial a mi gran amiga Graciela Arcos que me han querido y brindado su cariño.

A mi tutor del trabajo de titulación Ing. Mg Henry Vaca que con su comprensión y sabiduría me supo guiar para obtener un proyecto exitoso.

Así mismo deseo enunciar mi gratitud a mis amigos, compañeros, familiares que de una y otra forma me apoyaron.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

APROBACIÓN DEL TUTOR ii

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN iii

DERECHOS DE AUTOR vi

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO v

DEDICATORIA vi

AGRADECIMIENTO vii

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO viii

ÍNDICE DE FIGURAS xii

ÍNDICE DE TABLAS xiv

RESUMEN EJECUTIVO xvii

ABSTRACT xviii

CAPÍTULO I 1

MARCO TEÓRICO 1

1.1. Antecedentes Investigativos 1

Fibras naturales 7

Ventajas 8

Desventajas 8

Costo relativamente bajo 8

Tiempo de durabilidad bajo 8

Biodegradable 8

Propiedades mecánicas menores 8

Conlleva poco procesamiento químico 8

Calidad 8

Mejor manejo de la fibra 8

Poca acogida 8

1.2. Objetivos 22

1.2.1. Objetivo General 22

1.2.2. Objetivos Específicos 22

1.2.3. Hipótesis 22

CAPÍTILO II 23

METODOLOGÍA 23

2.1. Materiales 23

2.1.1. Listado de materiales para la elaboración del proyecto 23

2.1.2. Recursos Humanos 24

2.1.3. Recursos Institucionales 24

2.1.4. Descripción de equipos 24

2.1.5. Máquina universal de ensayos 24

2.1.6. Máquina de impacto 25

2.2. Métodos 25

2.3. Población y muestra 26

2.3.1. Población 26

2.3.2. Muestra 26

2.3.3. Muestra de probetas 27

2.3.4. Operacionalización de Variables 28

2.3.5. Variable Independiente 28

2.3.6. Variable Dependiente 29

2.3.7. Diagrama de flujo 30

2.3.8. Proceso de obtención de la fibra del bagazo de caña de azúcar 33
2.3.9. Ensayo de tracción según la norma ASTM D3039-15 35
2.3.10. Norma ASTM D7264-15 en ensayo de Flexión 36
2.3.11. Cálculo de área y volumen según la norma ASTM D7264-15 37
2.3.12. Cálculo de área y volumen según la norma ASTM D5628-10 38
2.3.13. Elaboración de la matriz del molde 39
2.3.14. Cálculo de las densidades de la resina poliéster 39
2.3.15. Fórmula de la densidad 41
2.3.16. Cálculo de la densidad de la fibra del bagazo de caña de azúcar 41
2.3.17. Fibra necesaria acorde al fraccionamiento volumétrico 43
2.3.18. Resina poliéster a utilizarse acorde al fraccionamiento volumétrico 44
2.3.19. Densidad del material compuesto 45
2.3.20. Proceso para la fabricación de probetas 46
CAPÍTULO III 49
RESULTADOS Y DISCUCIÓN 49
3.1. Análisis y discusión de los resultados 49
3.1.1. Ensayo de Impacto 49
Proceso de elaboración del ensayo de impacto 49
3.1.2. Ensayo a tracción 52
3.1.3. Promedio esfuerzo maximo ensayo de tracción 78
3.1.4. Promedio módulo de elasticidad ensayo de tracción 79
3.1.5. Ensayo de Flexión 80
3.1.6. Promedio esfuerzo maximo ensayo de flexión 120
3.1.7. Promedio del módulo de elasticidad ensayo de flexión 121

3.1.8. Ensayo de impacto 122
3.1.9. Recolección de datos ensayo de impacto norma ASTM D5628-10. 122
3.1.10. Ensayo de impacto 60% Fibra - 40% configuración Randómica 146
3.1.11. Ensayo de impacto 60% Fibra -40% Longitudinal Corta 147
3.1.12. Ensayo de impacto 70%Fibra - 30% configuración Randómica 148
3.1.13. Ensayo de impacto 80% Fibra -20% configuración randómica 150
3.1.14. Ensayo de impacto 80%Fibra -20% Longitudinal Corta 151
3.1.15. Fallos perpetrados en el ensayo de impacto 152
3.1.16. Promedio energía media de fallo 153
3.1.17. Análisis comparativo del esfuerzo máximo de tracción y flexión 154
3.1.18. Análisis del módulo de elasticidad de tracción y flexión 156
3.2. Verificación de Hipótesis 157
3.2.1. Verificación de Hipótesis ensayo a tracción 157
3.2.2. Consumación de hipotéticos 157
3.2.3. Verificación de la hipótesis para el ensayo a flexión 161
CAPÍTULO IV 165
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 165
3.3. Conclusiones 165
3.4. Recomendaciones 166
BIBLIOGRAFÍA 167
ANEXOS 173

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Caña de azúcar. 3
Figura 2. Clasificación de las fibras naturales [17]. 9
Figura 3. Fibras: (a) continua y alineada (b) discontinua y alineada y (c) discontinua al azar [16]. 16
Figura 4. Ilustración de la probeta de ensayo de tracción (pulgada-libra) [19]. 17
Figura 5. Configuración de carga en tres puntos con soporte fijo y de carga [18]. 18
Figura 6. Máquina de impacto. 25
Figura 7. Muestra de ensayo de tracción estándar (pulgada-libra) [23]. 35
Figura 8. Dimensionamiento de probeta según Norma ASTM D7264-15 en ensayo de Flexión [23]. 37
Figura 9. Dimensionamiento de probeta de impacto según la norma ASTM D5628-10 [25]. 38
Figura 10. Análisis de esfuerzo máximo de tracción G1. 55
Figura 11. Análisis del módulo de elasticidad de tracción G1. 56
Figura 12. Análisis de esfuerzo máximo de tracción G2. 59
Figura 13. Análisis del módulo de elasticidad de tracción G2. 60
Figura 14. Análisis de esfuerzo máximo de tracción G3. 64
Figura 15. Análisis del módulo de elasticidad de tracción G3. 65
Figura 16. Análisis de esfuerzo máximo de tracción G4. 68
Figura 17. Análisis del módulo de elasticidad de tracción G4. 69
Figura 18. Análisis de esfuerzo máximo de tracción G5. 72
Figura 19. Análisis del módulo de elasticidad de tracción G5. 73
Figura 20. Análisis de esfuerzo máximo de tracción G6. 76
Figura 21. Análisis del módulo de elasticidad de tracción G6. 77
Figura 22. Análisis del promedio esfuerzo máximo ensayo de tracción. 78
Figura 23. Análisis del promedio módulo de elasticidad ensayo de tracción. 79
Figura 24. Análisis de esfuerzo máximo de flexión G1. 84
Figura 25. Análisis del módulo de elasticidad de flexión G1 85
Figura 26. Análisis de esfuerzo máximo de flexión G2. 90
Figura 27. Análisis del módulo de elasticidad de flexión G2. 91
Figura 28. Análisis de esfuerzo máximo de flexión G3. 97
Figura 29. Análisis del módulo de elasticidad de flexión G3. 98
Figura 30. Análisis de esfuerzo máximo de flexión G4. 104
Figura 31. Análisis del módulo de elasticidad de flexión G4. 105
Figura 32. Análisis de esfuerzo máximo de flexión G5. 111
Figura 33. Análisis del módulo de elasticidad de flexión G5. 112

Figura 34. Análisis de esfuerzo máximo de flexión G6. 118
Figura 35. Análisis del módulo de elasticidad de flexión G6. 119
Figura 36. Análisis del promedio esfuerzo máximo ensayo de flexión. 120
Figura 37. Análisis del promedio del módulo de elasticidad ensayo de flexión. 121
Figura 38. Máquina por caída de dardo para la elaboración del ensayo de impacto 122
Figura 39. Ensayo de Impacto 60% Fibra - 40% Refuerzo configuración Randómica 147
Figura 40 Ensayo de Impacto 60% Fibra - 40% Refuerzo configuración fibra longitudinal corta. 148
Figura 41. Ensayo de impacto 70% Fibra - 30 % Refuerzo configuración randómica. 149
Figura 42. Ensayo de impacto 70%Fibra - 30 % Refuerzo configuración longitudinal corta 150
Figura 43. Ensayo de impacto 80% Fibra -20% Refuerzo configuración randómica. 151
Figura 44 Ensayo 80% Fibra -20% Refuerzo configuración longitudinal corta. 152
Figura 45. análisis del promedio energía media de fallo (J) 154
Figura 46. Análisis comparativo del esfuerzo máximo del promedio de tracción y flexión. 155
Figura 47. Análisis comparativo del módulo de elasticidad del promedio de tracción y flexión. 156
Figura 48. distribución t de Student. 160
Figura 49. distribución t de Student. 164
Figura 50. Ficha técnica de la resina poliéster [38]. 174

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ventajas y desventajas de las fibras naturales. 7
Tabla 2. Beneficios e inconvenientes de las fibras naturales. 12
Tabla 3. Características de las fibras naturales vs las fibras sintéticas. 19
Tabla 4. Rubro de materiales para elaboración del proyecto experimental. 23
Tabla 5. Recursos Humanos 24
Tabla 6. Recursos Institucionales 24
Tabla 7. Muestra de probetas 27
Tabla 8. Variable Independiente 28
Tabla 9. Variable Dependiente 29
Tabla 10. Proceso de obtención de la fibra del bagazo de caña de azúcar 33
Tabla 11. Proceso Fabricación de la matriz del molde 39
Tabla 12. Densidades de la resina poliéster 39
Tabla 13. Muestras tomadas para el cálculo de la densidad del bagazo de caña de azúcar 41
Tabla 14. Cálculo del área y volumen del molde 42
Tabla 15. 60 % Fibra-40% Resina 42
Tabla 16. 70% Fibra-30% Resina 43
Tabla 17. 80% Fibra-20% Resina 43
Tabla 18. Fibra necesaria acorde al fraccionamiento volumétrico 44
Tabla 19. resina poliéster a utilizarse acorde al fraccionamiento volumétrico 44
Tabla 20. Densidad del material compuesto 45
Tabla 21. Proceso de fabricación de probetas 46
Tabla 22. Proceso de elaboración del ensayo de impacto. 49
Tabla 23. Ensayo a tracción primer grupo 80% matriz - 20% refuerzo longitudinal corta 53
Tabla 24. Esfuerzo máximo de tracción primer grupo G1. 55
Tabla 25. Módulo de elasticidad primer grupo G1 56
Tabla 26. Ensayo a tracción segundo grupo 80% matriz- 20% fibra configuración randómica. 57
Tabla 27. Esfuerzo máximo de tracción 8020-R-segundo grupo 59
Tabla 28. Módulo de elasticidad segundo grupo. 60
Tabla 29. Ensayo a tracción tercer grupo 70% matriz - 30% fibra longitudinal corta. 62
Tabla 30. Esfuerzo máximo de tracción tercer grupo. 64
Tabla 31. Módulo de elasticidad tercer grupo. 65
Tabla 32. Ensayo a tracción cuarto grupo 70% matriz- 30% fibra randómica. 66
Tabla 33. Esfuerzo máximo de tracción 7030-R-cuarto grupo. 68
Tabla 34. Módulo de elasticidad cuarto grupo 69

Tabla 35. Ensayo a tracción quinto grupo 60% matriz - 40% fibra longitudinal corta. 70
Tabla 36. Esfuerzo máximo de tracción quinto grupo.....72
Tabla 37. Módulo de elasticidad quinto grupo.....73
Tabla 38. Ensayo a tracción cuarto grupo 60% matriz- 40% fibra randómica. 74
Tabla 39. Esfuerzo máximo de tracción sexto grupo. 76
Tabla 40. Módulo de elasticidad sexto grupo. 77
Tabla 41. Promedio esfuerzo máximo ensayo de tracción. 78
Tabla 42. Promedio módulo de elasticidad ensayo de tracción. 79
Tabla 43. Ensayo a flexión primer grupo 80% matriz- 20% fibra longitudinal corta. 82
Tabla 44. Diagrama carga flecha del ensayo a flexión 80% matriz- 20% fibra longitudinal corta. 83
Tabla 45. Esfuerzo máximo de flexión primer grupo. 84
Tabla 46. Módulo de elasticidad [GPa] 8020-LC-primer grupo. 85
Tabla 47. Ensayo a flexión segundo grupo 80% matriz- 20% fibra randómica. 86
Tabla 48. Ensayo a flexión diagrama carga flecha 80% matriz- 20% fibra randómica. 88
Tabla 49. Esfuerzo máximo de flexión segundo grupo. 90
Tabla 50. Módulo de elasticidad [GPa] 8020-R-segundo grupo. 91
Tabla 51. Ensayo a flexión tercer grupo 70% matriz- 30% fibra longitudinal corta. 93
Tabla 52. Ensayo a flexión diagrama carga flecha 70% matriz- 30% fibra longitudinal corta. 95
Tabla 53. Esfuerzo máximo de flexión tercer grupo. 97
Tabla 54. Módulo de elasticidad [GPa] 7030-LC-tercer grupo.....98
Tabla 55. Ensayo a flexión cuarto grupo 70% matriz- 30% fibra randómica. 100
Tabla 56. Diagrama carga flecha del ensayo a flexión 70% matriz- 30% fibra randómica. 102
Tabla 57. Esfuerzo máximo de flexión 7030-R-cuarto grupo. 104
Tabla 58. Módulo de elasticidad [GPa] 7030-R cuarto grupo.....105
Tabla 59. Ensayo a flexión quinto grupo 60% matriz- 40% fibra longitudinal corta. 107
Tabla 60. Ensayo a flexión diagrama carga flecha 60% matriz- 40% fibra longitudinal corta. 109
Tabla 61. Esfuerzo máximo de flexión quinto grupo. 111
Tabla 62. Módulo de elasticidad 6040-LC-quinto grupo. 112
Tabla 63. Ensayo a flexión cuarto grupo 70% matriz- 30% fibra randómica. 114
Tabla 64. Diagrama carga flecha del ensayo a flexión 60% matriz- 40% fibra randómica. 116
Tabla 65. Esfuerzo máximo de flexión sexto grupo. 118
Tabla 66. Módulo de elasticidad 6040-R-sexto grupo. 119
Tabla 67. Promedio esfuerzo maximo ensayo de flexión. 120
Tabla 68. Promedio del módulo de elasticidad ensayo de flexión. 121
Tabla 69. Recolección de datos primer grupo impacto norma ASTM D5628-10. 123
Tabla 70. Recolección de datos segundo grupo impacto norma ASTM D5628-10. 127

Tabla 71. Recolección de datos tercer grupo impacto norma ASTM D5628-10.....131
Tabla 72. Recolección de datos cuarto grupo impacto norma ASTM D5628-10.....135
Tabla 73. Recolección de datos quinto grupo impacto norma ASTM D5628-10. 139
Tabla 74. Recolección de datos sexto grupo impacto norma ASTM D5628-10. 143
Tabla 75. Ensayo de impacto 60% Fibra - 40% Refuerzo configuración Randómica.....146
Tabla 76. Ensayo de impacto 60% Fibra -40% Refuerzo configuración Longitudinal Corta. 147
Tabla 77. Ensayo de impacto 70%Fibra - 30% Refuerzo configuración Randómica. 148
Tabla 78. Ensayo de impacto 70%Fibra - 30 % Refuerzo configuración longitudinal corta. 149
Tabla 79. Ensayo de impacto 80% Fibra -20% Refuerzo configuración randómica.....150
Tabla 80. Ensayo de impacto 80%Fibra -20% Refuerzo configuración Longitudinal Corta. 151
Tabla 81. Fallos perpetrados en el ensayo de impacto. 152
Tabla 83. Promedio energía media de fallo.....153
Tabla 84. Análisis comparativo del esfuerzo máximo del promedio de tracción y flexión.....155
Tabla 85. Análisis comparativo del módulo de elasticidad de tracción y flexión 156
Tabla 86. Media aritmética y desviación estándar ensayo de tracción.....157
Tabla 87. Media aritmética y desviación estándar ensayo de flexión. 162
Tabla 88. Grupo 1 y 2 de probetas ensayadas tracción 176
Tabla 89. Grupo 3 y 4 de probetas ensayadas tracción. 177
Tabla 90. Grupo 5 y 6 de probetas ensayadas tracción. 178
Tabla 91. Grupo 1 y 2 de probetas ensayadas flexión. 180
Tabla 92. Grupo 3 y 4 de probetas ensayadas flexión. 181
Tabla 93. Grupo 5 y 6 de probetas ensayadas flexión. 182

RESUMEN EJECUTIVO

El trabajo experimental se refiere a la fabricación de un material compuesto de matriz polimérica (resina poliéster) y refuerzo de fibra del bagazo de caña de azúcar, con la finalidad de diagnosticar mejores propiedades mecánicas que este material nos proporciona, se ha utilizado dos tipos de configuraciones como lo son fibra longitudinal corta y fibra randómica con distinto fraccionamiento volumétrico.

Se utilizó la fibra de caña debido a su gran cantidad de desperdicio, posee una buena elasticidad, no es corrosiva como ciertas fibras sintéticas, por lo que con el nuevo compuesto permitiría dar diferentes usos. Para la realización de los ensayos se trabajó bajo las normalizaciones para tracción ASTM D3039-15, para flexión ASTM D7264-15 e impacto ASTM D5628-10. La totalidad de probetas que se ensayó fueron 90 cada una con distintos porcentajes y configuraciones como lo fueron los valores porcentuales 8020, 7030, 6040 respectivamente. Para el ensayo de impacto se tuvo que el valor porcentual 6040 de configuración randómica consiguió la mayor energía media de fallo con un promedio total de 0,8396 (J).

Como resultado en el ensayo de flexión se tuvo que el grupo número 2 concluye que obtuvo una valoración porcentual (8020 con configuración randómica) la misma que adquirió los mejores resultados de esfuerzo máximo de 22.15 MPa, en el ensayo a tracción y flexión el grupo 3 que consta con un valor porcentual 7030 con una configuración longitudinal corta la cual obtuvo el mejor módulo de elasticidad de 1435 y 1870,4 GPa.

Palabras clave: caña de azúcar, materiales compuestos, resina polyester, refuerzo, ensayos de materiales

ABSTRACT

The present experimental work refers to the fabrication of a composite material of polymeric matrix (polyester resin) and fiber reinforcement of sugar cane bagasse, with the purpose of diagnosing better mechanical properties that this material provides, two types of configurations have been used such as short longitudinal fiber and randomic fiber with different volumetric fractionation.

The cane fiber was used due to its great amount of waste, it has a good elasticity, it is not corrosive as certain synthetic fibers, so with the new compound it would allow different uses. The tests were performed according to ASTM D3039-15 tensile, ASTM D7264-15 flexural and ASTM D5628-10 impact standards. A total of 90 specimens were tested, each one with different percentages and configurations such as the percentage values 8020, 7030, 6040 respectively. For the impact test, the percentage value 6040 of randomic configuration obtained the highest average failure energy with a total average of 0.8396 (J).

As a result in the bending test, group 2 concluded that it obtained a percentage value (8020 with randomic configuration) which acquired the best results of maximum stress of 22.15 MPa, in the tensile and flexural test, group 3 with a percentage value of 7030 with a short longitudinal configuration obtained the best modulus of elasticity of 1435 and 1870.4 GPa.

Keywords: sugar cane, composite materials, polyester resin, reinforcement, material testing.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes Investigativos

Entre algunos de los aportes que se encuentra de la temática de estudio, están los siguientes:

Vignesh et al. [1], en su investigación de tema: “Estudios sobre la resistencia a la tracción del compuesto de matriz polimérica híbrida reforzado con fibra de caña de azúcar”, realizada en la India, donde se intenta fabricar un compuesto de matriz polimérica híbrida reforzado con fibra de caña de azúcar, para lo cual se ejecuta un ensayo de tipo experimental y se establece mediante el uso de la técnica ANOVA para investigar el impacto del volumen de fibra, la duración del tratamiento de la fibra y la concentración del álcali utilizado en el tratamiento. Se llega a la conclusión de que el aumento en la duración del tratamiento con álcali conlleva a una disminución en el contenido de celulosa de la fibra, lo que a su vez aumenta la tensión última de tracción del compuesto y el aumento en la concentración de álcali incrementa la tensión última de tracción del compuesto. Se obtienen ecuaciones de regresión por separado dentro del estudio, para compuestos de matriz polimérica híbrida reforzados con fibra de caña de azúcar con un contenido del 5%, 15% y 25% de CNSL. Estas ecuaciones muestran el grado de influencia de cada parámetro sobre la tensión última de tracción.

Paricaguán y Muñoz [2], en su investigación de tema: “Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar”, realizada en Venezuela se identificó que, explorando la viabilidad de emplear materiales alternativos para fortalecer y mejorar las propiedades físicas y mecánicas del concreto, se examinó el impacto en la resistencia a la compresión y flexión de las mezclas de concreto al incorporar fibras de bagazo de caña de azúcar como sustituto parcial del agregado fino, con una proporción del 2,5 % en volumen. Los resultados obtenidos indican una mejora significativa en la resistencia a la compresión al emplear fibras de tamaño largo, con una tendencia muy similar a la del concreto convencional. Por otro lado, en relación con el módulo de ruptura en vigas, se observó una disminución en comparación con el concreto tradicional. Sin embargo, las fibras incorporadas en el concreto demostraron ser eficientes

en la mejora de la capacidad de falla dúctil y en la formación de puentes en las grietas, exhibiendo una resistencia adecuada al alcanzar la carga de falla final.

Fernández y Diaz [3], en su investigación de tema: “Evaluación de un material compuesto reforzado con fibras de bagazo en matriz de cemento”, ejecutada en Cuba, se encontró que, la viabilidad de utilizar fibra de bagazo de caña de azúcar tratada con silicato de sodio como refuerzo en la matriz de cemento, resultando en un material compuesto con propiedades mecánicas adecuadas para su aplicación en sistemas constructivos de bajo costo, donde, la resistencia a la compresión del concreto, fortalecido con fibras de bagazo tratadas con silicato de sodio, muestra una relación inversa con el porcentaje de fibra agregada y la longitud promedio de las fibras. En el rango de compactación de 1 a 5 kg/m2, se observa un aumento en la resistencia a la compresión cercano al nivel de control, al mismo tiempo que se registra una mayor resistencia a la flexión.

Diaz et al. [4], en su investigación de tema: “Fibras de bagazo de caña de azúcar como agentes de refuerzo para compuestos naturales: descripción y aplicaciones de compuestos de polímeros” indica que se llevó a cabo un análisis exhaustivo con el objetivo de evaluar el estado actual de conocimiento sobre la estructura, características y posibles usos de las fibras naturales en la mejora de compuestos poliméricos, centrándose específicamente en las fibras derivadas del bagazo de caña de azúcar. Esta revisión se basó en la consulta de más de 50 trabajos a través de diversas bases de datos científicas. Los resultados revelaron que, entre las fibras vegetales, el bagazo de caña de azúcar se destaca como un recurso renovable notable, gracias a sus propiedades ventajosas y a su amplia disponibilidad a nivel mundial. No obstante, se señala que se requieren diversos tratamientos físicos y químicos adecuados para lograr una interacción efectiva con las matrices poliméricas.

Justificación

Las matrices poliméricas reforzadas con bagazo de caña de azúcar, se basan en la urgente necesidad de abordar los desafíos ambientales y de sostenibilidad en la industria de la construcción, ya que éste ayudará a la sostenibilidad ambiental mediante el uso de residuos de la industria azucarera [5].

Asimismo, la producción de materiales compuestos a partir de recursos renovables como el bagazo de caña de azúcar se perfila como una opción para crear oportunidades económicas para las áreas

agrícolas donde se cultiva la caña de azúcar [6]. La utilización de este subproducto como recurso para la industria de la construcción puede llegar a promover la creación de empleo y el desarrollo económico local.

De igual forma se justifica en el hecho de que al ser un material con propiedades mejoradas, se espera conseguir una mejora en relación de resistencia y peso del material, haciéndolo idóneo para diversas aplicaciones en esta industria, ya que el bagazo de la caña de azúcar puede actuar como agente de refuerzo, puesto que, los polímeros y el bagazo de caña de azúcar pueden presentar una buena afinidad química y física lo que mejora la integración de ambos componentes en el material compuesto [6].

Fundamentación teórica

Caña de azúcar

La caña de azúcar o (saccharum officinarum) generalmente es una planta que pertenece a la rama de las gramíneas, Es un herbaje conocido por su gran tamaño suelen llegar aproximadamente entre dos a cinco metros de alto, con un tallaje fuerte que oscila de entre cuatro y seis centímetros de diámetro [7]. La caña de azúcar es la materia prima para la fabricación de azúcar y otros productos, como la melaza, el ron, la cachaza, el bagazo [6]. Además, en la época actual se la implementado en varios proyectos como lo son los materiales compuestos donde esta actúa como refuerzo en los mismos. Esta proviene especialmente de América Latina, donde simboliza un dinamismo económico regional como se muestra en la **Figura 1**, Caña de azúcar [7].



Figura 1. Caña de azúcar.

Usos de la caña de azúcar

Generalmente la caña de azúcar tiene un sinfín de aplicaciones. A continuación, se datan algunos de ellos:

Alimentos:

La caña o cáñamo de azúcar es utilizado para la producción de una gran variedad productos alimenticios, como lo es la azúcar blanca, azúcar morena y otros además su utilización como fuente de elementos en lo que conlleva una ardua diversidad de derivados [8].

Bebidas y Tragos:

De igual manera se ha visto la implementación del jugo de caña de azúcar como bebida o a su vez como trago ya sea ron, vodka y comúnmente como guarapo artesanal, aguardiente u otro [8].

Biocombustibles y Bioplásticos:

Mediante el uso de la caña de azúcar es derivado el etanol es un combustible amigable con el ambiente para autos, además es posible elaborar bioplásticos a través de este cultivo. También, es muy común para la elaboración de apartados biodegradables, ayudando a la eliminación de agentes contaminantes [8].

Salud y Nutrición:

Por lo general la caña de azúcar se caracteriza por su bajo contenido glucémico por lo que adopta una poca asimilación de la glucosa en la sangre [9]. También es conocido por su alto nivel como antioxidante, así mismo favorece a la prevención de contagios, infiltraciones y fortalece el sistema inmune.

A pesar de ello, se recalca la importancia del control de su dispendio, ya que su alto índice de consumo es asociado con la obesidad y la diabetes [9].

Refuerzo de materiales termoplásticos

La fibra de caña de azúcar hoy en día se ve mayormente utilizado en la fabricación de materiales termoplásticos esto debido a su constitución, reducción de costos, además de procesos amigables con el medio ambiente [10].

Otros Usos

La caña de azúcar se ha utilizado en la alimentación animal y se ha explorado su potencial en la mejora de la calidad de la carne en la alimentación animal [10].

Definición de los Materiales Compuestos

Los materiales compuestos son materiales que se forman a través de la composición de dos o más materiales diferentes que tienen como fin obtener una composición de propiedades que no se puede lograr con los materiales comunes [11]. Generalmente estos compuestos pueden ser selectos para el logro de diversas combinaciones poco comunes de rigidez, resistencia, peso, rendimiento a altas temperaturas, resistencia a la corrosión, dureza o conductividad [12].

Los materiales compuestos están formados por dos o más componentes físicamente distinguibles y separables mecánicamente, con varias fases químicamente distintas que son completamente insolubles entre sí y separadas por una interfaz. Los componentes de este se conforman principalmente por una matriz que comprende las fibras y refuerzos [11].

Elementos que constituyen un material compuesto

Generalmente un material compuesto constituye básicamente de la matriz y refuerzo.

Matriz

Una matriz en los materiales compuestos se refiere a la fase continua y menos rígida que constituye el material compuesto. La matriz es responsable de proporcionar estabilidad al conjunto y transferir las cargas al agente reforzante, que es la fase discreta y tiene un papel fundamental en la definición de las propiedades mecánicas del material [11]. Además, la matriz protege y da cohesión al material compuesto.

En los materiales compuestos, la matriz puede ser de diferentes tipos, como matriz polimérica (PMC) o matriz cerámica (CMC) [11].

Características de la matriz

Estabilidad: La matriz proporciona estabilidad al conjunto del material compuesto, asegurando que las diferentes fases se mantengan unidas y formen una estructura cohesiva [5].

Transferencia de cargas: La matriz es responsable de transferir las cargas aplicadas al material compuesto al agente reforzante, como las fibras o partículas. Esto permite que el material compuesto pueda resistir las fuerzas y tensiones a las que está sometido [5].

Compatibilidad con el agente reforzante: La matriz debe ser compatible con el agente reforzante, lo que significa que debe tener una buena adhesión y concurrencia sintética con las fibras a utilizarse. Esto ayuda a tener una transmisión con mayor eficiencia de cargas entre la matriz y el refuerzo [12].

Maleabilidad de representaciones: Por lo general la matriz en los compuestos suelen llevar una maleabilidad en distintas formas y dimensiones lo cual ayuda a la elaboración de compuestos con diversas formas con una mejor personificación [12].

Propiedades mecánicas: La matriz logra influir en las características mecánicas del compuesto, como la firmeza, la dureza y la fuerza. La deliberación de la matriz apropiada puede ayudar a mejorar estas caracterizaciones dependiendo las insuficiencias determinadas de la misma [11].

Refuerzo

En los materiales compuestos, el refuerzo puede ser de fibra de vidrio, fibra de carbono, fibras cerámicas, fibras naturales u otros materiales similares. Estas fibras se agregan a la matriz para mejorar la resistencia a la tracción y la rigidez del material compuesto [12].

El refuerzo de partículas, por otro lado, consiste en la añadidura de partículas minúsculas de gran dureza con el objetivo de proporcionar mejoras a la resistencia y la dureza del material. Además

de ello están refuerzos en forma de láminas, los cuales son utilizados para la proporción de la resistencia en ciertas orientaciones [12].

La selección del tipo de reforzamiento acata las propiedades requeridas del material compuesto y de la aplicación determinada. Cada tipo de refuerzo tiene sus propias beneficios y perjuicios en terminologías de firmeza, rigidez, peso y coste[12].

Fibras

Las fibras usualmente son elementos implementados como refuerzo en la matriz, lo que deriva en propiedades mecánicas generales en comparación con los componentes por apartados[12]. Las fibras suelen clasificarse en fibras naturales y fibras sintéticas pueden ser de diversos tipos, como lo son fibras de vidrio, fibras de carbono o fibras de aramida, su disposición y congregación en la matriz tienen un impacto significativo en las propiedades finales del material compuesto. La matriz, por su parte, suministra la conexión al material y transfiere esfuerzos de una fibra a otra, mientras que las fibras aportan resistencia y rigidez al conjunto [13].

La composición de la matriz y las fibras admite la instauración de materiales compuestos con propiedades mecánicas mejoradas, como mayor resistencia, rigidez y resistencia específica, lo que los hace apropiados para una amplia gama de aplicaciones en la ingeniería [13].

Fibras Naturales

Las fibras naturales como su nombre lo dicen son todas aquellas fibras que provienen de origen natural, estas han llegado a remplazar a una gran cantidad de fibras sintéticas debido a sus incontables beneficios uno de los más importantes es que s biodegradable, sus costes son relativamente bajos, así mismo posee desventajas una de ellas es el tiempo de durabilidad es mínimo. A continuación, se detallan en la tabla 1 las ventajas y desventajas de las Fibras naturales [13].

Tabla 1. Ventajas y desventajas de las fibras naturales.

Fibras naturales

Ventajas	Desventajas
Costo relativamente bajo	Tiempo de durabilidad bajo
Biodegradable	Propiedades mecánicas menores
Conlleva poco procesamiento químico	Calidad
Mejor manejo de la fibra	Poca acogida

Clasificación de las fibras naturales

En la **Figura 2,** mostrada a continuación indican la clasificación de las fibras naturales las que se catalogan en plantas, minerales y animales.

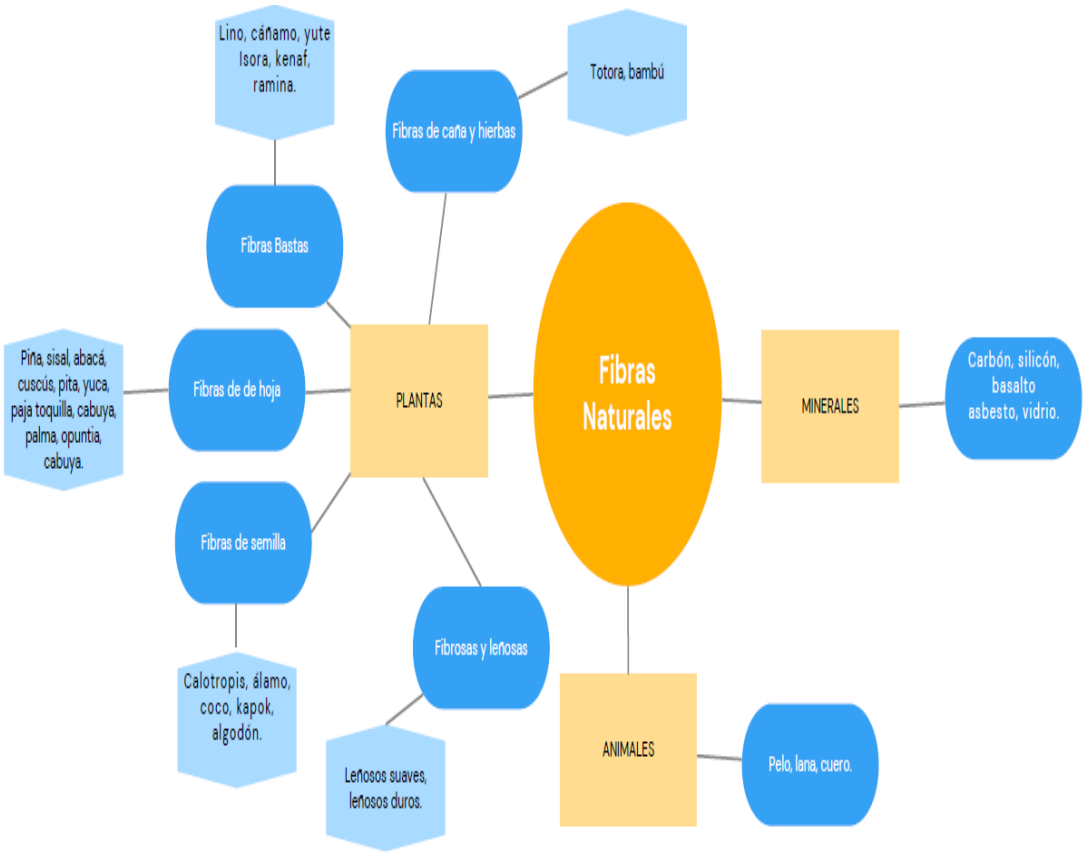


Figura 2. Clasificación de las fibras naturales [17].

Fibras Vegetales

Se denomina fibras vegetales a las células largas y delgadas que forman la estructura de las plantas brindando funciones específicas en las plantas como la rigidez, dureza y soporte [14]. Las fibras se clasificarán en 3 tipos en función de su ubicación existiendo fibras: duras, suaves y de superficie cada una con diferente funcionabilidad y propiedad [13].

Constitución de las Fibras Vegetales

Las fibras vegetales generalmente se encuentran constituidas por celulosa, hemicelulosa y lignina, dando el nombre de lignocelulósicas [13]. Donde la composición química de cada planta dependerá de las condiciones climáticas, edad y especie de la planta como su procedencia. Se ha observado que la relación que existe entre celulosa, hemicelulosa y lignina se da de 4:3:3, el contenido en la que se encuentran las plantas con su composición influirá en el comportamiento que presentan al ser sometidas en aplicaciones industriales [13].

Celulosa

La celulosa es un polisacárido el cual se encuentra presente en las paredes de las plantas y en la madera. Esta sustancia se caracteriza por ser fibrosa y resistente donde se compone de largas cadenas de glucosa unidos entre sí, mientras que en las plantas forma parte como soporte estructural [15]. Como ejemplo se puede apreciar que en plantas jóvenes se tiene un 40% de celulosa, un 50% en maderas y un 90% en el algodón [15].

Es un material muy utilizado siendo la materia prima del papel, ya que se produce con pasto p pulpa de la celulosa que se obtiene de la corteza de la madera. De igual manera es utilizado en la fabricación de fibras textiles, barnices y aislamientos, además la celulosa es visto como una alternativa del plástico debido a su versatilidad y siendo un material amigable con el medio ambiente [15].

Empleo de la celulosa

La implementación de la celulosa se encuentra en los materiales compuestos de diversas industrias, entre ellas se utiliza en la asociación de nanopartículas metálicas como es el oro y la plata ayudando en la morfología y aplanamiento de los materiales formando materiales celulósicos [15]. La celulosa se ha implementado en la producción de materiales de construcción como una manera alternativa del uso del plástico y resina como también en equipos médicos desechables, además se ha utilizado en tejidos de fibras naturales como películas y fibras de celulosa. En si al ser un material con bajo costo, diversas propiedades físicas y químicas versátiles hace que sea ampliamente utilizado en diversos tipos de industrias [25].

Lignina

Al hablar de lignina es necesario conocer que es uno de los polímeros orgánicos más abundantes del mundo vegetal, después de la celulosa y la hemicelulosa, además de ser utilizado como proteína alimenticia tiene mucha aplicación dentro de la industria [16]. Al igual que la celulosa es utilizada en la fabricación de papel al actuar como aglutinante para las fibras celulosas, además en la fabricación de bioplásticos [15].

Hemicelulosa

Se denomina hemicelulosa al grupo compuesto de estructuras que se encuentra en las paredes celulares de las plantas brindando sostenibilidad y rigidez en las células vegetales, la cual se encuentra conformada por distintos tipos de azucares utilizado en la industria química para la elaboración de diversos productos químicos [16].

Características mecánicas que poseen las fibras naturales

Dentro de las industrias la utilización de fibras vegetales en la elaboración de materiales compuestos permite mejorar las propiedades mecánicas como son la tracción, flexibilidad y la resistencia a la fatiga [12]. Donde estas fibras pueden combinarse con matrices poliméricas entre ellas la resina que permite incrementar las propiedades específicas de la resina. En la ingeniería se ha visto la utilización de fibras vegetales que se extraen del banano que combinados con resina poliéster permite brindar diversas aplicaciones dentro de la ingeniería [10].

Es importante destacar que las propiedades mecánicas de las fibras vegetales varían en dependencia de factores como la especie de la planta, proceso de fabricación, tratamiento de las fibras y las condiciones ambientales de los materiales compuestos. Por ello es necesario realizar una serie de ensayos en las que se puede caracterizar y evaluar las propiedades de las fibras vegetales de cada factor [17].

Es por ello que continuación se visualiza en la **Tabla 2,** los Beneficios e inconvenientes de las fibras naturales.

Tabla 2. Beneficios e inconvenientes de las fibras naturales.

Beneficios	Inconvenientes
Sustentabilidad	Son muy flamables
Poseen un precio mucho menor	Características multifacética
Tienen una consistencia menor	Poca firmeza superficial
Son Amigables con el medio Ambiente	Interface mínima
Emplean una mínima cantidad de energía	Inconvenientes en su proceso
Cuentan con excelentes características mecánicas	Gran filtración de agua
No irradian toxicidad	Dureza

Interface

Interface hace referencia a la región de contacto que se da entre la matriz y el refuerzo, siendo el área donde ocurre la trasferencia de carga y la interacción entre ambos componentes del material compuesto [16]. La calidad de la interface es fundamental para poder determinar las propiedades mecánicas y físicas del material compuesto. La cual puede influir en la adhesión entre la matriz y el refuerzo al igual que la resistencia a las fracturas. Por eso es necesario diseñar y optimizar bien la interface para de esta manera mejorar la rigidez y resistencia de los materiales compuestos mientras que si no es una interface correctamente realizada podrá debilitar el material y reducir así el rendimiento de la misma [14].

Materiales compuestos y su aplicación

Materiales compuestos

Los materiales compuestos son aquellos que constan de un refuerzo y una matriz dando como resultado el mismo su aplicación es variada pues se utiliza en gran porcentaje en la industria automotriz, aeroespacial debido a que estos poseen mejores propiedades mecánicas que los materiales convencionales En la figura se muestran diversos usos y aplicaciones de los materiales compuestos.

Caracterización mecánica de los materiales compuestos

La caracterización mecánica de los materiales compuestos se refiere a los diferentes procesos de evaluación mecánica de los materiales como son: la resistencia, dureza, elasticidad y comportamiento con carga [17]. Estos procesos son fundamentales para poder entender como los materiales compuestos se comportan con fuerzas y cargas externas especialmente en ingeniería y diseño de estructuras. Dentro de la caracterización mecánica existen diversos tipos de pruebas como es la de compresión, flexión, tracción. Cada uno de estos procesos brinda información crucial sobre la calidad y rendimiento de los materiales compuestos en diferente tipo de aplicaciones y entorno [17].

Tipos de materiales compuestos

Los materiales compuestos se pueden conformar de diferentes formas y materiales, en donde se los puede clasificar en base a la composición de la matriz y la forma de los constituyentes. A continuación, se mostrará la clasificación general de los materiales compuestos [14]:

Clasificación según la matriz:

- Materiales compuestos de matriz metálica (MMC): Materiales compuestos que poseen una matriz metálica, los cuales pueden ser una aleación metálica o a su vez un metal puro [12].
- Materiales compuestos de matriz cerámica (CMC): La matriz se encuentra estructurado por materiales cerámicos como los óxidos, carburos o nitruros [12].
- Materiales compuestos de matriz de carbono: estos materiales compuestos tienen una matriz de carbono el cual puede ser una matriz de carbono reforzada con otros materiales [12].

- Materiales compuestos de matriz orgánica o polimérica: En esta categoría se presentan los de matriz de polímero, como son plásticos reforzados con fibra de vidrio o fibra de carbono [12].

Clasificación según la forma de los constituyentes:

- Materiales compuestos fibrosos: están compuestos de materiales de fibras de refuerzo los cuales se pueden estructurar de una forma continua o discontinua [14].
- Materiales compuestos reforzados con partículas: En este caso, el refuerzo está compuesto por partículas dispersas en la matriz [14].
- Materiales compuestos estructurales: En esta clasificación se encuentra compuesta por materiales compuestos por materiales homogéneos donde sus propiedades dependerán de los materiales constituyentes y de la forma del diseño de los diferentes elementos estructúrale [16].

Además de ello se tiene las siguientes matrices:

- La matriz termoestable: la función principal es brindar estabilidad al conjunto, donde se trasfiere la carga en el refuerzo. En los materiales compuestos de la matriz termoestable donde los polímeros actúan como aglutinante donde aseguran la unión de las partículas incorporadas de las fibras y refuerzo [17]. Estos materiales son utilizados en una amplia gama de aplicaciones como son en la estructura aeroespaciales por su gran resistencia y estabilidad a las altas temperaturas y ambientes químicos [17].
- La matriz elastomérica: se refiere a la fase continua y menos rígida que constituye estos materiales.
- Matriz Termoplástica: la principal característica que brindan son la de poder generar mayor suavidad o ser más blandos al entrar en contacto con el calor siendo más moldeables sin ser cambiantes en donde son excelentes para volver a utilizarlos puesto que vuelven adquirir su forma [15].

Características de materiales compuestos reforzados con fibras.

En la mayoría de los materiales compuestos poseen una peculiaridad que presentan fibras con anisotropía, que hace referencia a el comportamiento de las mismas de acuerdo a ciertos parámetros que son sometidos [19].

Si se desea que un material compuesto sea isotrópico en función con la propiedad específica, es necesario que las partículas de refuerzo y fibras se encuentren distribuidas de forma aleatoria. Siendo muy difícil de lograr en caso de las fibras discontinuas ya que la mayoría de los métodos de fabricación tienden a encontrar las fibras [18].

Por otra parte, las fibras continuas en forma de láminas se utilizan en materiales compuestos con anisotropía en dirección especifica conocida como plano principal de carga. Esto permite a conocer la distribución de las fibras y su dirección en base a la aplicación de la carga incrementando el refuerzo [18].

Dirección de la fibra

La dirección en la que se encuentran las fibras como su repartimiento y proporción es muy importante en la caracterización de los materiales. El alineamiento de las fibras en una dirección paralela a la de su eje longitudinal corresponde a 2 probabilidades una de fibras continuas y otra discontinua [18].

De igual manera como otra forma de alineación de las fibras está el método al azar el cual consiste en una disposición sin ningún orden ni alineación de las mismas de una manera espontánea, en donde en la siguiente figura se podrá visualizar la distribución de los materiales en una sola capa [18].

La Figura 3, visualizada a continuación nos muestra la orientación de la fibra las cuales se dividen en clase a continúa alineada, el tipo b discontinua y alineada y la parte c discontinua al azar

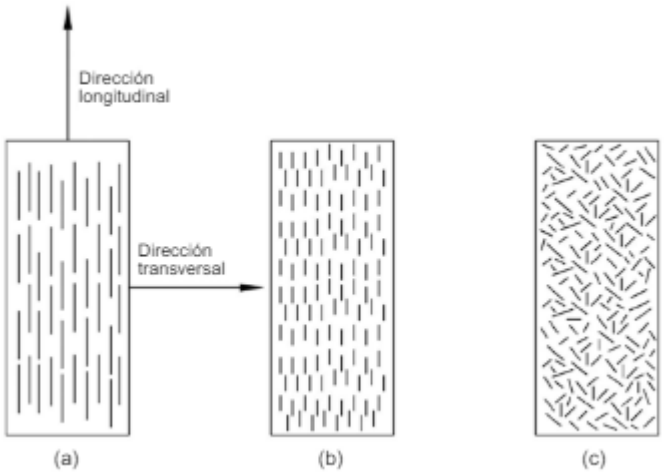


Figura 3. Fibras: (a) continua y alineada (b) discontinua y alineada y (c) discontinua al azar [16].

Incidencia longitudinal de las fibras en materiales compuestos con refuerzo de fibras discontinuas alineadas

La influencia que se da en las propiedades del material está guiada en la longitud de la fibra en compuestos reforzados que se encuentran de forma discontinua las fibras. En si la longitud de la fibra afecta la resistencia y rigidez del material, así como el comportamiento con la carga. Mientras que en el caso de las fibras discontinuas las cuales están alineadas tienden influir con la eficacia del refuerzo, en cambio las fibras continuas que son largas su refuerzo tienden hacer más efectivo, y las fibras cortas tiene mucha utilidad, aunque su refuerzo es menor [18].

Por ello es fundamental conocer la longitud de las fibras al momento de diseñar los compuestos y fijarse la longitud de las fibras alineadas ya que con ello se podrá ver afectado las propiedades del material [18].

Ensayos de Tracción

Los ensayos de tracción consisten en someter muestras a un esfuerzo axial de tracción que se va incrementando hasta que se genere una rotura, en este tipo de ensayos se puede medir la resistencia de los materiales a fuerzas estáticas o que se aplica lentamente [19]. Durante el proceso se puede apreciar diversas características de los materiales como elasticidad mediante el módulo de Young

el cual cuantifica la relación que se da entre longitud y el acortamiento entre longitudes transversales en dirección a la fuerza [19].

En los ensayos de tracción se debe cumplir las normativa D3039/3039M-00 con la que se realiza, en donde se define las dimensiones, la forma. velocidad, calibración y precisión de los equipos además de las condiciones ambientales las cuales se las debe de especificar en el laboratorio [19]. Los ensayos se realizan en máquinas de ensayo de tracción, también denominados como maquinas universales la cual se aplica una fuerza y se mide la respuesta que la muestra presento a la tensión como se muestra en la **Figura 4,** Ilustración de la probeta de ensayo de tracción (pulgada-libra) [19].

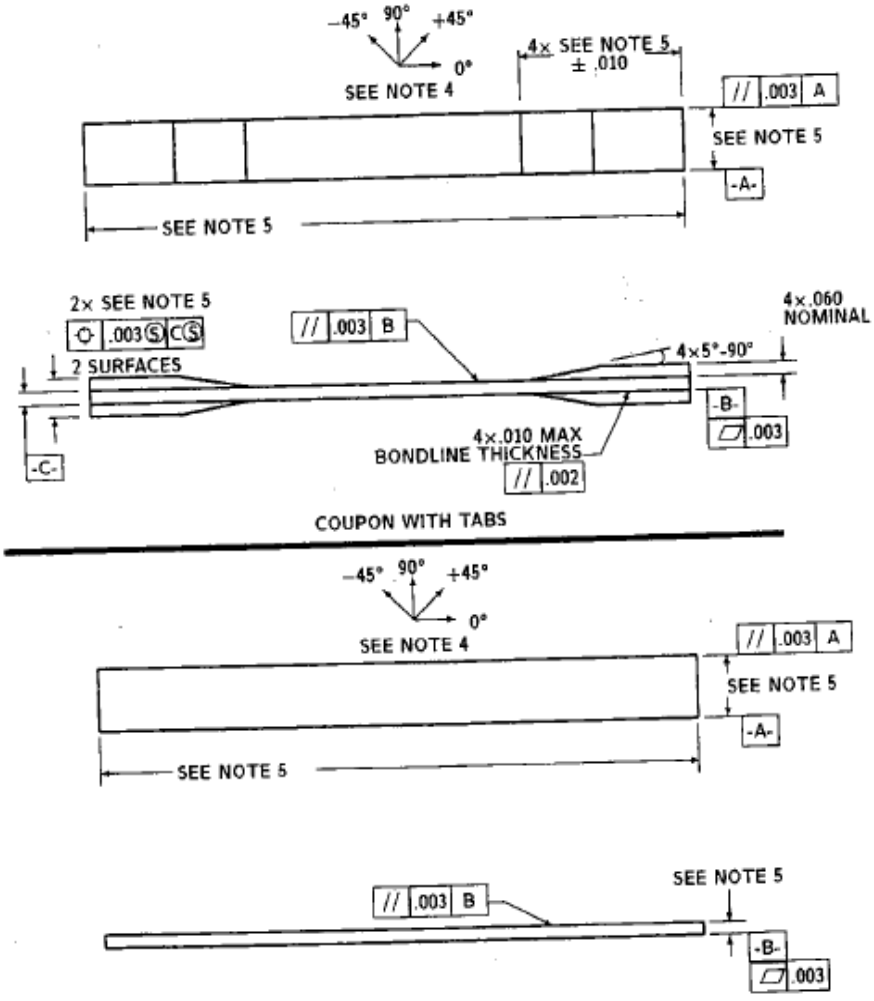


Figura 4. Ilustración de la probeta de ensayo de tracción (pulgada-libra) [19].

.

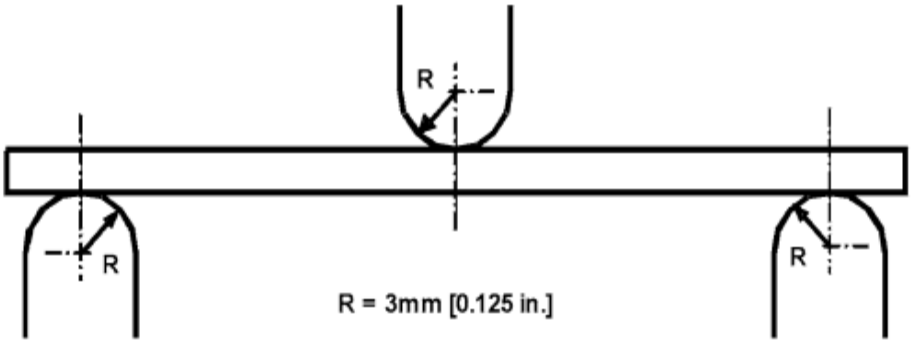
Ensayos de Flexión

Ensayo de flexión es un método utilizado para poder conocer las características mecánicas de los materiales en respuesta al esfuerzo y deformaciones en puntos de rotura, así como la elasticidad con flexión. Este tipo de ensayos se los utiliza mayormente para poder determinar la resistencia de la flexión de un material bajo cargas aplicadas en una dirección perpendicular del eje longitudinal [16].

Existe diversos tipos de ensayos de flexión, como es el ensayo de flexión de 2 puntos y de 3 puntos los cuales se utilizan para poder obtener información sobre el comportamiento y resistencia de la flexión de un eje [19]. Como es el caso de materiales frágiles en donde la resistencia a la flexión se lo realiza mediante estos ensayos, mientras que en materiales dúctiles se puede conocer el limite elástico, el ángulo de flexión máxima y el módulo de Young si existe deformación elástica.

El ensayo se realiza en una probeta la cual es sometida a una fuerza perpendicular a la de su eje en donde se mide las deformaciones y esfuerzos para poder evaluar las propiedades de flexión del material en una maquina universal de ensayos este se focaliza en la norma D 7264/D 7264M – 07 como se visualiza en la **Figura 5**, Configuración de carga en tres puntos con soporte fijo y de carga.

Figura 5. Configuración de carga en tres puntos con soporte fijo y de carga [18].



Ensayos de Impacto

Los ensayos de impacto son pruebas que se realiza para poder conocer las características de un material sobre los impactos y como pueden absorber la energía. En estos ensayos se puede obtener

información sobre el comportamiento del material bajo cargas de choque en diversas situaciones como: tracción, torsión y flexión [26]. La resiliencia de un material que es la propiedad que tiene un material para poder absorber energía durante el impacto que esta reciba son medidos mediante ensayos de impacto como son los métodos de Izod o el péndulo de Charpy [19].

Mediante estos métodos se puede conocer los valores de fragilidad de los materiales y la resistencia que tienen a los impactos los cuales se expresan en Julios por metro cuadrado según el Sistema Internacional de Unidades. Por ejemplo, el péndulo de Charpy es utilizado para poder conocer la tenacidad de un material a los impactos que se produce por el péndulo en una probeta entallada en donde es ensayada a flexión de 3 puntos [20]. En donde se mide la energía absorbida que se genera desde la altura inicial del péndulo hasta el final tras el impacto permite conocer cuanto pudo absorber el material [20].

Estas pruebas son fundamentales para poder determinar la capacidad de absorción y tenacidad de energía de los materiales, en donde nos brinda información primordial para evaluar la idoneidad de cada material en dependencia a la utilización de cada uno de los materiales según la absorción del impacto que se requiera tener [20].

Fibras sintéticas

Hoy en día es muy común el uso inédito de fibras de origen sintético que son usados grandemente con fines industriales debido a sus excelentes resultados y características logrando así poder remplazar las fibras naturales [17].

A continuación, se muestra una comparación de las diferentes propiedades tanto de las fibras naturales como las de origen sintético como se representa en la **Tabla 3,** Características de las fibras naturales vs las fibras sintéticas.

Tabla 3. Características de las fibras naturales vs las fibras sintéticas.

Características	Fibras Naturales	Fibras Sinteticas
Se puede reciclar	**X**	

Abracivo a maquinarias		**X**
Es renovable	**X**	
Peligro de absorción		**X**
Amigables con el medio ambiente	**X**	
Costo bajo	**X**	**X**
Biodegradable	**X**	
Mayor duración		**X**

Procesamientos de fabricación

El proceso de fabricación conlleva en poner establecer los materiales adecuados para la producción de un producto en donde es crucial conocer las características de los materiales compuestos y entender si cumplen con nuestros requerimientos [20]. Debido a esta razón las características se basan a la forma del refuerzo y al tipo de matriz en donde es transcendental entender el acondicionamiento del proceso [21].

Resinas

La resina son elementos que se consigue de forma natural la cual es una secreción micro orgánica de algunas plantaciones. Además, existe en el mercado resinas sintéticas las cuales son producidas por el ser humano presentando características similares a las naturales [21]. Las resinas son utilizadas en un sin número de productos como barnices, perfumes, aditivos alimenticios, adhesivos entre otros. También son utilizados para la fabricación de plásticos reforzados con fibra de vidrio dentro de la industria automotriz [21].

Resina Poliéster

La resina de poliéster es un material que se lo emplea en la industria del laminado y en la elaboración de objetos ligeros. La cual existe 2 tipos: ortolfatico siendo el más económico, pero con menor resistencia al agua y la isoftalico en donde se lo utiliza en la industria marina debido a la alta resistencia al agua [22].

Esta resina es un líquido viscoso de una coloración clara la cual consiste en una solución de poliéster en un monómero. En donde se añade estireno, reduciendo la viscosidad de la resina permitiendo que el molde no sea de alta presión, en la que se acopla a cualquier molde de baja precisión. También se lo utiliza en la fabricación de plástico reforzado con fibras de vidrio, al igual se lo emplea en la fabricación de moldes de acero, compuestos a granel y fundición de resina [20].

Es fundamental conocer que la resina de poliéster tiene algunas diferencias a las otras resinas, como es la resina epoxi. Por ejemplo la resina poliéster posee menos resistencia al agua que la epoxi, pero de igual manera sigue siendo un material de buena calidad y rendimiento [20].

Tipos de resina Poliéster

Existen variedad de tipos de resina poliéster en donde cada una posee características y usos específicos entre los tipos comunes tenemos:

- **Resina de poliéster ortoftálica:** Es la resina más común y se lo utiliza en la fabricación de paneles de pared reforzados con fibra de vidrio, componentes de moldeo y tuberías curadas [22].
- **Resina de poliéster isoftálica:** esta resina es preferido para la industria marina debido a la alta resistencia al agua [22].
- **Resina de poliéster viniléster:** En este tipo de resina poliéster es la que mayor resistencia química y térmica presenta en relación a diferencia de las demás. Debido a sus características es utilizado en lugares donde existe mayor daño a la corrosión [22].
- **Resina de poliéster dcpd (dicyclopentadiene):** Este tipo de resinas es utilizado en materiales que requiera de mayor resistencia al impacto y una mayor flexibilidad. [22].

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Caracterizar un material compuesto de resina poliéster reforzada con fibra de bagazo de caña de azúcar para determinar las propiedades mecánicas.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar los porcentajes adecuados de peso en el bagazo de caña de azúcar como refuerzo en la matriz polimérica.
- Elaborar probetas del material compuesto con el fin de someterlas a pruebas de tracción, flexión e impacto las cuales serán llevadas a cabo según las normas establecidas por la ASTM.
- Evaluar las propiedades mecánicas de tracción, flexión e impacto del material compuesto.

1.2.3. Hipótesis

La caracterización de un material compuesto de resina poliéster reforzada con fibra de bagazo de caña de azúcar permitirá determinar las mejores propiedades mecánicas del material.

Variable dependiente e independiente de la hipótesis

1.1.1 Variable dependiente

Propiedades Mecánicas

1.1.2 Variable independiente

Material Compuesto de resina poliéster reforzada con fibra de bagazo de caña de azúcar.

CAPÍTILO II

METODOLOGÍA

2.1. Materiales

2.1.1. Listado de materiales para la elaboración del proyecto

A continuación, se presenta en la **Tabla 4,** rubro de materiales y máquinas a utilizarse para la eelaboración del presente proyecto experimental.

Tabla 4. Rubro de materiales para elaboración del proyecto experimental.

Rubro de materiales para elaboración del proyecto experimental			
Descripción	**Cantidad**	**Costo por Unidad (USD$)**	**Costo total (USD$)**
Resina Poliéster	10 kg	2.94	22.94
Cobalto	0.5 kg	8.40	8.40
MEK	1 kg	6.40	6.40
Cera desmoldante	1	7	7
Bagazo de caña de azúcar	30 lb	1.03	30.90
Balanzas (Laboratorios UTA)	1	-	-
Pistola de calor	1	12	12
Extras	-	150	150
Ensayos de tracción (Laboratorios)	30	10	300
Ensayos de Impacto (Laboratorios UTA)	30	3.75	112.50
Ensayos de flexión (Laboratorios)	30	10	300
Costo (USD$)			**950.14**

2.1.2. Recursos Humanos

En el presente proyecto uno de los recursos más importantes son los medios humanos, ya que es de vital importancia para la elaboración de el mismo seguidamente se muestran en la **Tabla 5,** Recursos Humanos.

Tabla 5. Recursos Humanos

Recursos Humanos	Total
Rubro	0,00
Autor responsable	0,00
Tutor de tesis	0,00
Persona encargada del laboratorio	0,00

2.1.3. Recursos Institucionales

Consiguiente se muestran los recursos institucionales, ya que a partir de los mismos son importantes para la ejecución del presente proyecto se muestran en la **Tabla 6.**

Tabla 6. Recursos Institucionales

Recursos Institucionales	Total
Rubro	**0,00**
Programa Microsoft Excel	**0,00**
Biblioteca virtual UTA	**0,00**
Artículos, revistas, tesis relativas al tema	**0,00**
Softwares y programas de análisis	**0,00**

2.1.4. Descripción de equipos

2.1.5. Máquina universal de ensayos

La máquina universal de ensayos es un maquina parecida a la de una prensa que se la ocupa para someter materiales de pruebas en la tracción y flexión con la finalidad de poder conocer las

propiedades de los materiales. Donde la fuerza se la aplica mediante las placas de mordaza las cuales pueden ser cónicas o laterales que se accionan mediante un sistema hidráulico [20].

2.1.6. Máquina de impacto

La máquina de impacto tiene un sin número de aplicaciones como son las pruebas de calidad de los materiales dentro de la industria alimenticia y pruebas de propiedades físicas en la ingeniería, Estas máquinas es de suma utilidad para poder conocer la resistencia de los materiales en base a la carga dinámica [17].



Figura 6. Máquina de impacto.

2.2. Métodos

Descriptivo

Se realizó una rápida descripción sobre el volumen porcentual, la laminación y la configuración de la fibra de los materiales compuestos, además de poner analizar las diferentes propiedades mecánicas que se consiguió gracias a la elaboración de distintas probetas.

Exploratorio

También es necesario entender que se trata de una investigación exploratoria debido a la búsqueda de un tipo prototipo de fibra que se lo emplee como refuerzo, además del uso de resina poliéster como matriz para adquirir un nuevo material compuesto con mejores propiedades mecánicas.

Cuantitativo

El método de investigación cuantitativo se basa al estudio interrogatorio el cual se establece en la recopilación de datos estadísticos, generalmente este método es utilizado para el análisis y representación de datos de una manera exacta y precisa fundamentándose en la descripción de variables cuantitativas, en el presente proyecto lo usamos en los diferentes ensayos a elaborarse como lo son tracción, flexión e impacto.

Experimental

El presente trabajo es ínfimamente experimental basándose en la elaboración de probetas. Así mismo se realizó un análisis exhaustivo sobre ciertos usos y aplicaciones industriales.

Bibliográficos

Para la elaboración de los análisis bibliográficos se tomó muy en cuenta el uso de revistas, artículos, fichas técnicas, proyectos, tesis y libros tomando en cuenta los parámetros requeridos para lograr con el cumplimiento de los objetivos establecidos en el presente proyecto.

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población

Ejecución de ensayos de resina poliéster con reforzamiento de la fibra del bagazo de caña de azúcar, este procesamiento se elaboró con laminación manual tomando en consideración la norma ASTM de ensayos.

2.3.2. Muestra

Para la toma de muestreo se elaboró una mínima cantidad de 5 ensayos de cada tipo de proporción como lo indica la normativa este material está compuesto por ciertos porcentajes de resina poliéster reforzado con la fibra del bagazo de caña de azúcar, seguidamente se visualiza en la siguiente tabla los datos tomados.

2.3.3. Muestra de probetas

En la **Tabla 7,** Muestra de probetas a continuación tenemos los ensayos a realizarse a tracción flexión e impacto con Dos tipos de refuerzos IBA que representa longitudinal corto y la clase b que

Tabla 7. Muestra de probetas

Ensayo a realizarse	Clase de Refuerzo	Volumen Porcentual		Laminación	Total de Probetas	
		Matriz (%)	Refuerzo (%)			
TRACCIÓN	A	60	40	Laminación Manual	5	Se realizarán un total 30 probetas a tracción
	A	70	30	Laminación Manual	5	
	A	80	20	Laminación Manual	5	
	B	60	40	Laminación Manual	5	
	B	70	30	Laminación Manual	5	
	B	80	20	Laminación Manual	5	
FLEXIÓN	A	60	40	Laminación Manual	5	Se realizarán un total 30 probetas a flexión
	A	70	30	Laminación Manual	5	
	A	80	20	Laminación Manual	5	
	B	60	40	Laminación Manual	5	
	B	70	30	Laminación Manual	5	
	B	80	20	Laminación Manual	5	
IMPACTO	A	60	40	Laminación Manual	5	Se realizarán un total 30 probetas a impacto
	A	70	30	Laminación Manual	5	
	A	80	20	Laminación Manual	5	
	B	60	40	Laminación Manual	5	
	B	70	30	Laminación Manual	5	
	B	80	20	Laminación Manual	5	
Totalidad de probetas a tracción, flexión e impacto					90	

2.3.4. Operacionalización de Variables

2.3.5. Variable Independiente

En la **Tabla 8,** variable independiente la cual conlleva un concepto que indica su matriz y refuerzo las metodologías e instrumentación a utilizarse material compuesto de resina poliéster reforzada con fibra de bagazo de caña de azúcar.

Tabla 8. Variable Independiente

<table>
<tr><th>Concepto</th><th>Condición</th><th>Indicadores</th><th>Matriz</th><th>Refuerzo</th><th>Metodologías e Instrumentación</th></tr>
<tr><td rowspan="5">Como su nombre lo indica un material compuesto conlleva una unión de dos o varios materiales, los que poseen una matriz y el refuerzo estos pueden variar, suelen ser sintéticos con el objetivo de conseguir nuevos y variados materiales con excelentes características o propiedades mecánicas.</td><td rowspan="5">Material Compuesto</td><td rowspan="3">Volumen Porcentual</td><td>60%</td><td>40%</td><td rowspan="5">Análisis Directo
Fichas técnicas para la extracción de antecedentes y datos.
Norma para Tracción ASTM D3039-15.
Flexión ASTM D7264-15.
Impacto ASTM D5628-10.
Fuente Bibliográfica</td></tr>
<tr><td>70%</td><td>30%</td></tr>
<tr><td>80%</td><td>20%</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Configuración de la fibra</td><td colspan="2">Clase A (Fibra Longitudinal</td></tr>
<tr><td colspan="2">Clase B (Randómico)</td></tr>
<tr><td>Laminación</td><td colspan="2">Laminación Manual</td></tr>
</table>

2.3.6. Variable Dependiente

Propiedades Mecánicas

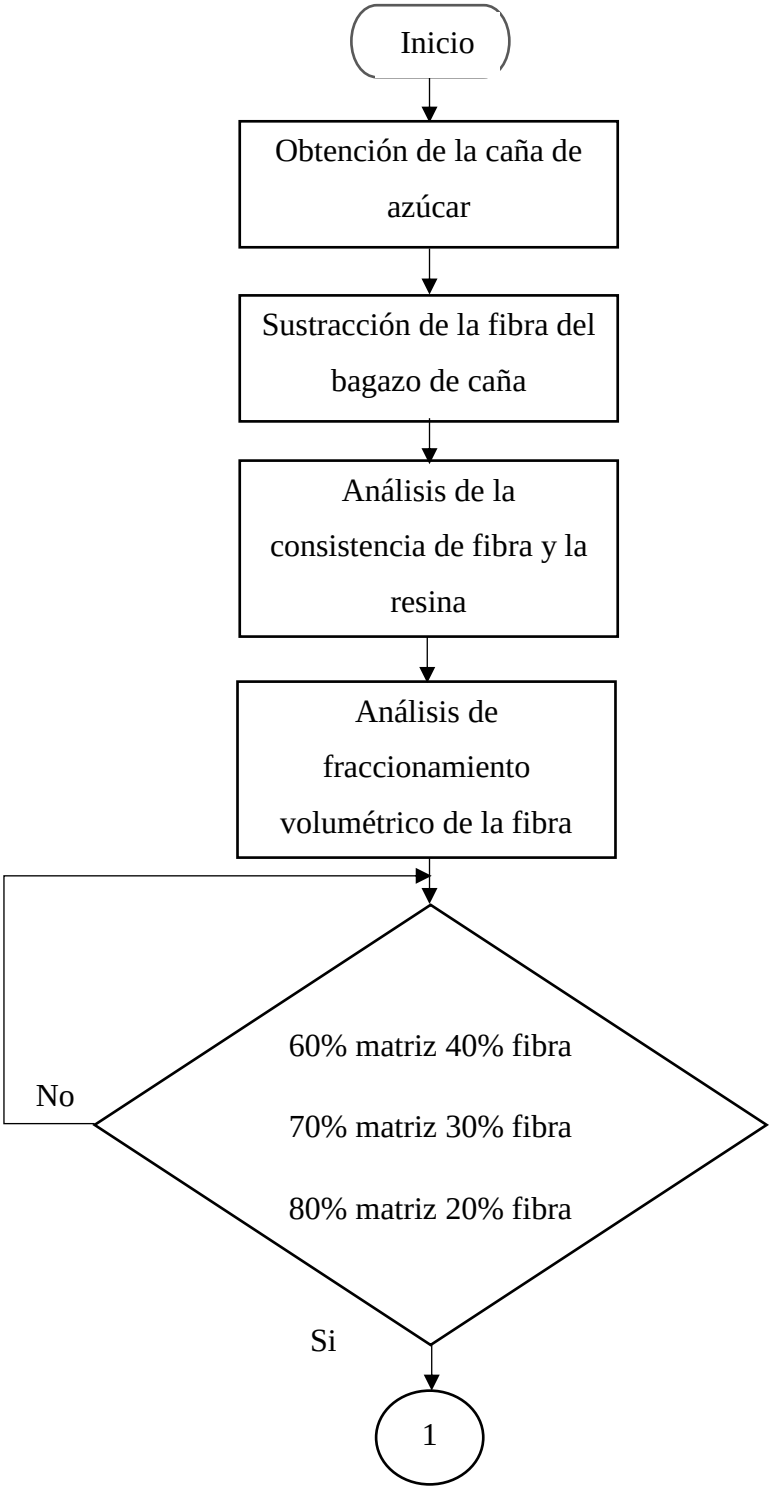
Tabla 9. Variable Dependiente

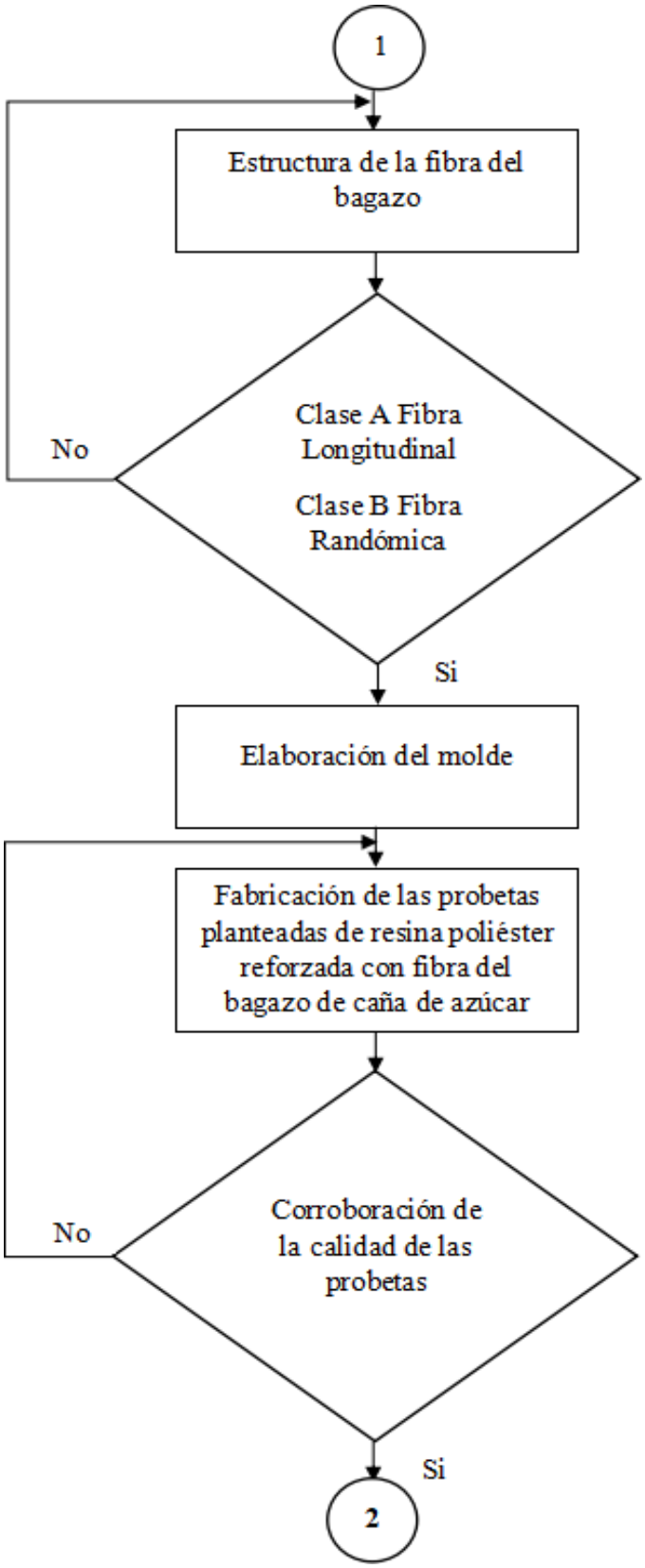
Consiguiente se visualiza en la **Tabla 9,** variable dependiente la cual conlleva las propiedades mecánicas.

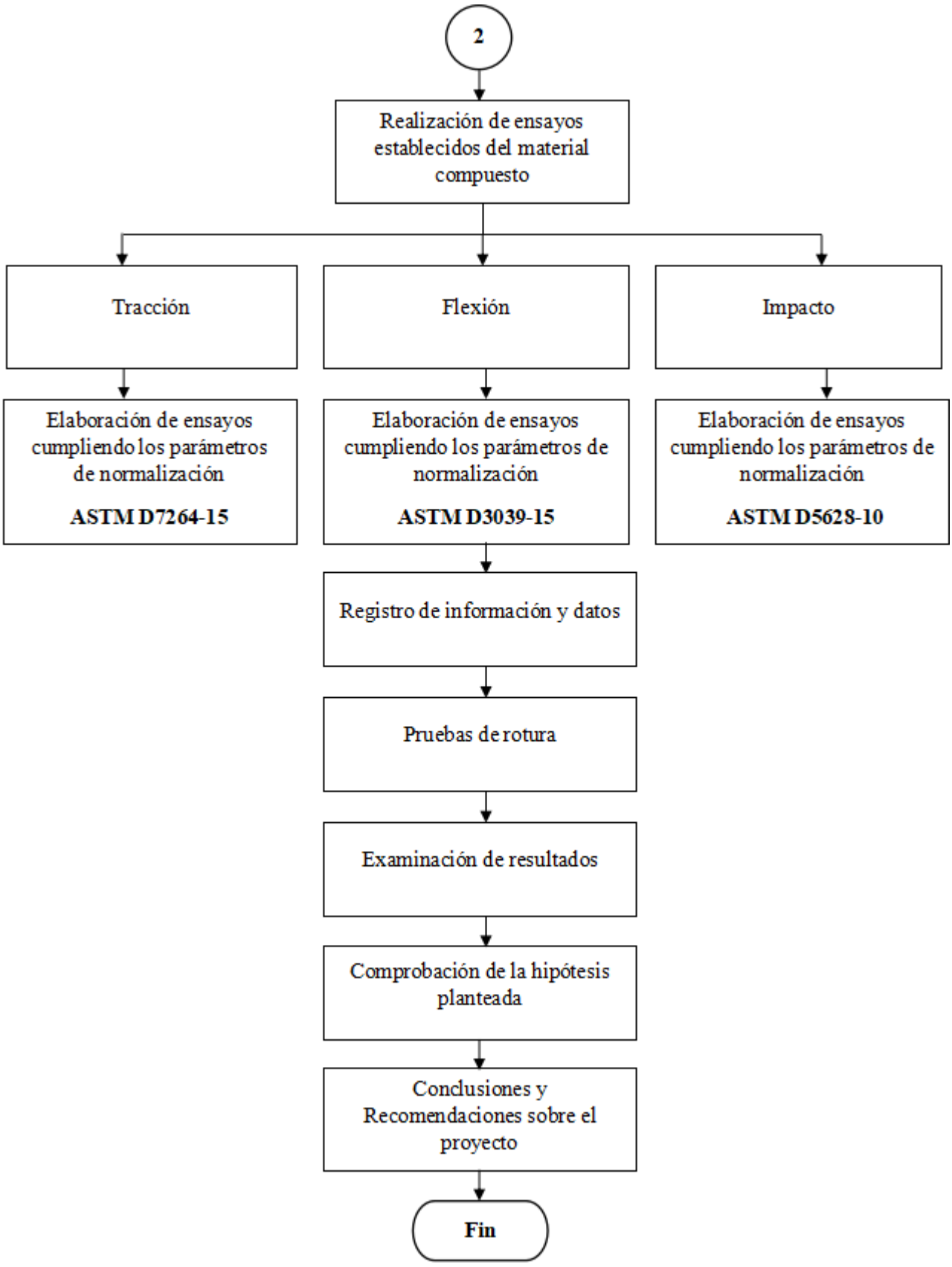
Concepto	Condición	Indicadores	Parámetros a determinar	Metodologías e Instrumentación
Los ensayos mecánicos se llevan a cabo sometiendo el material a diferentes esfuerzos mecánicos con el fin de determinar su resistencia y otras propiedades.	Propiedades Mecánicas	Resistencia a la tracción	¿Cuál fue la resistencia a tracción?	Análisis Directo Fichas técnicas para la extracción de antecedentes y datos. Normas a utilizarse ASTM Fuente Bibliográfica
		Módulo de elasticidad	¿Cuál fue el módulo de elasticidad?	
		Resistencia a la flexión Módulo de Flexión	¿Cuál fue la resistencia a la flexión? ¿Cuál fue el módulo de flexión?	
		Impacto	(1,5-3) (J)	

2.3.7. Diagrama de flujo

En el diagrama de flujo trata de la obtención de la fibra del bagazo de caña de azúcar el análisis del fraccionamiento volumétricos, los tipos de refuerzos como finalmente La elaboración de los ensayos a tracción, flexión e impacto basándose en las respectivas normativas.




1
Estructura de la fibra del bagazo
Clase A Fibra Longitudinal
Clase B Fibra Randómica
No
Si
Elaboración del molde
Fabricación de las probetas planteadas de resina poliéster reforzada con fibra del bagazo de caña de azúcar
Corroboración de la calidad de las probetas
No
Si
2


2
Realización de ensayos establecidos del material compuesto
Tracción
Flexión
Impacto
Elaboración de ensayos cumpliendo los parámetros de normalización
ASTM D7264-15
Elaboración de ensayos cumpliendo los parámetros de normalización
ASTM D3039-15
Elaboración de ensayos cumpliendo los parámetros de normalización
ASTM D5628-10
Registro de información y datos
Pruebas de rotura
Examinación de resultados
Comprobación de la hipótesis planteada
Conclusiones y Recomendaciones sobre el proyecto
Fin

2.3.8. Proceso de obtención de la fibra del bagazo de caña de azúcar

Para el proceso de obtención de la fibra del bagazo de azúcar se lo muestra en la siguiente **Tabla 10.**

Tabla 10. Proceso de obtención de la fibra del bagazo de caña de azúcar

Obtención de la fibra del bagazo de caña de azúcar
1. Se debe conseguir la caña de azúcar. 
2. Seguidamente se procede a retirar la cascara y trocear en pedazos pequeños. 
3. Consiguiente procedemos a la extracción del jugo de caña ayudándonos con un molinillo. 
4. Obtención del bagazo de caña 

5. Secado de bagazo de caña de azúcar en el horno





6. Raspado



7. Obtención de la final de la fibra



2.3.9. Ensayo de tracción según la norma ASTM D3039-15

El ensayo de tracción es utilizado para la evaluación de las distintas propiedades mecánicas que poseen los materiales para la realización del mismo generalmente se utiliza la norma **ASTM D3039-15** la cual facilita los procesos y requerimientos determinados para la elaboración del ensayo en los materiales compuestos [23]. La característica inicial del ensayo de tracción es la determinación de la resistencia a la tracción, la elongación, su módulo de elasticidad entre otras características mecánicas, las cuales son trascendentales para la evaluación de la eficiencia y rendimiento de los compuestos en distintas áreas como la industria aeroespacial, automotriz y de construcción [23].

2.2.3.9. Cálculo de área y volumen de probeta a tracción según la normaASTM D3039-15

Se debe realizar el cálculo del área y volumen de las probetas con los parámetros indicados en la **Figura 7.**

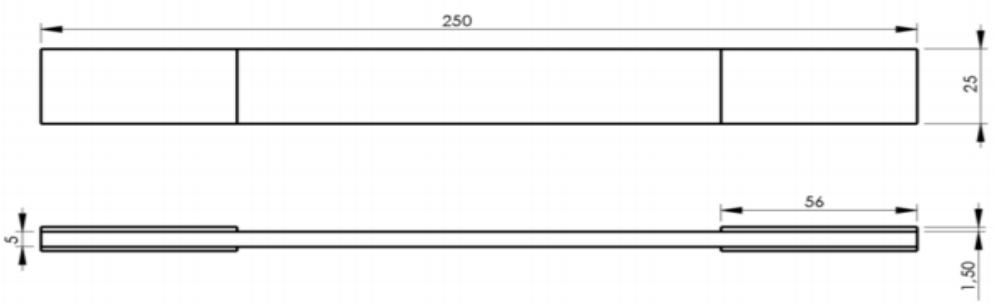


Figura 7. Muestra de ensayo de tracción estándar (pulgada-libra) [23].

Área de la probeta

En la siguiente ecuación 1 se muestra el área de la probeta.

$$A = l * a \qquad \text{Ec. [1]}$$

$A =$ Área de la probeta

$l =$ largo

$a =$ ancho

$$A = 250\text{mm} * 25\text{mm} \rightarrow A = 6250\text{mm}^2 \rightarrow \mathbf{A = 62.50\ cm^2}$$

Volumen de la probeta

En la ecuación 2 mostrada a continuación nos data sobre el volumen de la probeta.

$$V = A * e \qquad \text{Ec. [2]}$$

$$V = \text{volumen de la probeta}$$

$$e = \text{espesor}$$

$$V = 6250\text{mm}^2 * 5\text{mm} \rightarrow V = 31250\text{mm}^3 \rightarrow \mathbf{V = 31.25\ cm^3}\ \ \boldsymbol{Ec}$$

2.3.10. Norma ASTM D7264-15 en ensayo de Flexión

El objetivo del ensayo de flexión es la determinación de la resistencia y rigidez de los compuestos en situaciones de carga de flexión, para la elaboración del mismo se utiliza la norma **ASTM D7264-15** es una normalización de ensayo usada para la evaluación de las propiedades de flexión en los diferentes compuestos, el cual involucra la aplicación de una carga de flexión a una muestra de material compuesto y el cálculo de la carga aplicada y su deformación [24]. Por lo general su función principal es la determinación de la rigidez y resistencia a la flexión del material.

Para la ejecución del ensayo se ocupan las máquinas de ensayo universal las que emplean una cierta carga en la parte central de la muestra, la cual es medida su deformación resultante [24].

La normativa instaura los requerimientos determinados para la elaboración de muestras, su dimensionamiento, la velocidad de carga y la metodología de procesamiento de datos de los resultados.

Es de suma importancia el seguimiento de la normativa **ASTM D7264-15** y procesos ya establecidos para proporcionar exactitud en los resultados del ensayo [23].

2.3.11. Cálculo de área y volumen según la norma ASTM D7264-15

Acorde a la normativa la norma **ASTM D7264-15** en la figura 8 data el dimensionamiento de las probetas, para su respectivo cálculo del área y el volumen de la probeta se ha utilizado las ecuaciones 1 y 2 mostradas anteriormente.

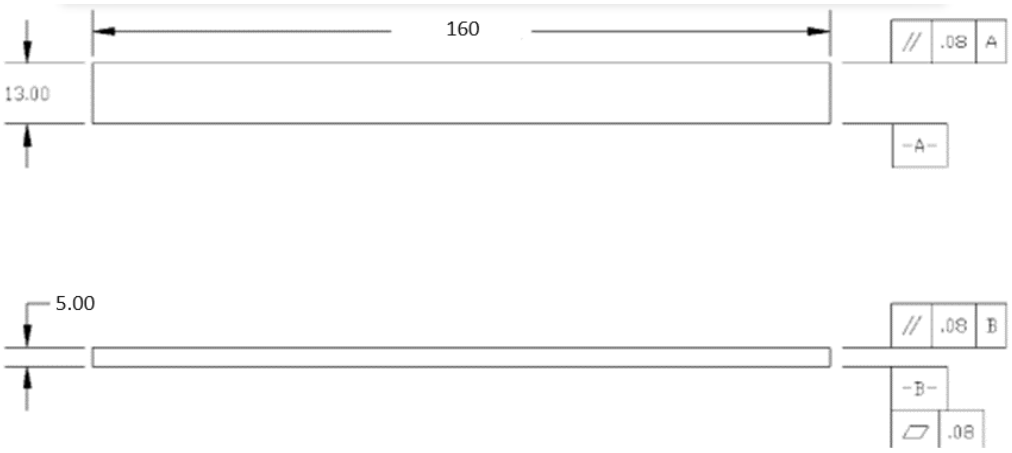


Figura 8. Dimensionamiento de probeta según Norma ASTM D7264-15 en ensayo de Flexión [23].

Se debe realizar el cálculo del área y volumen de las probetas

Área de la probeta

$$A = l * a \rightarrow A = 160mm * 13mm \rightarrow A = 2080mm^2 \rightarrow \mathbf{A = 20.80\ cm^2}$$

Volumen de la probeta

$$V = A * e \rightarrow V = 2080mm^2 * 5mm \rightarrow V = 10400mm^3 \rightarrow \mathbf{V = 10.40\ cm^3}$$

2.2.3.12. Descripción de la prueba ASTM D5628-10

Para efectuar los ensayos de impacto se utiliza la normalización **ASTM D5628-10** la cual requiere de material polimérico de forma rectangular o de barras. Se ocupa un péndulo que proporciona energía para la aplicación de un impacto en la muestra. Esta es colocada en un posicionamiento fijo y es golpeada con el péndulo [25]. El almacenamiento de energía se deduce con la medición de su altura a partir que cae el péndulo y la deformación resultante en la muestra [25].

Este ensayo tiene como objetividad la evaluación de la resistencia al impacto de los materiales, también busca los diferentes usos que se les puede otorgar de acuerdo a sus propiedades

El proceso de la normativa **ASTM D5628-10** comprende los siguientes pasos:

Elaboración y preparación de la muestra: Se debe elaborar y preparar una muestra acorde al dimensionamiento y detalles acotados por la normalización [24].

Calibración de la máquina: La máquina de ensayos, circunscribiendo el péndulo, debe ser calibrado y corroborado precedentemente de la prueba para avalar cálculos precisos.

Posicionamiento de la muestra: La muestra se ubica en un posicionamiento fijo, por lo general en una base de prueba.

Aplicación del impacto: El péndulo se suelta desde una altura específica y golpea la muestra. La energía del impacto se deduce con la medición la altura a partir de la caída del péndulo y la deformación resultante en la muestra[25].

2.3.12. Cálculo de área y volumen según la norma ASTM D5628-10

Para el cálculo del área y el volumen de la probeta se ha utilizado las ecuaciones 1 y 2 mostradas anteriormente en la **Figura 9**, dimensionamiento de la probeta de impacto según la normativa ASTM 5628-10.

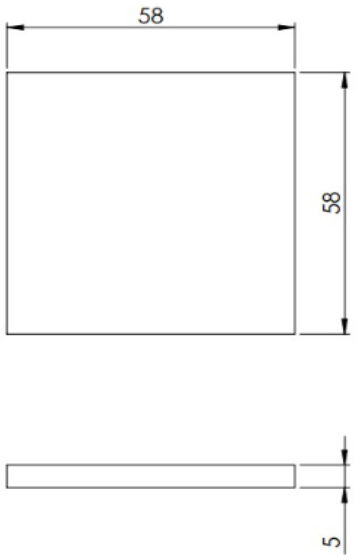


Figura 9. Dimensionamiento de probeta de impacto según la norma ASTM D5628-10 [25].

Área de la probeta

$$A = l * a \rightarrow A = 58\ mm * 58mm \rightarrow A = 3364\ mm^2 \rightarrow \mathbf{A = 33.64\ cm^2}$$

Volumen de la probeta

$$V = A * e \rightarrow V = 3364\ mm^2 * 5mm \rightarrow V = 16820\ mm^3 \rightarrow \mathbf{V = 16.82\ cm^3}$$

2.3.13. Elaboración de la matriz del molde

En la **Tabla 11,** situada a continuación muestra el proceso de elaboración o fabricación de la matriz del molde.

Tabla 11. Proceso Fabricación de la matriz del molde

Proceso Fabricación de la matriz del molde
1. Para la elaboración del molde se tomó las medidas calculadas de 40cm×40cm×5cm. 2. Consiguiente se lo realizó en un vidrio templado con la ayuda de cauchos e isarcol. 

2.3.14. Cálculo de las densidades de la resina poliéster

Para el cálculo de las densidades de la resina poliéster se toma en cuenta 2 g, 5g y 7g de fibra de caña de azúcar y se lo sumergió en agua y se consiguió las densidades de la resina poliéster cómo se figura en la **Tabla 12.**

Tabla 12. Densidades de la resina poliéster

Densidades de la resina poliéster		
gr	Gramaje	Densidad

2		
5		
7		

2.3.15. Fórmula de la densidad

Por lo general la ecuación 3 de la densidad viene dada masa sobre volumen la cual la masa es representada por la letra m y viene dada en gramos, kilogramos, etcétera por caso contrario el volumen viene dado en centímetros cúbicos litros u otros.

$$\textbf{densidad}\ (\boldsymbol{\delta}) = \frac{\mathbf{m}}{\mathbf{v}} \rightarrow \frac{\textbf{masa}}{\textbf{volumen}} \qquad \text{Ec. [3]}$$

2.3.16. Cálculo de la densidad de la fibra del bagazo de caña de azúcar

En la **Tabla 13** mostrada a continuación son las muestras tomadas para el cálculo de la densidad de la fibra de caña de azúcar para el mismo se tomó las siguientes masas de 2 5 y 7 g por lo que despectivamente se obtuvo un volumen inicial de 210 cada 1 con un volumen final de 215 cm3,218 cm y 222 cm3 con una variación de volumen de 58 y 10 y 12 centímetros cúbicos por lo que se obtuvo la densidad con la fórmula te la densidad de masa sobre volumen y nos dio una densidad de 0.40 g/cm3 0.62 g/cm3 y 0.48 g/cm3 dándonos una densidad total de 0.53 g/cm3.

Tabla 13. Muestras tomadas para el cálculo de la densidad de la fibra del bagazo de caña de azúcar

Muestras tomadas para el cálculo de la densidad de la fibra del bagazo de caña de azúcar				
masa (gr)	**Volumen inicial Vo (cm^3)**	**Volumen final Vf (cm^3)**	**Variación Volumen ΔV (cm^3)**	**densidad(δ) $\left(\frac{gr}{cm^3}\right)$**
2	210	215	5	0.40
5	210	218	8	0.62
7	210	222	12	0.48
densidad(δ) $\left(\frac{gr}{cm^3}\right)$				0.53

2.3.16.1. Cálculo del área y volumen del molde

Para calcular el área del molde simplemente se utilizó la siguiente formulación área del molde es igual a longitud por ancho y en caso contrario para calcular el volumen pertinente se calculó lado por ancho y por espesor como se data en la tabla 14**.**

Tabla 14. Cálculo del área y volumen del molde

Cálculo de Área y Volumen del molde			
$l = lado\ (cm)$ $a = ancho(cm)$ $e = espesor\ (cm)$		$A = l * a$	
l	40	**1600** cm^2	
a	40	$V = l * a * e$	**800** cm^3
e	0,5		

2.3.16.2. Análisis del porcentaje de las masas de la resina y fibra a utilizarse

A continuación, se realizó un análisis de los porcentajes de las masas de la resina y fibra a utilizarse con 60 % fibra-40% resina, 70% fibra-30% resina y 80% Fibra-20% Resina como se figura en las siguientes **Tabla 15, Tabla 16 y Tabla 17** respectivamente.

- **60 % Fibra-40% Resina**

Tabla 15. 60 % Fibra-40% Resina

60% Fibra-40% Resina			
$\delta = densidad$ $m = masa$ $v = volumen$	$\delta = \frac{m}{v}$	$m = \frac{\delta}{v}$	$v = \frac{m}{\delta}$
$\boldsymbol{\delta = densidad\ \frac{gr}{cm^3}}$			
Fibra		Resina	
0,53		1,2	
% fibra	0,7	% resina	0,3
masa fibra (gr)		169,6	
masa resina (cm3)		480	

- **70% Fibra-30% Resina**

Tabla 16. 70% Fibra-30% Resina

70% Fibra-30% Resina			
$\delta = densidad$ $m = masa$ $v = volumen$	$\delta = \frac{m}{v}$	$m = \frac{\delta}{v}$	$v = \frac{m}{\delta}$
$\boldsymbol{\delta = densidad\ \frac{gr}{cm^3}}$			
Fibra		Resina	
0,53		1,2	
% fibra	0,7	% resina	0,3
masa fibra (gr)		127,2	
masa resina (cm3)		560	

- **80% Fibra-20% Resina**

Tabla 17. 80% Fibra-20% Resina

80% Fibra-20% Resina			
$\delta = densidad$ $m = masa$ $v = volumen$	$\delta = \frac{m}{v}$	$m = \frac{\delta}{v}$	$v = \frac{m}{\delta}$
$\boldsymbol{\delta = densidad\ \frac{gr}{cm^3}}$			
Fibra		Resina	
0,53		1,2	
% fibra	0,7	% resina	0,3
masa fibra (gr)		84,8	
masa resina (cm3)		640	

2.3.17. Fibra necesaria acorde al fraccionamiento volumétrico

En la siguiente **tabla 18** se muestra la fibra necesaria a utilizarse de acuerdo al volumen por lo que se obtuvo que en las clases de refuerzo A configuración longitudinal corta con un volumen total de 800 cm3 se tuvo una densidad de la fibra de 0.53 g/cm3 con los refuerzos de 40 %, 30% y 20% Se

obtuvo los respectivos volúmenes de refuerzo 320,240, y 160 cm3 Además De hecho una masa de 169.6g, 127.2g y 84.8g.

Tabla 18. Fibra necesaria acorde al fraccionamiento volumétrico

Fibra necesaria acorde al fraccionamiento volumétrico					
Clase de Refuerzo	**Volumen total (cm3)**	**Densidad de la fibra (g/cm3)**	**Refuerzo (%)**	**Volumen de Refuerzo (cm3)**	**Masa (g)**
A	800	0,53	40	320	169.6
A	800	0,53	30	240	127.2
A	800	0,53	20	160	84.8
B	800	0,53	40	320	169.6
B	800	0,53	30	240	127.2
B	800	0,53	20	160	84.8
Totalidad necesaria de masa de la fibra del bagazo de caña de azúcar en (g)				**763.2**	

Para la clase de refuerzo tipo B o randómica con un volumen de 800 cm3 y una densidad de la fibra de 0.53 g sobre centímetros cúbicos para los refuerzos de 4030 y 20 se obtuvo un volumen de refuerzo 169.6 g127.2 g y 84.8 g dando una totalidad de masa de la fibra del bagazo de caña de azúcar de 763.2 g.

2.3.18. Resina poliéster a utilizarse acorde al fraccionamiento volumétrico

En la **Tabla 19** situada a continuación se visualiza los distintos volúmenes a ocuparse dependiendo de su fracción volumétrica con los diferentes porcentajes de matriz (resina poliéster).

Tabla 19. resina poliéster a utilizarse acorde al fraccionamiento volumétrico

Clase de Refuerzo	**Totalidad de Volumen (cm3)**	**Densidad de la resina (g/cm3)**	**Matriz (%)**	**Volumen de la matriz (cm3)**
A	800	1.2	60	480
A	800	1.2	70	560
A	800	1.2	80	640

B	800	1.2	60	480
B	800	1.2	70	560
B	800	1.2	80	640
Totalidad necesaria de matriz (cm3)				3360

2.3.19. Densidad del material compuesto

Para realizar el análisis de la densidad del material compuesto de resina poliéster y la fibra del bagazo de caña de azúcar es utilizada la siguiente ecuación 4.

$$\boldsymbol{\rho_c = (f_m * \rho_m) + (f_f * \rho_f)} \qquad \text{Ec. [4]}$$

En donde sus variables corresponden:

$$\boldsymbol{\rho_c \rightarrow \text{Densidad del compuesto}}$$

$$\boldsymbol{f_m \rightarrow \text{Fracción volumétrica de la matriz}}$$

$$\boldsymbol{\rho_m \rightarrow \text{Densidad de la matriz}}$$

$$\boldsymbol{f_f \rightarrow \text{Fracción volumétrica de la fibra}}$$

$$\boldsymbol{\rho_f \rightarrow \text{Densidad de la fibra}}$$

En la **Tabla 20** mostrada a continuación data la densidad del material compuesto acorde su fraccionamiento volumétrico.

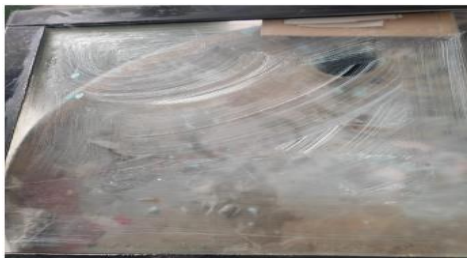
Tabla 20. Densidad del material compuesto

Fraccionamiento Volumétrico		**Densidad** $\frac{gr}{cm^3}$		**Densidad del material compuesto** $\frac{gr}{cm^3}$
Refuerzo (%)	Matriz (%)	Refuerzo	Matriz	
40	60	0,53	1,2	0,932
30	70	0,53	1,2	0,999
20	80	0,53	1,2	1,066

2.3.20. Proceso para la fabricación de probetas

El procesamiento de elaboración de las probetas es una parte sumamente esencial en el presente proyecto es por ello que a continuación en la siguiente tabla 21 se muestra el proceso de fabricación de probetas.

Tabla 21. Proceso de fabricación de probetas

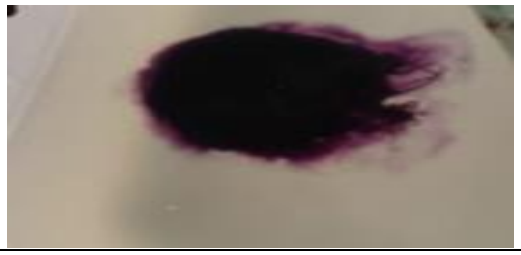
Proceso de fabricación de probetas
1. Los moldes a utilizarse son pasados con cera. 
2. Limpieza del molde, posterior al enceramiento. 
3. Colocación de la fibra dependiendo su configuración y porcentaje de refuerzo 

4. Preparación de la resina con MEK, estireno.





5. Colocación del cobalto en la resina poliéster que actúa como endurecedor



6. Medida de la resina como matriz acorde a los cálculos realizados para cada porcentaje y configuración.



7. Colocación de la resina con su respectivo porcentaje de matriz.



8. Esperar un tiempo apropiado de secado.



9. Finalmente se procede a la incisión de las probetas con la cortadora láser y se obtiene las piezas requeridas



CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUCIÓN

3.1. Análisis y discusión de los resultados

3.1.1. Ensayo de Impacto

Para la elaboración del ensayo se ocupó la máquina de ensayos de impacto por caída de dardo como se visualiza en la siguiente figura para la ejecución del mismo de utilizó la normativa ASTM 5628-10.

Se tiene 5 probetas a ensayarse de cada grupo en los cuales constan de 80% refuerzo y 20 % matriz, 70% refuerzo y 30% matriz y finalmente 60% refuerzo y 40 % matriz. Consiguiente se muestra el proceso de elaboración del ensayo de impacto en la tabla 22.

Tabla 22. Proceso de elaboración del ensayo de impacto.

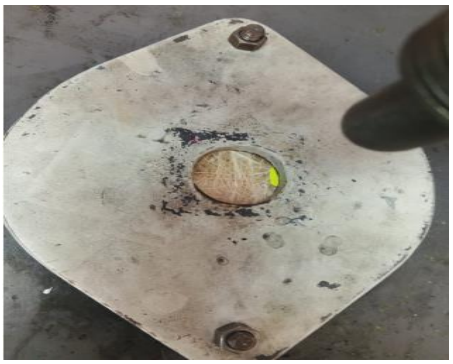
Proceso de elaboración del ensayo de impacto
El gramaje del dardo está dado por 2320 gramos como se muestra en la figura.



Determinar el gramaje de la base



Examinación y medición del grosor de cada probeta, el que se determinarán los resultados de la muestra.



Análisis del ensayo de impacto con muestras con el objetivo de calibrar, aparte de las probetas ya obtenidas.



Luego son colocadas las mordazas usando un esfuerzo el que posibilita la inmovilidad de la prueba al instante de realizar el Impacto.



Por lo general la energía producida de impacto se representa por la rigidez del material o tenacidad al momento de aplicar un cargamento mecánico está energía es medida en Julios o Jules (J).

Así mismo se utiliza está, la misma que se puede conceptualizar en dos procesos de distintos con masa constante, en dónde su altura puede variar o ser la misma y su masa puede variar, para la obtención de la energía la ecuación dada por la siguiente ecuación 5:

$$\mathbf{MFE = hwf} \qquad \text{Ec. [5]}$$

En donde:

$$\mathbf{MFE = energía\ de\ impacto\ (J)}$$

$$\mathbf{h = altura\ de\ fallo\ (cm)}$$

$$\mathbf{w = masa\ maxima\ (kg)}$$

f = factor de conversión a Joule.

3.1.2. Ensayo a tracción

A continuación, se realizó la recolección de datos esta se ejecutó en grupos 5 de las diferentes probetas en el ensayo de tracción se obtuvo los siguientes resultados en los porcentajes de 80% matriz y 20% fibra configuración longitudinal corta y randómica.

En las muestras 70% matriz- 30% refuerzo con configuración longitudinal corta y randómica se elaboraron en el tercer y cuarto grupo.

Finalmente, en el quinto y sexto grupo se encuentran las probetas que poseen un 60% matriz - 40% fibra longitudinal corta y randómica.

Para l realización de las mismas se utilizó la normativa ASTM D3039M-17

Seguidamente se muestran en las siguientes tablas los resultados obtenidos en las muestras.

Tabla 23. Ensayo a tracción primer grupo 80% matriz - 20% refuerzo longitudinal corta .

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE TRACCIÓN

Denominación: RG 18 - 1

Nº 1

SOLICITADO POR:	Evelin Jazmin Freire Sandoval
PROYECTO DE TESIS:	"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN MATERIAL COMPUESTO DE RESINA POLIÉSTER REFORZADA CON FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS"
DIRECCIÓN:	UTA - FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE ING MECÁNICA
TIPO DE MATERIAL:	COMPUESTO DE RESINA POLIESTER
MATERIAL:	LÁMINA DE RESINA POLIESTER
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 05
NORMA UTILIZADA:	ASTM D3039/D3039M - 17
FECHA DE ENSAYO:	6-jun-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M2

NÚMERO DE LA MUESTRA	1	2	3	4	5
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	8020-LC-01	8020-LC-02	8020-LC-03	8020-LC-04	8020-LC-05
CARACTERÍSTICA	PROBETA	PROBETA	PROBETA	PROBETA	PROBETA
ESPESOR [mm]	5,87	6,94	7,36	7,77	7,76
ANCHURA [mm]	25,11	27,87	26,61	27,46	26,79
LONGITUD INICIAL [mm]	50	50	50	50	50
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	147,40	193,42	195,85	213,36	207,89
MODULO DE ELASTICIDAD [GPa]	1,460,E+00	2,600,E-01	2,600,E-01	2,300,E-01	2,030,E+00
CARGA DE FLUENCIA [kN]	1,36	0,00	0,00	0,00	0,00
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	9,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CARGA MAXIMA [kN]	1,60	1,12	1,16	1,30	2,28
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	11,00	6,00	6,00	6,00	11,00
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	1,50	1,50	1,50	2,00	1,00

OBSERVACIONES:

LENMAV LABORATORIO

Aprobado por:

Ing. Aníbal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO

3.1.2.1. Esfuerzo máximo de tracción 8020-LC-primer grupo G1

En la tabla 24 expuesta a continuación muestra el esfuerzo máximo de tracción el primer grupo de muestras 80% matriz - 20% refuerzo de configuración longitudinal corta.

Tabla 24. Esfuerzo máximo de tracción primer grupo G1.

Esfuerzo máximo de tracción 80%-20%-LC						
NÚMERO DE LA MUESTRA	1	2	3	4	5	**PROMEDIO**
ESFUERZO MÁXIMO [MPa]	11	6	6	6	11	8

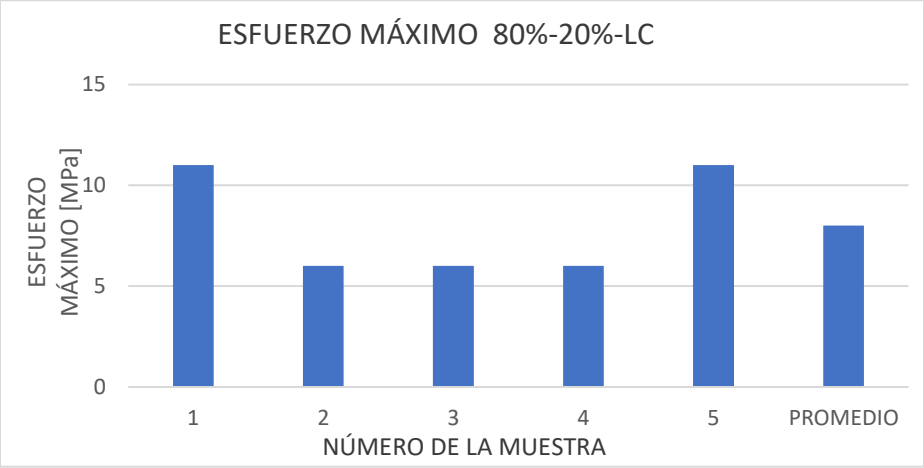


Figura 10. Análisis de esfuerzo máximo de tracción G1.

Interpretación de resultados

En el primer grupo de muestras a tracción con un 80% matriz y 20% refuerzo de configuración longitudinal corta 8020-LC- G1 arrojó que la probeta número 1 tuvo un esfuerzo máximo de 11 MPa.

La segunda 8020-LC- G2, tercera 8020-LC- G3 y cuarta muestra 8020-LC- G4 hubo un esfuerzo constante de 6 MPa.

La probeta final 8020-LC- G5 de este grupo de igual forma existió un esfuerzo máximo de 11 MPa.

Dando como resultado total del grupo 1 un promedio del esfuerzo máximo de 8 MPa.

3.1.2.2. Módulo de elasticidad [GPa] 8020-LC-primer grupo G1

En la tabla 25 mostrada a continuación se muestra el primer grupo de muestras con un 80% matriz y un 20% de refuerzo con fibra longitudinal corta.

Tabla 25. Módulo de elasticidad primer grupo G1.

Módulo de elasticidad 80%-20%-LC G1						
NÚMERO DE MUESTRA	1	2	3	4	5	**PROMEDIO**
MÓDULO DE ELASTICIDAD [GPa]	1460	260	260	230	2030	848

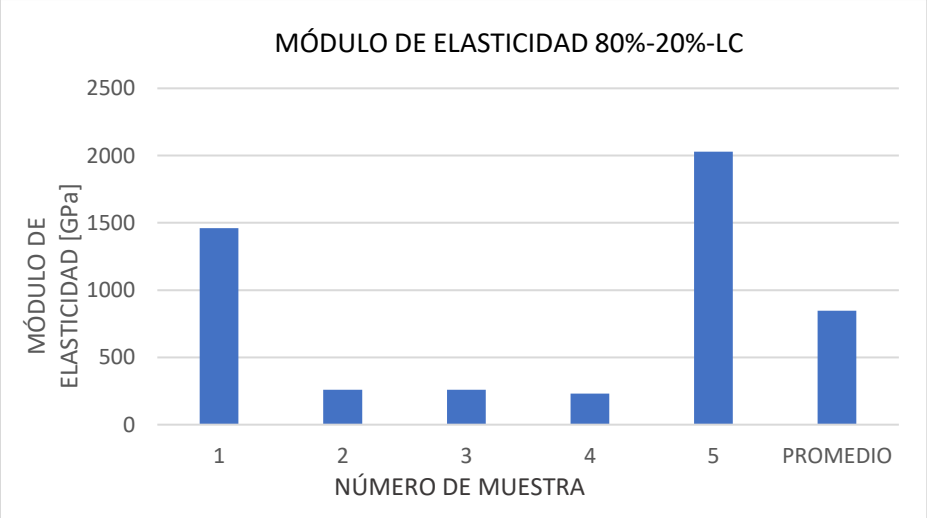


Figura 11. Análisis del módulo de elasticidad de tracción G1.

Interpretación de resultados

En la siguiente tabla 26 se puede observar que la probeta número 1 posee un módulo de elasticidad de 1460 GPa.

La muestra número 2 y 3 obtuvieron un mismo módulo de elasticidad de 260 GPa.

En cambio, la 4 indica un mínimo módulo de elasticidad de este grupo con 230 GPa.

La probeta número 5 es donde existió mayor módulo de elasticidad con 2030 GPa

Dando como resultado total del grupo 1 un promedio del módulo de elasticidad de 848 GPa.

Tabla 26. Ensayo a tracción segundo grupo 80% matriz- 20% fibra configuración randómica.

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE TRACCIÓN

Denominación: RG 18 - 1

Nº 2

SOLICITADO POR:	Evelin Jazmin Freire Sandoval
PROYECTO DE TESIS:	"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN MATERIAL COMPUESTO DE RESINA POLIÉSTER REFORZADA CON FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS"
DIRECCION:	UTA - FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE ING MECÁNICA
TIPO DE MATERIAL:	COMPUESTO DE RESINA POLIESTER
MATERIAL:	LÁMINA DE RESINA POLIESTER
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 05
NORMA UTILIZADA:	ASTM D3039/D3039M - 17
FECHA DE ENSAYO:	6-jun-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B

MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD

SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M2

NÚMERO DE LA MUESTRA	6	7	8	9	10
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	8020-R-01	8020-R-02	8020-R-03	8020-R-04	8020-R-05
CARACTERÍSTICA	PROBETA	PROBETA	PROBETA	PROBETA	PROBETA
ESPESOR [mm]	5,66	0,00	5,96	5,90	5,68
ANCHURA [mm]	25,97	0	26,51	26,68	26,76
LONGITUD INICIAL [mm]	50	0	50	50	50
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	146,99	0,00	158,00	157,41	152,00
MODULO DE ELASTICIDAD [GPa]	3,400,E-01	0,000,E+00	3,200,E-01	3,200,E-01	3,300,E-01
CARGA DE FLUENCIA [kN]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CARGA MAXIMA [kN]	0,82	0,00	0,68	0,74	0,92
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	6,00	0,00	4,00	5,00	6,00
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	2,00	0,00	2,00	0,00	0,50

OBSERVACIONES: MUESTRA 7 FRACTURADA NO SE ENSAYÓ

Aprobado por:

LEMMaV LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Aníbal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO

3.1.2.3. Esfuerzo máximo de tracción 8020-R-segundo grupo G2

En el segundo grupo de muestras 80% matriz - 20% refuerzo de configuración randómica, muestra en la **Tabla 27,** el esfuerzo máximo de tracción.

Tabla 27. Esfuerzo máximo de tracción 8020-R-segundo grupo

Esfuerzo máximo de tracción 80%-20%-R						
NÚMERO DE LA MUESTRA	6	7	8	9	10	**PROMEDIO**
ESFUERZO MÁXIMO [MPa]	6	0	4	5	6	5,25

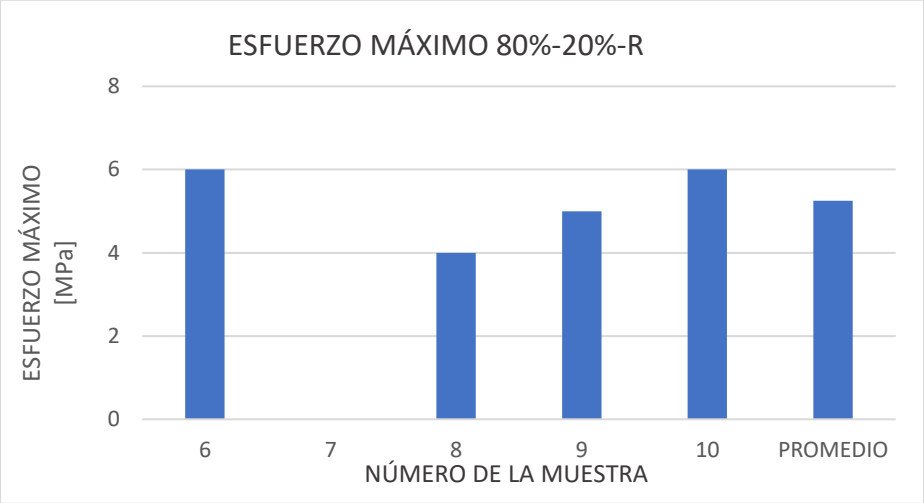


Figura 12. Análisis de esfuerzo máximo de tracción G2.

Interpretación de resultados

Observación: En el segundo grupo solo se trabajó con 4 probetas debido que la séptima muestra existió una anomalía por lo que la misma se trozo antes de la realización del respectivo ensayo.

En la sexta y décima muestra un esfuerzo de 6 MPa.

En la octava con un esfuerzo de 4 MPa, la novena con 5 MPa.

Por lo que se obtuvo que la probeta número 6 y 10 tuvo un mayor esfuerzo máximo a la tracción.

Teniendo en cuenta que se obtuvo un promedio del esfuerzo máximo de 5.25 MPa.

3.1.2.4. Módulo de elasticidad [MPa] 8020-R-segundo grupo G2

En la tabla 28 mostrada a continuación se indica módulo de elasticidad del segundo grupo de muestras 80% matriz - 20% refuerzo de configuración randómica.

Tabla 28. Módulo de elasticidad segundo grupo.

Módulo de elasticidad 80%-20%-R						
NÚMERO DE MUESTRA	6	7	8	9	10	**PROMEDIO**
MÓDULO DE ELASTICIDAD [GPa]	340	0	320	340	330	332,5

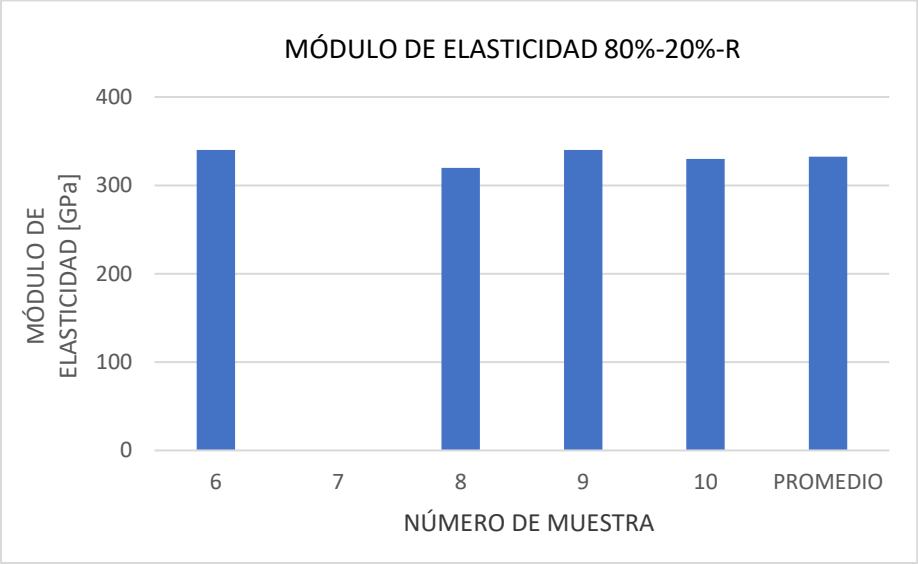


Figura 13. Análisis del módulo de elasticidad de tracción G2.

Interpretación de resultados

En el siguiente conjunto se visualiza que las muestras 6 y 9 poseen una elasticidad 340 GPa siendo estas probetas con mayor número de elasticidad.

En la séptima existió un fallo por lo que la misma se trozo antes de la realización del respectivo ensayo.

Al contrario de la prueba número 8 con un mínimo módulo de 320 GPa.

La muestra 10 posee 330 GPa.

Alcanzando un total del grupo 2 un promedio del módulo de elasticidad de 332.5 GPa.

Tabla 29. Ensayo a tracción tercer grupo 70% matriz - 30% fibra longitudinal corta.

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE TRACCIÓN	Denominación: RG 18 - 1
	N° 3

SOLICITADO POR:	Evelin Jazmin Freire Sandoval
PROYECTO DE TESIS:	"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN MATERIAL COMPUESTO DE RESINA POLIÉSTER REFORZADA CON FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS"
DIRECCION:	UTA - FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE ING MECÁNICA
TIPO DE MATERIAL:	COMPUESTO DE RESINA POLIESTER
MATERIAL:	LÁMINA DE RESINA POLIESTER
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 05
NORMA UTILIZADA:	ASTM D3039/D3039M - 17
FECHA DE ENSAYO:	6-jun-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M2

NÚMERO DE LA MUESTRA	11	12	13	14	15
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	7030-LC-01	7030-LC-02	7030-LC-03	7030-LC-04	7030-LC-05
CARACTERÍSTICA	PROBETA	PROBETA	PROBETA	PROBETA	PROBETA
ESPESOR [mm]	8,24	8,53	8,09	7,88	0,00
ANCHURA [mm]	25,07	25,94	24,93	25,56	0
LONGITUD INICIAL [mm]	50	50	50	50	0
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	206,58	221,27	201,68	201,41	0,00
MODULO DE ELASTICIDAD [GPa]	2,000,E+00	1,180,E+00	2,500,E-01	2,310,E+00	0,000,E+00
CARGA DE FLUENCIA [kN]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CARGA MAXIMA [kN]	0,80	2,16	0,60	1,98	0,00
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	4,00	10,00	3,00	10,00	0,00
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	0,50	0,50	0,00	1,50	0,00

OBSERVACIONES: MUESTRA 15 FRACTURADA NO SE ENSAYÓ

Aprobado por:

LENMAV LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Aníbal Viñan B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

3.1.2.5. Esfuerzo máximo de tracción 7030-LC-tercer grupo G3

Seguidamente se data sobre esfuerzo máximo del tercer grupo de muestras 70% matriz - 30% refuerzo de configuración longitudinal corta en la siguiente tabla 30.

Tabla 30. Esfuerzo máximo de tracción tercer grupo.

Esfuerzo máximo de tracción 70%-30%-LC						
NÚMERO DE LA MUESTRA	11	12	13	14	15	**PROMEDIO**
ESFUERZO MÁXIMO [MPa]	4	10	3	10	0	6,75

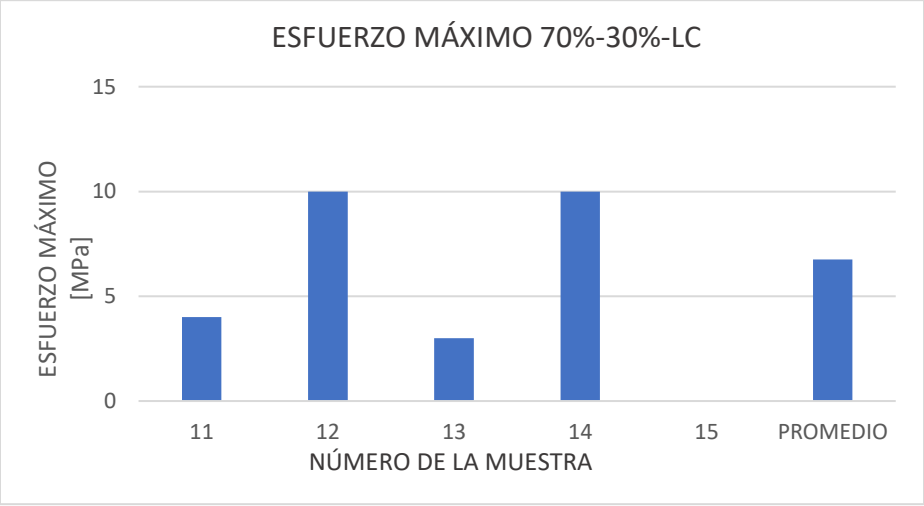


Figura 14. Análisis de esfuerzo máximo de tracción G3.

Interpretación de resultados

Observación: En el tercer grupo solo se trabajó con 4 probetas debido que en la muestra 15 muestra existió una anomalía por lo que no se pudo concretar al realizar el ensayo .

En el ensayo 11 existe un esfuerzo maximo de 4 MPa.

En la muestra 12 y 14 arrojó un mismo resultado de 10 MPa siendo este el mayor de este conjunto.Por contrario a la probeta 13 tuvo un mínimo esfuerzo máximo a tracción de 3 MPa.

Dando como resultado total del grupo 3 un promedio del esfuerzo máximo de 6.75 MPa.

3.1.2.6. Módulo de elasticidad [GPa] 7030-LC-tercer grupo G3

En la tabla 31 mostrada a continuación se indica módulo de elasticidad del tercer grupo de muestras 70% matriz - 30% refuerzo de configuración longitudinal corta.

Tabla 31. Módulo de elasticidad tercer grupo.

Módulo de elasticidad 70%-30%-LC						
NÚMERO DE MUESTRA	11	12	13	14	15	**PROMEDIO**
MÓDULO DE ELASTICIDAD [GPa]	2000	1180	250	2310	0	1435

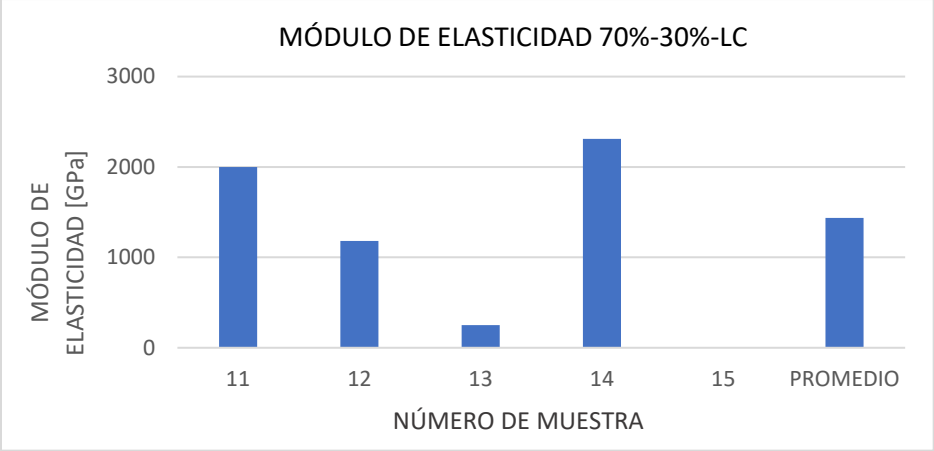


Figura 15. Análisis del módulo de elasticidad de tracción G3.

Interpretación de resultados

El módulo de elasticidad en la prueba 11 fue de 2000 GPa.

En la 12 el módulo que se obtuvo es 1180 GPa.

En la probeta 13 fué el mínimo módulo que arrojó con 250 GPa.

Siendo la muestra 14 con un mayor módulo de elasticidad de 2310 GPa.

Posterior, en la prueba 15 fue una probeta anómala ocurrió una ruptura de la muestra por lo que no se pudo evaluar el módulo de elasticidad al realizar el ensayo.

Obteniendo del grupo 3 un promedio del módulo de elasticidad de 1435 GPa.

Tabla 32. Ensayo a tracción cuarto grupo 70% matriz- 30% fibra randómica.

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE TRACCIÓN

Denominación: RG 18 - 1

N° 4

SOLICITADO POR:	Evelin Jazmin Freire Sandoval
PROYECTO DE TESIS:	"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN MATERIAL COMPUESTO DE RESINA POLIÉSTER REFORZADA CON FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS"
DIRECCION:	UTA - FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE ING MECÁNICA
TIPO DE MATERIAL:	COMPUESTO DE RESINA POLIESTER
MATERIAL:	LÁMINA DE RESINA POLIESTER
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 05
NORMA UTILIZADA:	ASTM D3039/D3039M - 17
FECHA DE ENSAYO:	6-jun-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M2

NÚMERO DE LA MUESTRA	16	17	18	19	20
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	7030-R-01	7030-R-02	7030-R-03	7030-R-04	7030-R-05
CARACTERÍSTICA	PROBETA	PROBETA	PROBETA	PROBETA	PROBETA
ESPESOR [mm]	8,13	7,85	7,27	7,15	7,57
ANCHURA [mm]	25,23	25,78	25,48	25,4	25,21
LONGITUD INICIAL [mm]	50	50	50	50	50
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	205,12	202,37	185,24	181,61	190,84
MODULO DE ELASTICIDAD [GPa]	2,400,E-01	2,500,E-01	2,700,E-01	2,800,E-01	2,600,E-01
CARGA DE FLUENCIA [kN]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CARGA MAXIMA [kN]	0,74	0,96	0,72	1,04	1,14
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	4,00	5,00	4,00	6,00	6,00
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	2,00	0,50	1,50	2,00	0,50

OBSERVACIONES:

Aprobado por:

LENIMEV LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES Riobamba - Ecuador

Ing. Aníbal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

3.1.2.7. Esfuerzo máximo de tracción 7030-R-cuarto grupo G4

En la tabla 33 nos indica el esfuerzo máximo de tracción del cuarto grupo de muestras 70% matriz - 30% refuerzo de configuración randómica.

Tabla 33. Esfuerzo máximo de tracción 7030-R-cuarto grupo.

Esfuerzo máximo de tracción 70%-30%-R						
NÚMERO DE LA MUESTRA	16	17	18	19	20	**PROMEDIO**
ESFUERZO MÁXIMO [MPa]	4	5	4	6	6	5

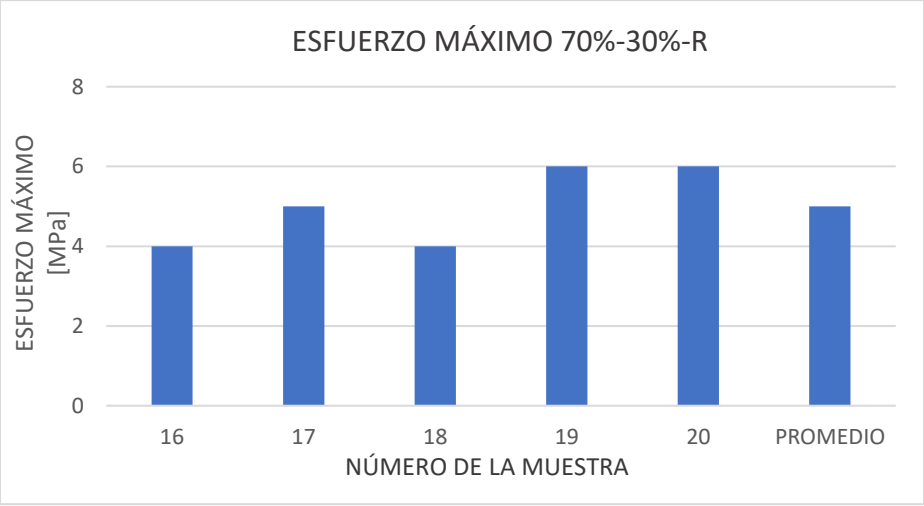


Figura 16. Análisis de esfuerzo máximo de tracción G4.

Interpretación de resultados

Se puede decir que en el grupo 4 arrojó los siguientes resultados.

En el número de muestra 16 y 18 se obtuvo un mismo esfuerzo máximo de 4 MPa siendo este el mínimo valor de este conjunto de probetas.

En la 17 un esfuerzo de 5 MPa.

Por caso contrario las pruebas 19 y 20 obtuvieron un valor mayoritario del esfuerzo máximo con una valoración de 6 MPa.

Se obtuvo un promedio del esfuerzo máximo de 5 MPa.

3.1.2.8. Módulo de elasticidad [GPa] 7030-R-cuarto grupo G4

En la siguiente tabla 34 nos muestra el módulo de elasticidad del cuarto grupo de muestras 70% matriz - 30% refuerzo de configuración randómica.

Tabla 34. Módulo de elasticidad cuarto grupo

70%-30%-R						
NÚMERO DE MUESTRA	16	17	18	19	20	**PROMEDIO**
MÓDULO DE ELASTICIDAD [GPa]	240	250	270	280	260	260

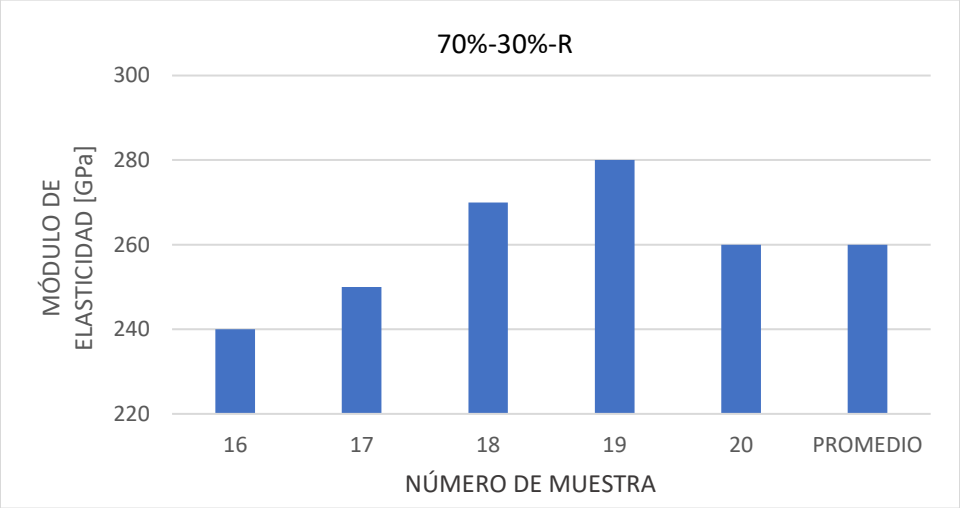


Figura 17. Análisis del módulo de elasticidad de tracción G4.

Interpretación de resultados

El análisis del módulo de elasticidad del siguiente gráfico data que en la prueba 16 hay un módulo de elasticidad existente de 240 GPa siendo este el resultado minoritario.

En la muestra 17 hay 250 GPa.

En la probeta 18 arrojó que se vincula a los 270 GPa.

Consiguiente en la prueba 19 tuvo el valor mayoritario de 280 GPa.

Supremamente en la última muestra aconteció un módulo de elasticidad de 260 GPa.

Obteniendo del grupo 4 un promedio del módulo de elasticidad de 260 GPa.

Tabla 35. Ensayo a tracción quinto grupo 60% matriz - 40% fibra longitudinal corta.

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE TRACCIÓN

Denominación: RG 18 - 1

N° 5

SOLICITADO POR:	Evelin Jazmin Freire Sandoval
PROYECTO DE TESIS:	"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN MATERIAL COMPUESTO DE RESINA POLIÉSTER REFORZADA CON FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS"
DIRECCION:	UTA - FAC. ING. CIVIL Y MECANICA CARRERA DE ING MECÁNICA
TIPO DE MATERIAL:	COMPUESTO DE RESINA POLIESTER
MATERIAL:	LÁMINA DE RESINA POLIESTER
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 05
NORMA UTILIZADA:	ASTM D3039/D3039M - 17
FECHA DE ENSAYO:	6-jun-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M2

NÚMERO DE LA MUESTRA	21	22	23	24	25
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	6040-LC-01	6040-LC-02	6040-LC-03	6040-LC-04	6040-LC-05
CARACTERÍSTICA	PROBETA	PROBETA	PROBETA	PROBETA	PROBETA
ESPESOR [mm]	8,35	8,95	7,28	8,50	8,86
ANCHURA [mm]	25,74	25,32	25,89	26,1	24,96
LONGITUD INICIAL [mm]	50	50	50	50	50
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	214,93	226,61	188,48	221,85	221,15
MODULO DE ELASTICIDAD [GPa]	2,300,E-01	2,200,E-01	2,700,E-01	2,300,E-01	2,300,E-01
CARGA DE FLUENCIA [kN]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CARGA MAXIMA [kN]	1,04	1,18	0,92	1,14	1,18
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	0,50	1,50	0,50	1,00	1,00

OBSERVACIONES:

Aprobado por:

LENMAV LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Aníbal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

3.1.2.9. Esfuerzo máximo de tracción 6040-LC-quinto grupo G5

Quinto grupo de muestras 60% matriz - 40% refuerzo de configuración longitudinal corta la misma se visualiza en la siguiente tabla 36.

Tabla 36. Esfuerzo máximo de tracción quinto grupo

60%-40%-LC						
NÚMERO DE LA MUESTRA	21	22	23	24	25	**PROMEDIO**
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	5	5	5	5	5	5

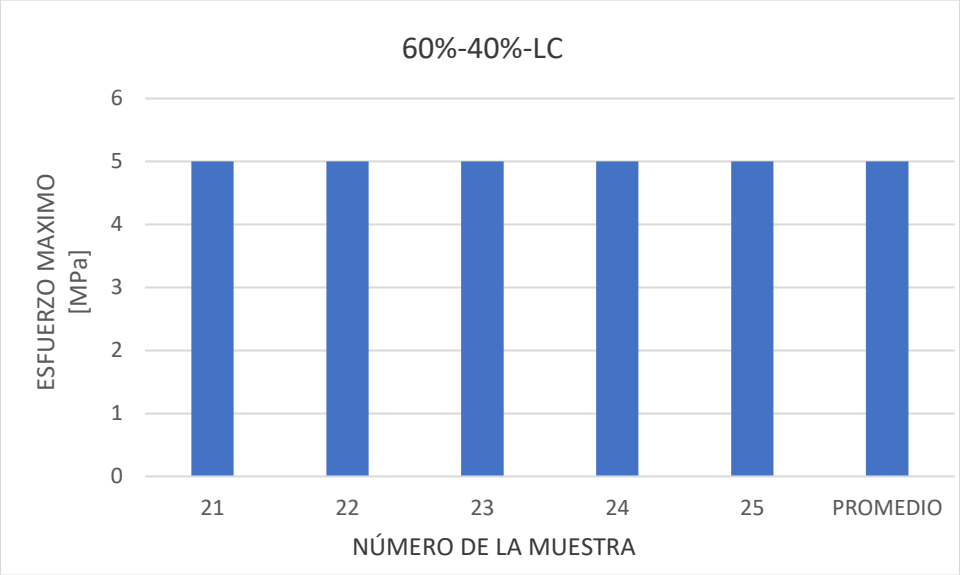


Figura 18. Análisis de esfuerzo máximo de tracción G5.

Interpretación de resultados

Esfuerzo máximo de tracción en este grupo de muestras 60% matriz - 40% refuerzo de configuración longitudinal corta arrojó que en las pruebas 21, 22,23,24 y 25 tienen un mismo esfuerzo máximo de 5 MPa por lo que no hubo variación en ninguna de estas.

Dando como resultado total del grupo de muestras número 5 un promedio del esfuerzo máximo de 5 MPa.

3.1.2.10. Módulo de elasticidad [GPa] 6040-LC-quinto grupo G5

Quinto grupo de muestras 60% matriz - 40% refuerzo de configuración longitudinal corta. A continuación, se muestra el Módulo de elasticidad quinto grupo en la tabla 37.

Tabla 37. Módulo de elasticidad quinto grupo

60%-40%-LC						
NÚMERO DE MUESTRA	21	22	23	24	25	**PROMEDIO**
MÓDULO DE ELASTICIDAD [GPa]	230	220	270	230	230	236

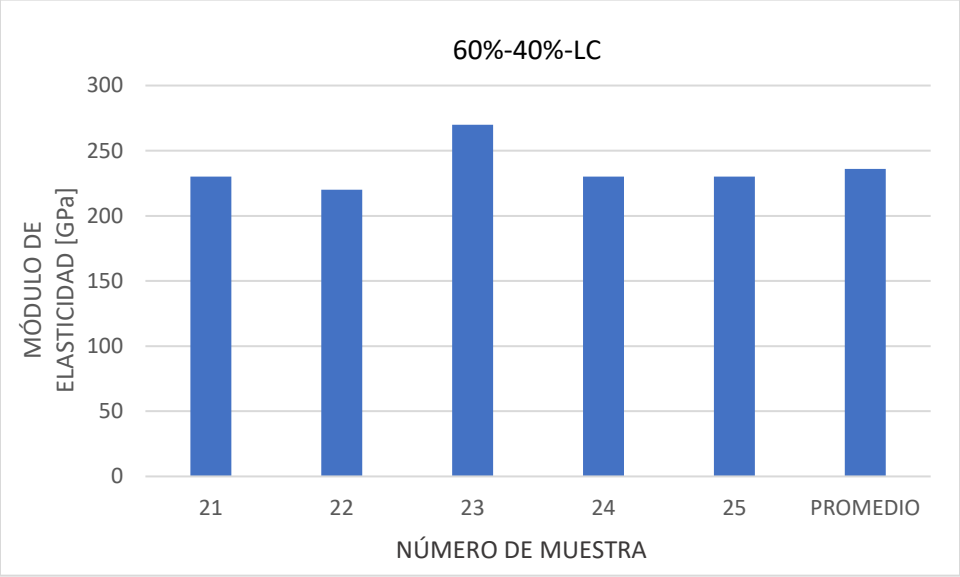


Figura 19. Análisis del módulo de elasticidad de tracción G5.

Interpretación de resultados

El módulo de elasticidad constituyente de este conjunto data lo siguiente:

En la muestra 21, 24 y 25 obtuvieron el mismo módulo con 230 GPa siendo un valor intermedio.

La muestra que obtuvo un valor mínimo fué la 22 con 220 GPa

Posteriormente la máxima valoración que existió fue la muestra número 23 con 270 GPa.

Logrando un total del grupo 5 un promedio del módulo de elasticidad de 236 GPa.

Tabla 38. Ensayo a tracción cuarto grupo 60% matriz- 40% fibra randómica.

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE TRACCIÓN

Denominación: RG 18 - 1

Nº 6

SOLICITADO POR:	Evelin Jazmin Freire Sandoval
PROYECTO DE TESIS:	"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN MATERIAL COMPUESTO DE RESINA POLIÉSTER REFORZADA CON FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS"
DIRECCIÓN:	UTA - FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE ING MECÁNICA
TIPO DE MATERIAL:	COMPUESTO DE RESINA POLIESTER
MATERIAL:	LÁMINA DE RESINA POLIESTER
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 05
NORMA UTILIZADA:	ASTM D3039/D3039M - 17
FECHA DE ENSAYO:	6-jun-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M2

NÚMERO DE LA MUESTRA	26	27	28	29	30
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	6040-R-01	6040-R-02	6040-R-03	6040-R-04	6040-R-05
CARACTERÍSTICA	PROBETA	PROBETA	PROBETA	PROBETA	PROBETA
ESPESOR [mm]	7,37	7,80	10,35	10,22	9,88
ANCHURA [mm]	26,14	25,42	27,03	25,8	26,04
LONGITUD INICIAL [mm]	50	50	50	50	50
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	192,65	198,28	279,76	263,68	257,28
MODULO DE ELASTICIDAD [GPa]	2,420,E+00	2,500,E-01	1,890,E+00	1,460,E+00	1,900,E-01
CARGA DE FLUENCIA [kN]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CARGA MAXIMA [kN]	1,58	1,04	2,14	1,76	1,30
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	8,00	5,00	8,00	7,00	5,00
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	1,00	0,50	1,50	1,00	0,00

OBSERVACIONES:

Aprobado por:

LENMAY LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Aníbal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

3.1.2.11. Esfuerzo máximo de tracción 6040-R-sexto grupo G6

Sexto grupo de muestras 60% matriz - 40% refuerzo de configuración randómica. A continuación, se muestra el esfuerzo máximo de tracción sexto grupo en la tabla 39.

Tabla 39. Esfuerzo máximo de tracción sexto grupo.

60%-40%-R						
NÚMERO DE LA MUESTRA	26	27	28	29	30	**PROMEDIO**
ESFUERZO MAXIMO [Mpa]	8	5	8	7	5	6,6

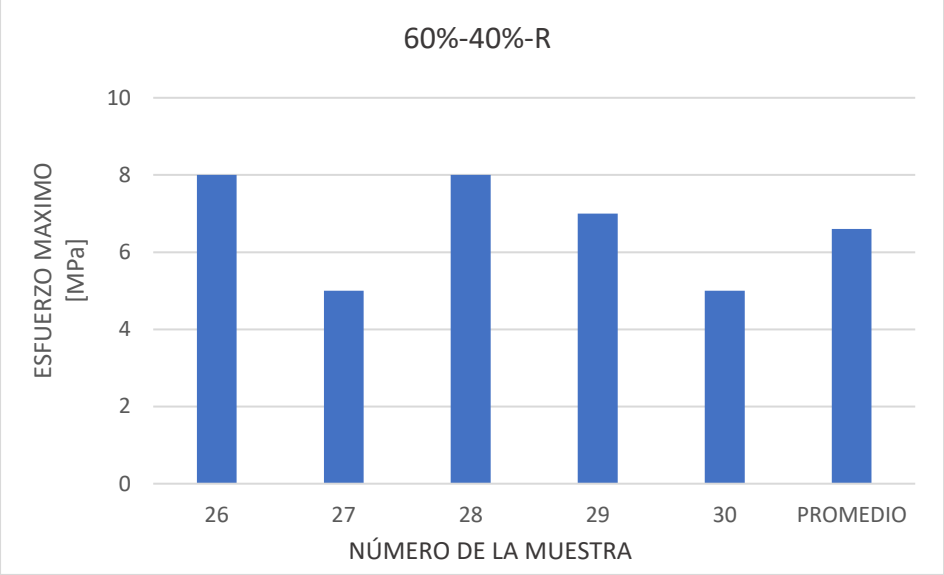


Figura 20. Análisis de esfuerzo máximo de tracción G6.

Interpretación de resultados

En el último grupo de muestras 60% matriz - 40% refuerzo de configuración randómica se obtuvo los siguientes datos.

El esfuerzo máximo de la prueba 26 y 28 fueron la valorización mayorista de este grupo con 8 MPa.

La muestra 29 arrojó un valor intermedio de 7 MPa.

Siendo las menores las probetas 27 y 30 con 5 MPa.

Con un promedio total del grupo 6 de 6.6 MPa.

3.1.2.12. Módulo de elasticidad [GPa] 6040-R-sexto grupo G6

Sexto grupo de muestras 60% matriz - 40% refuerzo de configuración randómica, como se muestra en la tabla 40.

Tabla 40. Módulo de elasticidad sexto grupo.

60%-40%-R						
NÚMERO DE MUESTRA	26	27	28	29	30	**PROMEDIO**
MÓDULO DE ELASTICIDAD [GPa]	2420	250	1890	1460	190	1242

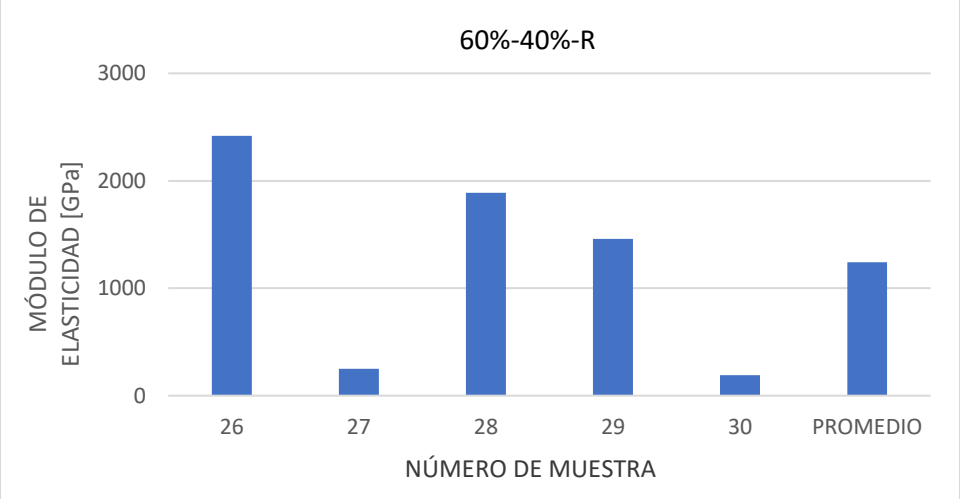


Figura 21. Análisis del módulo de elasticidad de tracción G6.

Interpretación de resultados

En el análisis del módulo de elasticidad de tracción del sexto grupo se obtuvo que:

En la muestra 26 se halló un módulo de elasticidad sumamente mayor a las otras probetas con 2420 GPa.

La 27 con 250 GPa.

La muestra 28 con un módulo de elasticidad de 1890 GPa.

Posteriormente la prueba número 29 con 1460 GPa.

Por último, la muestra 30 con un valor minúsculo de 190 GPa.

Dando un promedio del grupo 6 un módulo de elasticidad de 1242 GPa.

3.1.3. Promedio esfuerzo maximo ensayo de tracción

En la tabla 41 mostrada a continuación nos data el promedio del esfuerzo máximo del ensayo a tracción en el cual se obtiene que el grupo 1 con 80% matriz y 20% refuerzo con configuración de fibra longitudinal corta posee un mayor esfuerzo máximo

Tabla 41. Promedio esfuerzo máximo ensayo de tracción.

PROMEDIO DE LOS GRUPOS DEL ESFUERZO MÁXIMO A TRACCIÓN						
PROMEDIO DE LOS GRUPOS	G1	G2	G3	G4	G5	G6
ESFUERZO MÁXIMO [MPa]	8	5,25	6,75	5	5	6,6

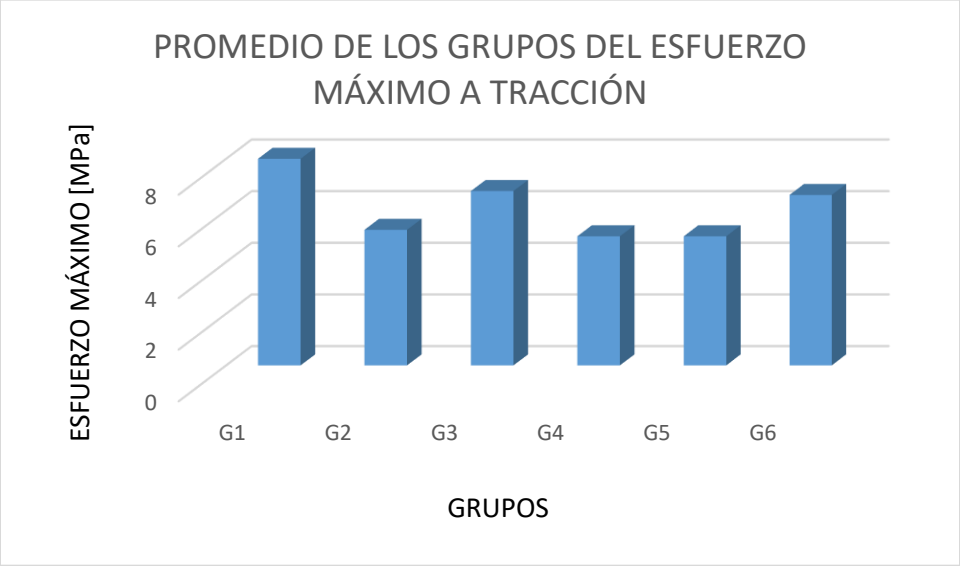


Figura 22. Análisis del promedio esfuerzo máximo ensayo de tracción.

Al realizar la respectiva comparación de los diferentes promedios en los grupos se obtuvo que el grupo 1 tuvo un promedio de 8 MPa logrando alcanzar las mejores propiedades como lo muestra en la figura.

A continuación, la segunda muestra un porcentaje del promedio del esfuerzo máximo solo obtuvo 5.25 MPa, el esfuerzo máximo del grupo 3 varió entre los 6.75 MPa.

Por tanto, el grupo cuatro y cinco se dió que obtuvieron un mismo esfuerzo máximo de 5 MPa. Finalmente, el grupo 6 alcanzó un esfuerzo máximo de 6.6 MPa, dando como conclusión que el primer grupo tendrá un mejor esfuerzo máximo.

3.1.4. Promedio módulo de elasticidad ensayo de tracción

A continuación, en la **Tabla 42,** se muestra el promedio del módulo de elasticidad para tracción en los ensayos realizados a tracción en los que se sacó la promediación de cada grupo arrojando como resultados qué el módulo de la elasticidad.

Tabla 42. Promedio módulo de elasticidad ensayo de tracción.

PROMEDIO MÓDULO DE ELASTICIDAD ENSAYO DE TRACCIÓN						
GRUPOS	G1	G2	G3	G4	G5	G6
MÓDULO DE ELASTICIDAD [GPa]	848	332,5	1435	260	236	1242

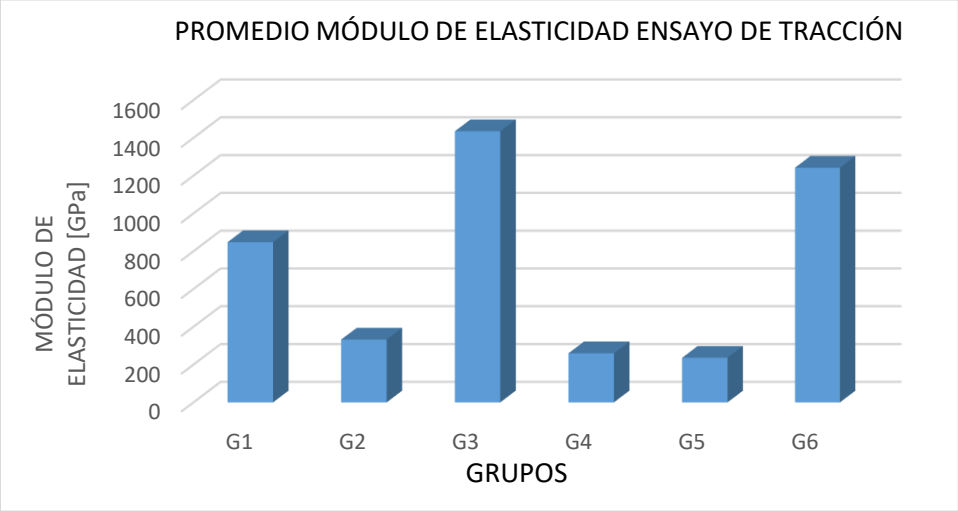


Figura 23. Análisis del promedio módulo de elasticidad ensayo de tracción.

El grupo 1 obtuvo 848 GPa, siguiente la agrupación número 2 obtuvo un módulo de la actividad de 332.5 GPa seguidamente el grupo 3 su promedio fue de 1435 GPa siendo este el segundo más alto de este grupo luego tenemos el grupo número 4 en el que llego a cumplir con un modo tú lo de plasticidad de 260 GPa también tenemos el grupo 5 adquirió una mínima valoración de 236 GPa

Finalmente, el grupo número 6 obtuvo un módulo de elasticidad de 1242 GPA siendo este el valor mayoritario por lo que el mejor módulo en el ensayo a tracción fue el del grupo 6 el cual consta del 60% matriz y 40% refuerzo con una configuración randómica.

3.1.5. Ensayo de Flexión

Para la ejecución del ensayo a flexión se utilizó la MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B los ensayos fueron efectuados en 6 de junio del presente año.

Las pruebas se elaboraron con resina poliéster y fibra del bagazo de caña de azúcar para la elaboración de estás se ocupó la normativa ASTM D7264/D7264M-21 para ensayos de flexión se realizó 6 grupos de 5 probetas cada uno los cuales constan de los siguientes.

Grupo 1:

8020-LC-01; 8020-LC-G02; 8020-LC-03; 8020-LC-04; 8020-LC-05.

Grupo 2:

8020-R-01; 8020-R-G02; 8020-R-03; 8020-R-04; 8020-R-05.

Grupo 3:

7030-LC-01; 7030-LC-G02; 7030-LC-03; 7030-LC-04; 7030-LC-05.

Grupo 4:

7030-R-01; 7030-R-G02; 7030-R-03; 7030-R-04; 7030-R-05.

Grupo 5:

6040-LC-01; 6040-LC-G02; 6040-LC-03; 6040-LC-04; 6040-LC-05.

Grupo 6:

6040-R-01; 6040-R-G02; 6040-R-03; 6040-R-04; 6040-R-05.

Los primeros números muestran el porcentaje de matriz y refuerzo, seguidamente viene dada por la configuración LC (Longitudinal Corta) o R (Randómica) y la enumeración indican el número de probeta.

A continuación, se visualiza en las tablas dadas los datos arrojados por la máquina universal de ensayos.

Tabla 43. Ensayo a flexión primer grupo 80% matriz- 20% fibra longitudinal corta.

INFORME DE RESULTADOS					
ENSAYO DE FLEXIÓN				Denominación: RG -20 - 01	
				Nº 1	
SOLICITADO POR:	Evelin Jazmin Freire Sandoval				
PROYECTO DE TESIS:	"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN MATERIAL COMPUESTO DE RESINA POLIÉSTER REFORZADA CON FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS"				
DIRECCION:	UTA - FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE ING MECÁNICA				
TIPO DE MATERIAL:	COMPUESTO DE RESINA POLIESTER				
MATERIAL:	LÁMINA DE RESINA POLIESTER				
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 05				
NORMA UTILIZADA:	ASTM D7264/D7264M - 21				
FECHA DE ENSAYO:	6-jun-24				
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B					
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD					
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-2016500064D CÓD IDENT: M1				
NÚMERO DE LA MUESTRA	1	2	3	4	5
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	8020-LC-01	8020-LC-02	8020-LC-03	8020-LC-04	8020-LC-05
CARACTERÍSTICA	PROBETA	PROBETA	PROBETA	PROBETA	PROBETA
ESPESOR [mm]	5,87	6,94	7,36	7,77	7,76
ANCHURA [mm]	25,11	27,87	26,61	27,46	26,79
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	147,40	193,42	195,85	213,36	207,89
MOD. APARENTE DE ELASTIC. [MPa]	1,243,E+03	1,220,E+03	6,447,E+02	8,405,E+02	5,580,E+02
CARGA MAXIMA [N]	93,29	156,47	156,57	142,83	95,75
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	16,98	18,35	17,10	13,56	9,34
FLECHA MÁXIMA [mm]	4,13	4,23	6,79	4,07	4,31
OBSERVACIONES:	Longitud entre apoyos = 105 mm				

Aprobado por:

LENMAV LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES

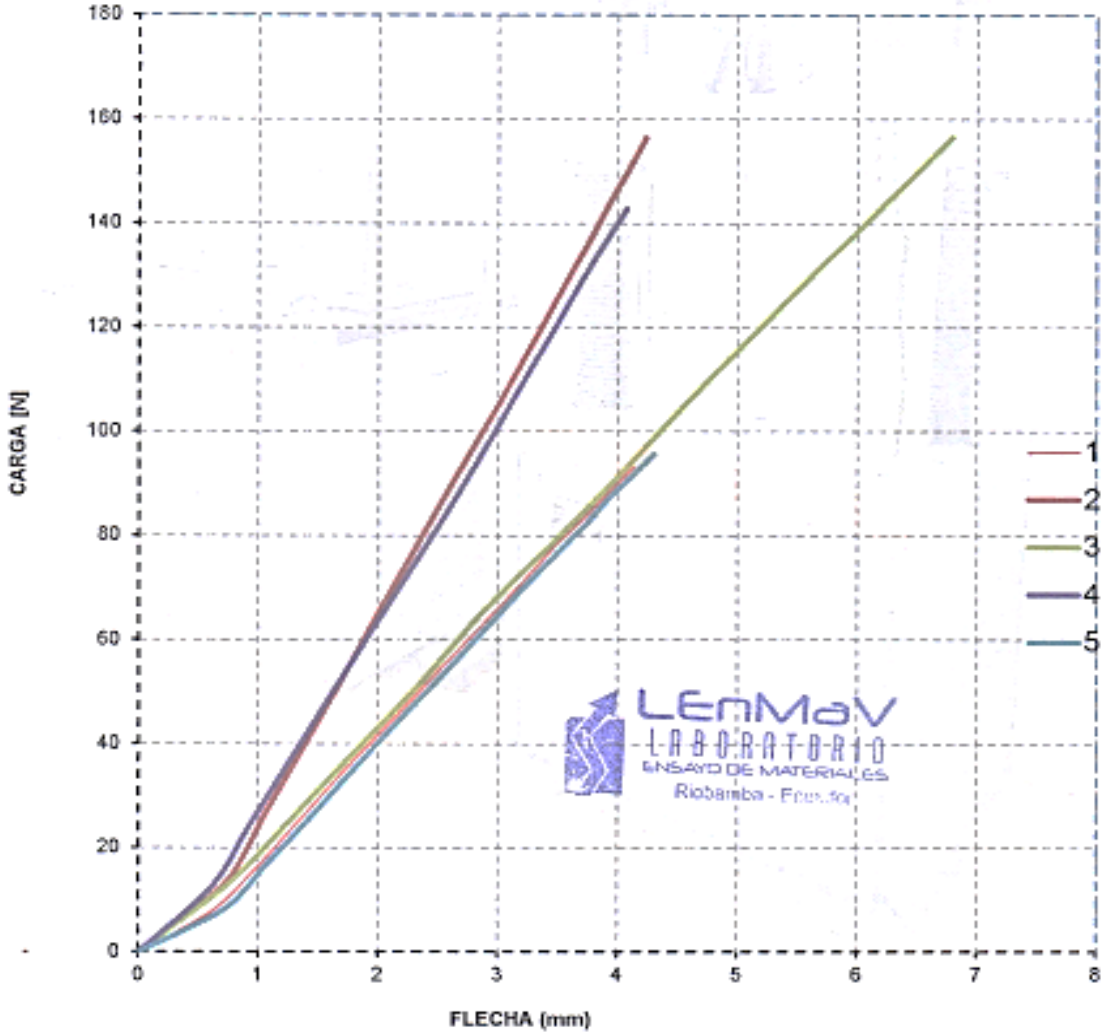
Ing. Aníbal Viñan B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO

Tabla 44. Diagrama carga flecha del ensayo a flexión 80% matriz- 20% fibra longitudinal corta.

ENSAYO DE FLEXIÓN

PROB.					DESIGNACIÓN	TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
1	2	3	4	5	8020-LC-01	COMPUESTO DE RESINA POLIESTER	6/6/2024

DIAGRAMA CARGA - FLECHA



Aprobado por:

Ing. Aníbal Viñan B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

3.1.5.1. Esfuerzo máximo de flexión 8020-LC-primer grupo G1

Primer grupo de muestras a flexión 80% matriz - 20% refuerzo de configuración longitudinal corta, se visualiza a en la tabla 43.

Tabla 45. Esfuerzo máximo de flexión primer grupo.

80%-20%-LC						
NÚMERO DE MUESTRA	1	2	3	4	5	**PROMEDIO**
ESFUERZO MÁXIMO [MPa]	16,98	18,35	17,1	13,56	9,34	15,066

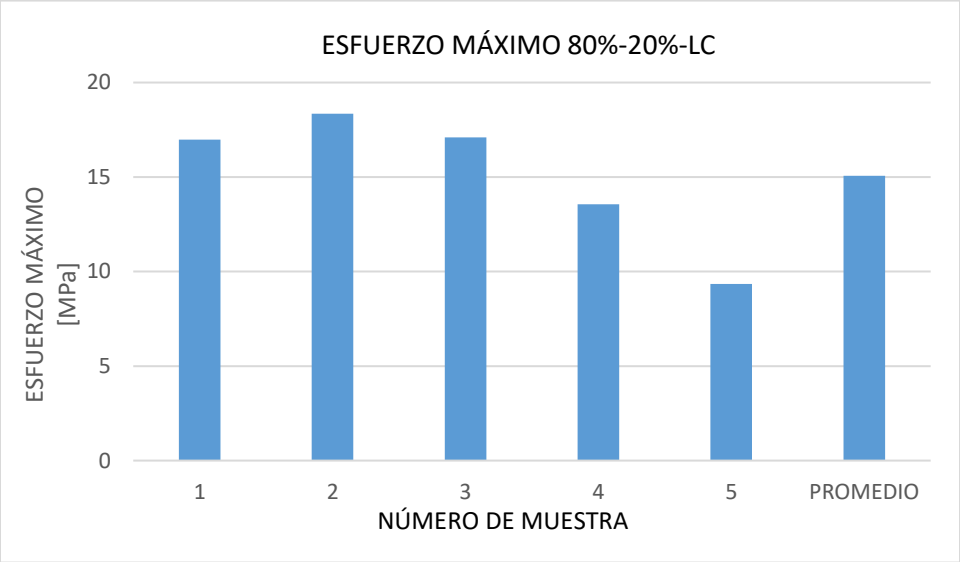


Figura 24. Análisis de esfuerzo máximo de flexión G1.

Interpretación de resultados

Primer grupo de muestras a flexión 80% matriz - 20% refuerzo de configuración longitudinal corta se logró los siguientes resultados.

Probeta 1 alcanzó un esfuerzo máximo de 16.98 MPa

Probeta 2 llegó a oscilar los 18.35 MPa.

Prueba 3 obtuvo 17.1 MPa

Prueba 4 su valoración alcanzó los 13.56 MPa

Muestra 5 logró un mínimo esfuerzo máximo de 9.34 MPa.

Teniendo como resultado un promedio de 15.066 MPa del grupo 1 .

3.1.5.2. Módulo de elasticidad de flexión [GPa] 8020-LC-primer grupo G1

En la tabla 46 expuesta a continuación muestra el módulo de elasticidad del primer grupo de muestras 80% matriz - 20% refuerzo de configuración longitudinal corta.

Tabla 46. Módulo de elasticidad [GPa] 8020-LC-primer grupo.

80%-20%-LC						
NÚMERO DE MUESTRA	1	2	3	4	5	**PROMEDIO**
MÓDULO DE ELASTICIDAD [GPa]	1243	1220	644,7	840,5	558	901,24

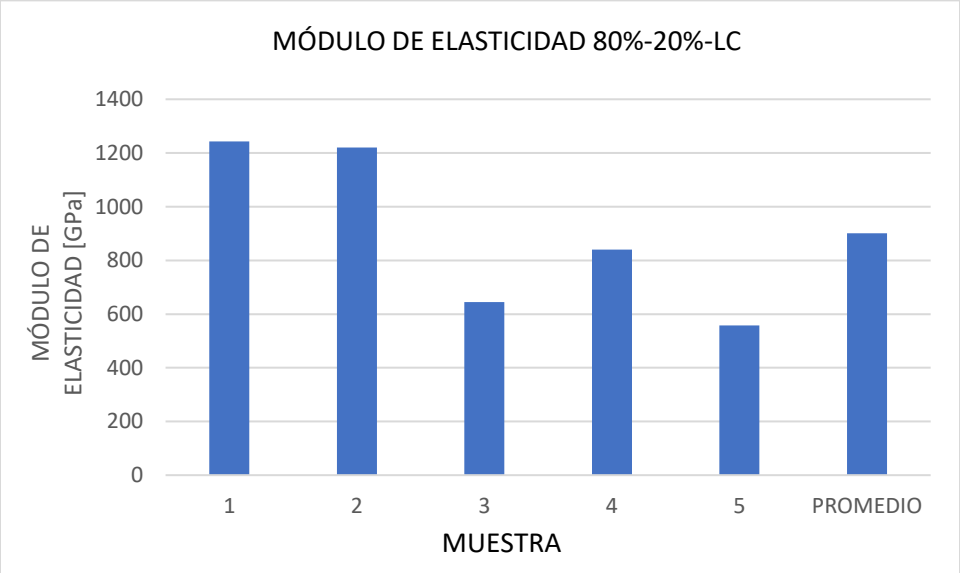


Figura 25. Análisis del módulo de elasticidad de flexión G1

Interpretación de resultados

En la siguiente figura se puede observar que la probeta número 1 posee un módulo de elasticidad de 1243 GPa.

La muestra número 1220 GPa. en la obtuvieron un mismo módulo de elasticidad de 644.7 GPa. En cambio, la 4 indica un mínimo módulo de elasticidad de este grupo con 840.5 GPa.

La probeta número 5 es donde existió mayor módulo de elasticidad con 558 GPa

Dando como resultado total del grupo 1 un promedio del módulo de elasticidad de 901.24 GPa.

Tabla 47. Ensayo a flexión segundo grupo 80% matriz- 20% fibra randómica.

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE FLEXIÓN	Denominación: RG -20 - 01
	Nº 2

SOLICITADO POR:	Evelin Jazmin Freire Sandoval
PROYECTO DE TESIS:	"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN MATERIAL COMPUESTO DE RESINA POLIÉSTER REFORZADA CON FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS"
DIRECCION:	UTA - FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE ING MECÁNICA
TIPO DE MATERIAL:	COMPUESTO DE RESINA POLIESTER
MATERIAL:	LÁMINA DE RESINA POLIESTER
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 05
NORMA UTILIZADA:	ASTM D7264/D7264M - 21
FECHA DE ENSAYO:	6-jun-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M1

NÚMERO DE LA MUESTRA	6	7	8	9	10
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	8020-R-01	8020-R-02	8020-R-03	8020-R-04	8020-R-05
CARACTERÍSTICA	PROBETA	PROBETA	PROBETA	PROBETA	PROBETA
ESPESOR [mm]	5,74	5,72	5,48	7,58	6,94
ANCHURA [mm]	14,89	15,98	15,32	17,45	15,99
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	85,47	91,41	83,95	132,27	110,97
MOD. APARENTE DE ELASTIC. [MPa]	1,700,E+03	4,587,E+02	1,229,E+03	1,953,E+03	1,947,E+03
CARGA MAXIMA [N]	104,77	46,21	24,92	121,84	174,03
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	33,62	13,91	8,53	19,13	35,58
FLECHA MÁXIMA [mm]	6,75	4,86	3,30	3,44	4,83

OBSERVACIONES: Longitud entre apoyos = 105 mm

LEnMaV LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES

Aprobado por:

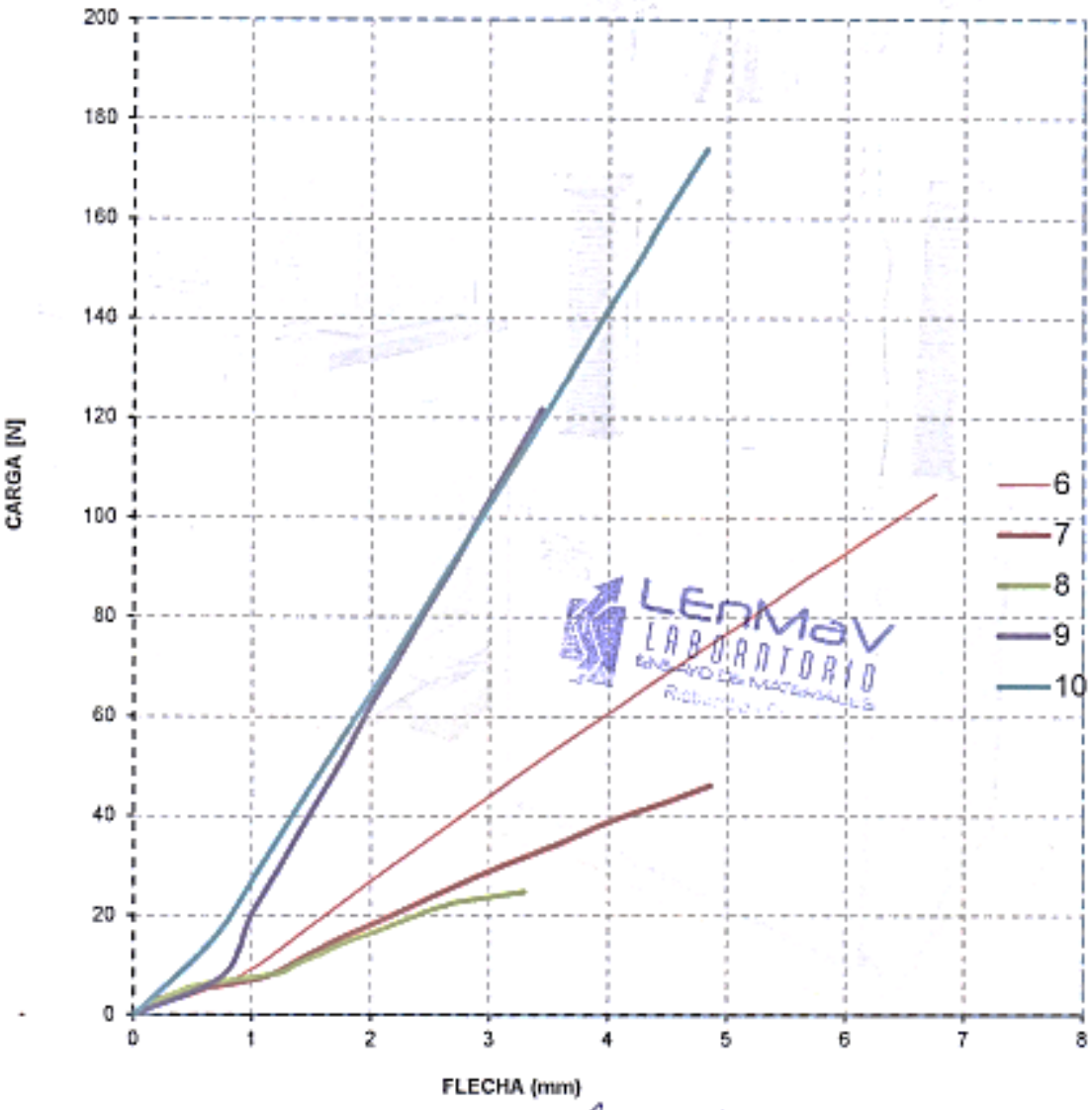
Ing. Aníbal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO

Tabla 48. Ensayo a flexión diagrama carga flecha 80% matriz- 20% fibra randómica.

ENSAYO DE FLEXIÓN

PROB.					DESIGNACIÓN	TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
6	7	8	9	10	8020-R-01	COMPUESTO DE RESINA POLIESTER	6/6/2024

DIAGRAMA CARGA - FLECHA



Aprobado por:

Ing. Aníbal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

3.1.5.3. Esfuerzo máximo de flexión 8020-R-segundo grupo G2

Segundo grupo de muestras a flexión 80% matriz - 20% refuerzo de configuración randómica, se muestra en tabla 46.

Tabla 49. Esfuerzo máximo de flexión segundo grupo.

80%-20%-R						
NÚMERO DE MUESTRA	6	7	8	9	10	**PROMEDIO**
ESFUERZO MÁXIMO [MPa]	33,62	13,91	8,53	19,13	35,58	22,154

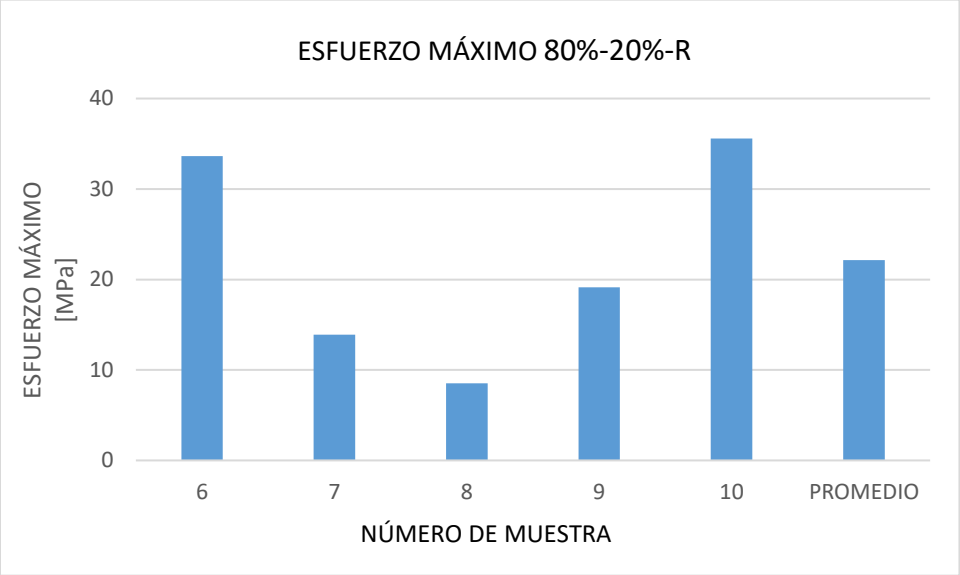


Figura 26. Análisis de esfuerzo máximo de flexión G2.

Interpretación de resultados

En el ensayo a flexión se obtuvo los resultados mostrados a continuación.

En la muestra 6 obtuvo un esfuerzo máximo de 33.62 MPa.

Consiguiente la séptima prueba arrojó 13.91 MPa.

Luego la octava probeta nos dio un mínimo valor de 8.53.

La novena muestra votó un resultado de 19.13 MPa.

Y con una valoración mayoritaria fue la décima con un esfuerzo máximo de 35.58 MPa.

Con un promedio de 22.15 MPa.

3.1.5.4. Módulo de elasticidad 8020-R-segundo grupo G2

En la tabla 50 mostrada a continuación se indica módulo de elasticidad del segundo grupo de muestras 80% matriz - 20% refuerzo de configuración randómica.

Tabla 50. Módulo de elasticidad [GPa] 8020-R-segundo grupo.

80%-20%-R						
NÚMERO DE MUESTRA	6	7	8	9	10	**PROMEDIO**
MÓDULO DE ELASTICIDAD [GPa]	1700	458,7	1229	1953	1947	1457,54

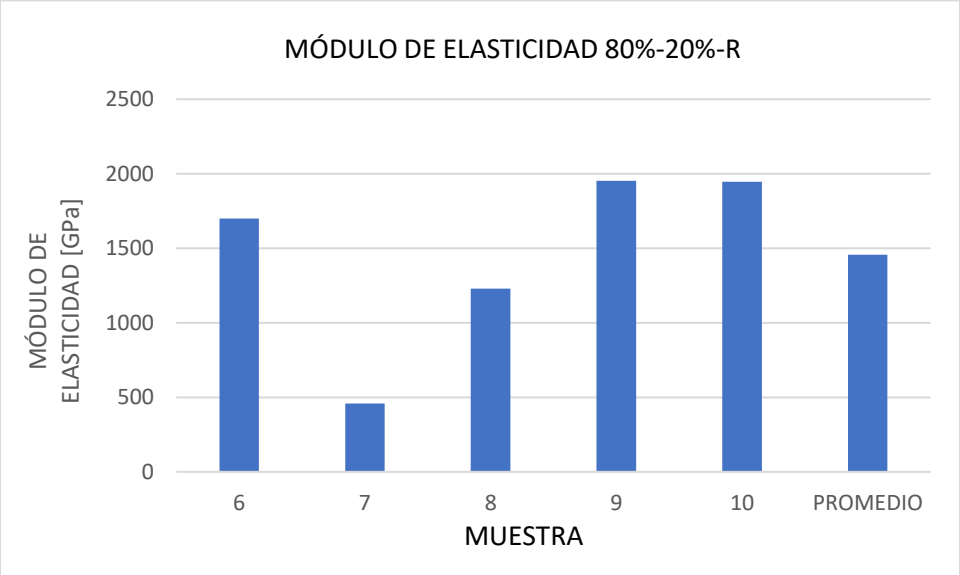


Figura 27. Análisis del módulo de elasticidad de flexión G2.

Interpretación de resultados

En el siguiente conjunto se visualiza que la muestra 6 posee una elasticidad 1700 GPa. La 7 posee una elasticidad 458.7 GPa.

En la séptima existió un fallo por lo que la misma se trozo antes de la realización del respectivo ensayo.

La prueba número 8 con un módulo de 1229 GPa.

La prueba número 9 con un módulo de 1953GPa. La muestra 10 posee 1947 GPa.

Alcanzando un total del grupo 2 un promedio del módulo de elasticidad de 1457.54 GPa.

Tabla 51. Ensayo a flexión tercer grupo 70% matriz- 30% fibra longitudinal corta.

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE FLEXIÓN

Denominación: RG -20 - 01

Nº 3

SOLICITADO POR:	Evelin Jazmin Freire Sandoval
PROYECTO DE TESIS:	"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN MATERIAL COMPUESTO DE RESINA POLIÉSTER REFORZADA CON FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS"
DIRECCION:	UTA - FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE ING MECÁNICA
TIPO DE MATERIAL:	COMPUESTO DE RESINA POLIESTER
MATERIAL:	LÁMINA DE RESINA POLIESTER
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 05
NORMA UTILIZADA:	ASTM D7264/D7264M - 21
FECHA DE ENSAYO:	6-jun-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B

MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD

SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M1

NÚMERO DE LA MUESTRA	11	12	13	14	15
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	7030-LC-01	7030-LC-02	7030-LC-03	7030-LC-04	7030-LC-05
CARACTERÍSTICA	PROBETA	PROBETA	PROBETA	PROBETA	PROBETA
ESPESOR [mm]	9,04	8,65	8,70	8,46	8,47
ANCHURA [mm]	14,38	13,35	14,1	13,46	14,16
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	130,00	115,48	122,67	113,87	119,94
MOD. APARENTE DE ELASTIC. [MPa]	2,147,E+03	1,757,E+03	1,917,E+03	2,001,E+03	1,530,E+03
CARGA MAXIMA [N]	143,42	86,72	134,89	168,44	90,94
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	19,22	13,67	19,90	27,53	14,09
FLECHA MÁXIMA [mm]	2,49	2,02	2,38	3,34	2,10

OBSERVACIONES: Longitud entre apoyos = 105 mm

Aprobado por:

LENMAV LABORATORIO

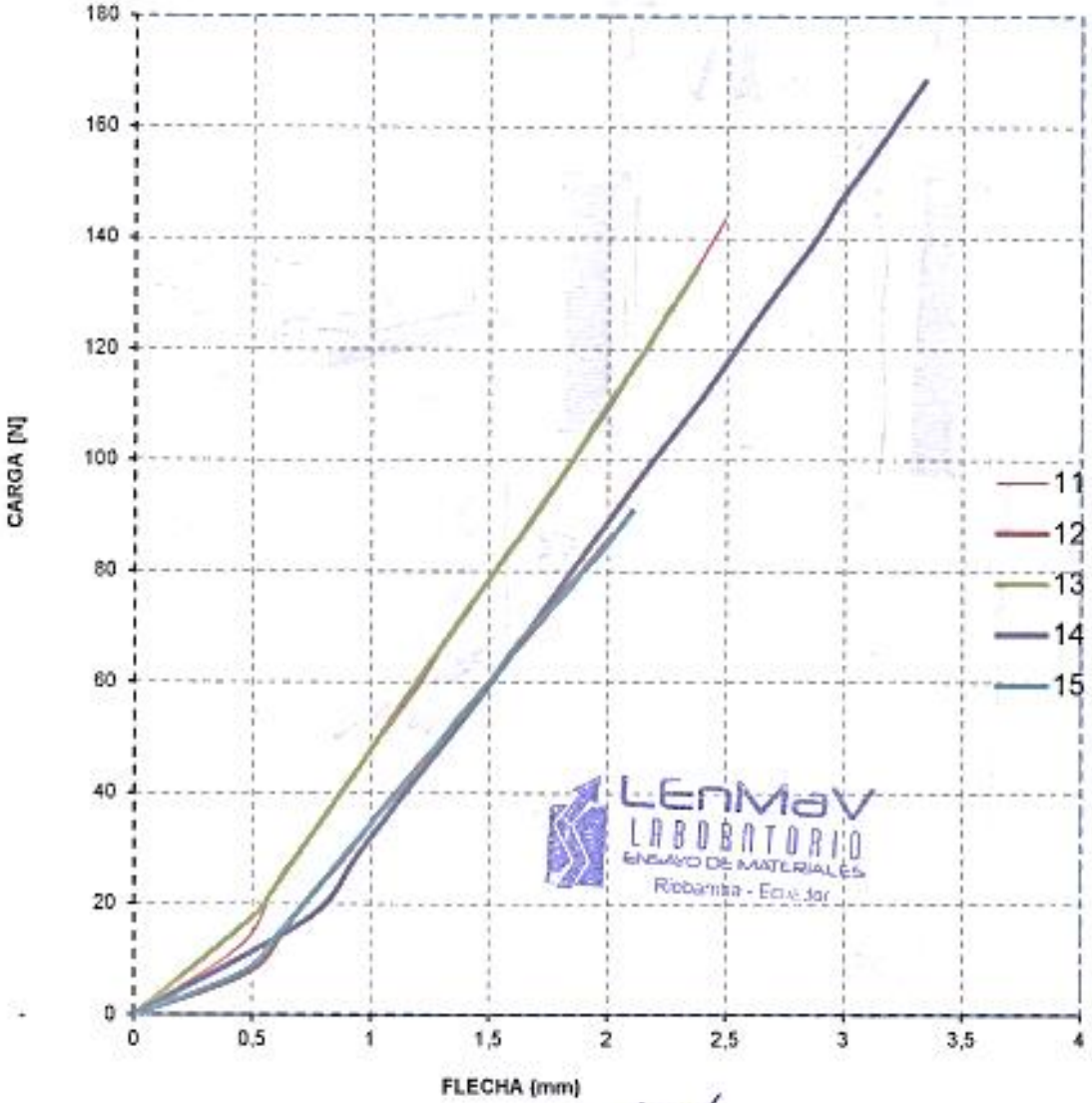
Ing. Aníbal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO

Tabla 52. Ensayo a flexión diagrama carga flecha 70% matriz- 30% fibra longitudinal corta.

ENSAYO DE FLEXIÓN

PROB.					DESIGNACIÓN	TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
11	12	13	14	15	7030-LC-01	COMPUESTO DE RESINA POLIESTER	6/6/2024

DIAGRAMA CARGA - FLECHA



Aprobado por:

Ing. Aníbal Viñan B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

3.1.5.5. Esfuerzo máximo de flexión 7030-LC-tercer grupo G3

Tercer grupo de muestras a flexión 70% matriz - 30% refuerzo de configuración longitudinal corta En la tabla 53.

Tabla 53. Esfuerzo máximo de flexión tercer grupo.

70%-30%-LC						
NÚMERO DE MUESTRA	11	12	13	14	15	**PROMEDIO**
ESFUERZO MÁXIMO [MPa]	19,22	13,67	19,9	27,53	14,09	18,882

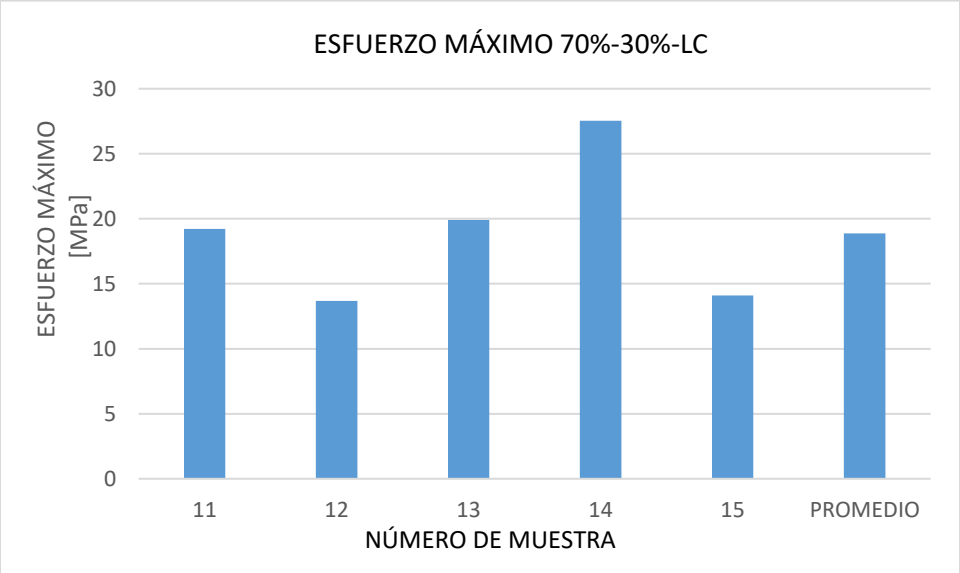


Figura 28. Análisis de esfuerzo máximo de flexión G3.

Interpretación de resultados

En este grupo de muestras a flexión 70% matriz - 30% refuerzo de configuración longitudinal corta data que:

La prueba 11 obtuvo un esfuerzo máximo de 19.22 MPa, seguidamente de la 12 que fue de 13.17 MPa, consiguiente la 13 adquirió un valor de 19.9 MPa.

Después en la muestra 14 hay 27.53 MPa.

Por último, en la 15 con una valorización de 14.09 MPa.

Dando un promedio del grupo 3 de 18.88 MPa.

3.1.5.6. Módulo de elasticidad de flexión 7030-LC-tercer grupo G3

En la **Tabla 54**, mostrada a continuación se indica módulo de elasticidad del tercer grupo de muestras 70% matriz - 30% refuerzo de configuración longitudinal corta.

Tabla 54. Módulo de elasticidad [GPa] 7030-LC-tercer grupo

70%-30%-LC						
NÚMERO DE MUESTRA	11	12	13	14	15	**PROMEDIO**
MÓDULO DE ELASTICIDAD [GPa]	2147	1757	1917	2001	1530	1870,4

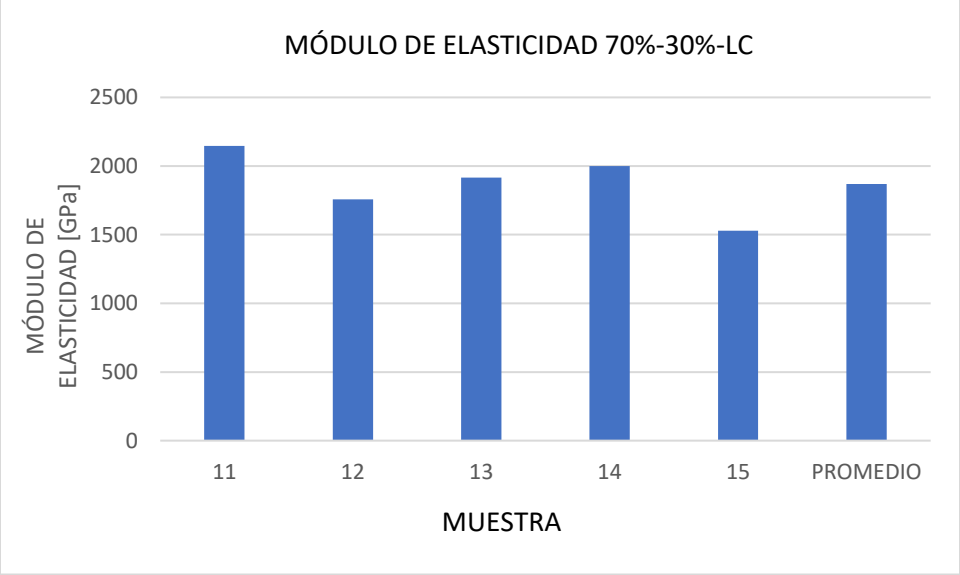


Figura 29. Análisis del módulo de elasticidad de flexión G3.

Interpretación de resultados

En este grupo de muestras a flexión 70% matriz - 30% refuerzo de configuración longitudinal corta data que:

La prueba 11 obtuvo un de 2147 GPa, seguidamente de la 12 que fué de 1757 GPa.

Consiguiente la 13 adquirió un valor de 1917 GPa.

Después en la muestra 14 hay 2001 GPa.

Por último, en la 15 con una valorización de 1530 GPa.

Alcanzando un promedio de 1870.4 GPa.

Tabla 55. Ensayo a flexión cuarto grupo 70% matriz- 30% fibra randómica.

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE FLEXIÓN	Denominación: RG -20 - 01
	Nº 4

SOLICITADO POR:	Evelin Jazmin Freire Sandoval
PROYECTO DE TESIS:	"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN MATERIAL COMPUESTO DE RESINA POLIÉSTER REFORZADA CON FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS"
DIRECCION:	UTA - FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE ING MECÁNICA
TIPO DE MATERIAL:	COMPUESTO DE RESINA POLIESTER
MATERIAL:	LÁMINA DE RESINA POLIESTER
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 05
NORMA UTILIZADA:	ASTM D7264/D7264M - 21
FECHA DE ENSAYO:	6-jun-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD
SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M1

NÚMERO DE LA MUESTRA	16	17	18	19	20
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	7030-R-01	7030-R-02	7030-R-03	7030-R-04	7030-R-05
CARACTERÍSTICA	PROBETA	PROBETA	PROBETA	PROBETA	PROBETA
ESPESOR [mm]	10,87	8,65	10,48	8,22	10,95
ANCHURA [mm]	13,53	14,04	14,28	14,39	14,34
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	147,07	121,45	149,65	118,29	157,02
MOD. APARENTE DE ELASTIC. [MPa]	1,244,E+03	1,817,E+03	1,266,E+03	2,661,E+03	7,384,E+02
CARGA MAXIMA [N]	154,02	172,26	154,41	104,57	20,70
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	15,17	25,82	15,50	16,93	1,90
FLECHA MÁXIMA [mm]	2,80	4,19	3,37	2,89	1,63

OBSERVACIONES: Longitud entre apoyos = 105 mm

Aprobado por:

LENMAV LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES

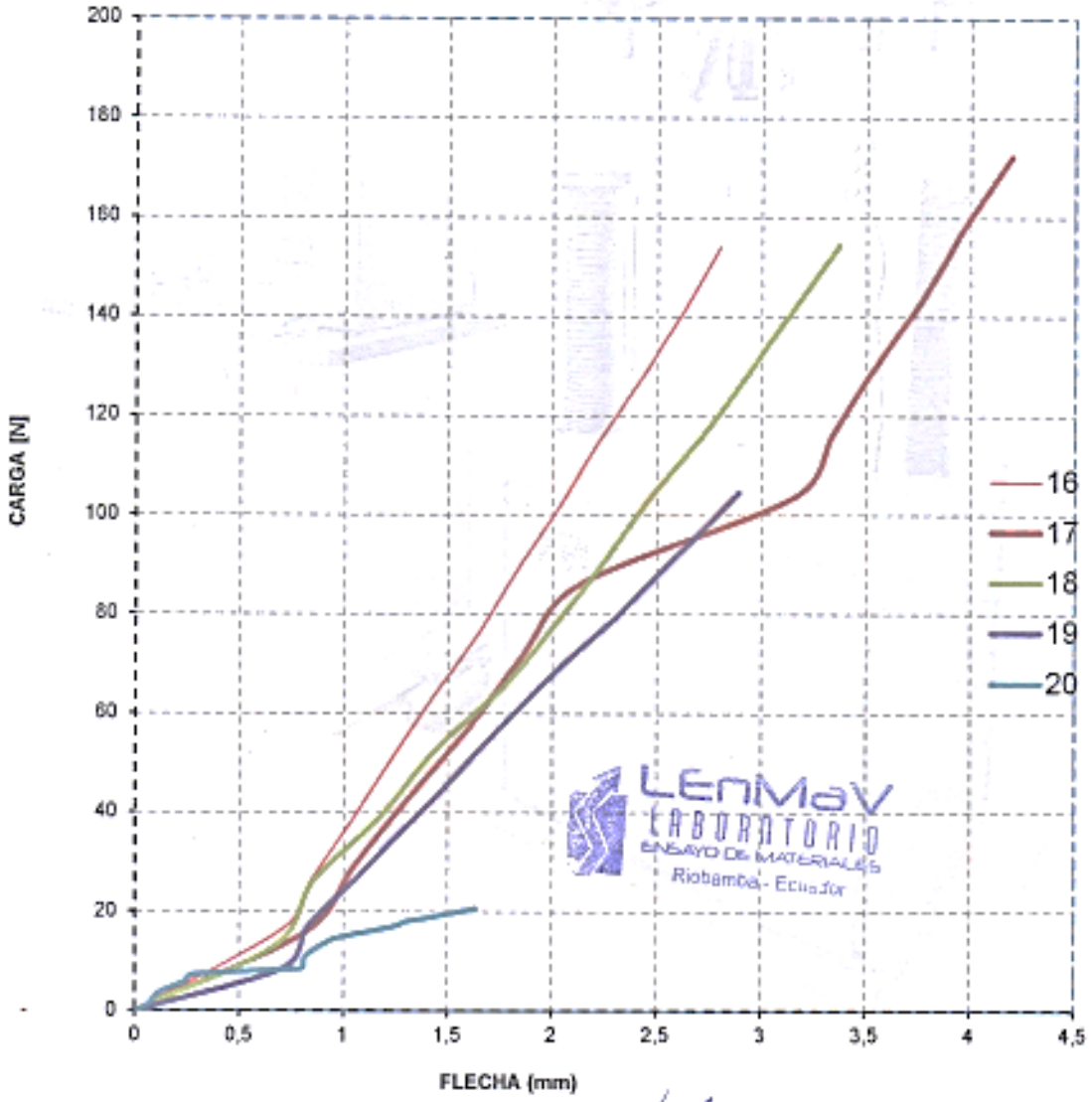
Ing. Aníbal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO

Tabla 56. Diagrama carga flecha del ensayo a flexión 70% matriz- 30% fibra randómica.

ENSAYO DE FLEXIÓN

PROB.					DESIGNACIÓN	TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
16	17	18	19	20	7030-R-01	COMPUESTO DE RESINA POLIESTER	6/6/2024

DIAGRAMA CARGA - FLECHA



Aprobado por:

Ing. Aníbal Viñan B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

3.1.5.7. Esfuerzo máximo de flexión 7030-R-cuarto grupo G4

Cuarto grupo de muestras a flexión 70% matriz - 30% refuerzo de configuración randómica Tabla 57.

Tabla 57. Esfuerzo máximo de flexión 7030-R-cuarto grupo.

70%-30%-R						
NÚMERO DE MUESTRA	16	17	18	19	20	**PROMEDIO**
ESFUERZO MÁXIMO [MPa]	15,17	25,82	15,5	16,93	1,9	15,064

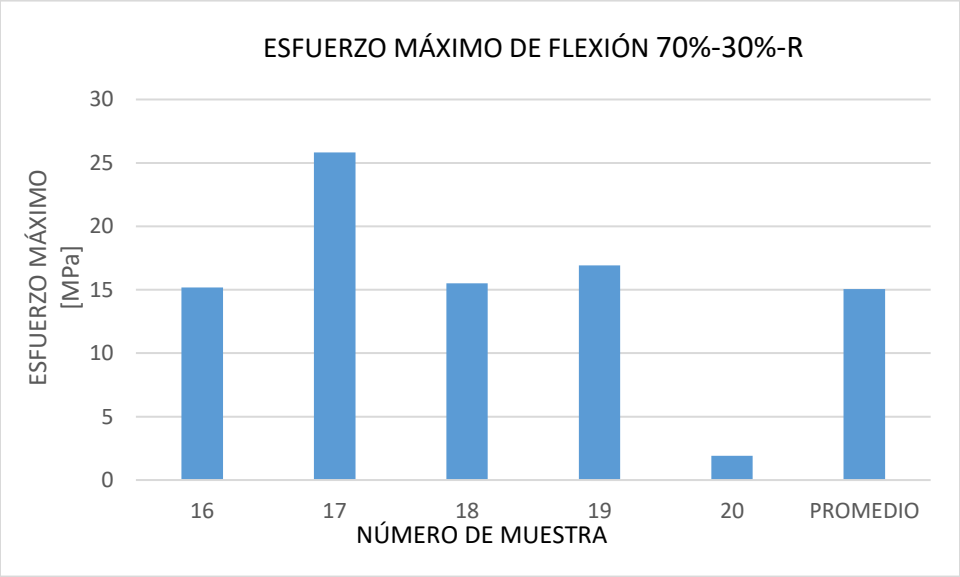


Figura 30. Análisis de esfuerzo máximo de flexión G4.

Interpretación de resultados

En este grupo de muestras a flexión 70% matriz - 30% refuerzo de configuración randómica arrojó que:

La prueba 16 obtuvo un esfuerzo máximo de 15. MPa.

Seguidamente de la 17 que fué de 25.82.

Consiguiente la 18 adquirió un valor de 15.5.

Después en la muestra 19 hay 16.93 MPa, en la 20 con una valorización de 1.9 MPa.

Finalmente, en este grupo se alcanzó un promedio de 15.064 MPa.

3.1.5.8. Módulo de elasticidad [GPa] 7030-R cuarto grupo G4

En la tabla 58 mostrada a continuación se indica módulo de elasticidad del tercer grupo de muestras 70% matriz - 30% refuerzo de configuración randómica.

Tabla 58. Módulo de elasticidad [GPa] 7030-R cuarto grupo

70%-30%-R						
NÚMERO DE MUESTRA	16	17	18	19	20	**PROMEDIO**
MÓDULO DE ELASTICIDAD [GPa]	1244	1817	1266	2661	738,4	1545,28

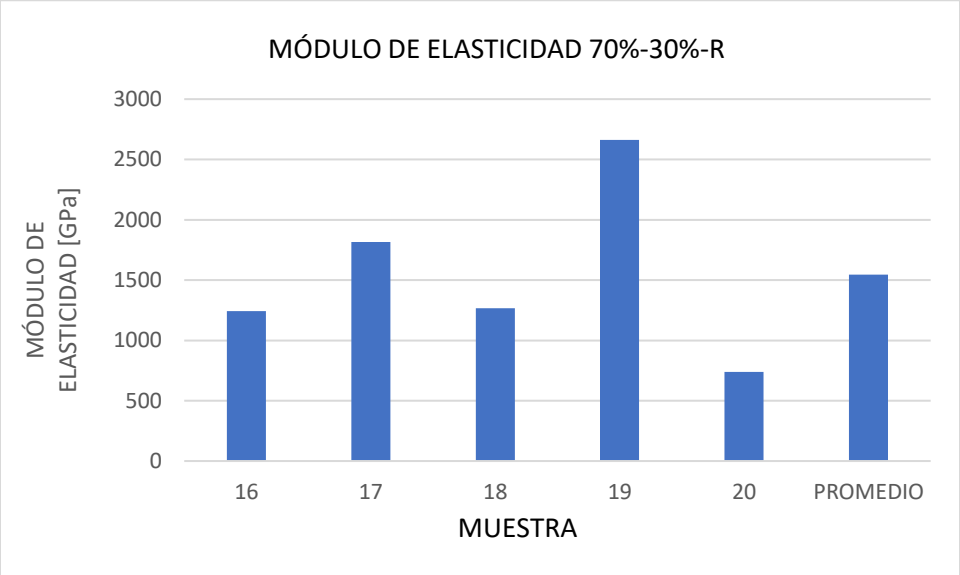


Figura 31. Análisis del módulo de elasticidad de flexión G4.

En este grupo de muestras a flexión 70% matriz - 30% refuerzo de configuración randómica arrojó que:

La prueba 16 obtuvo un esfuerzo máximo de 1244 GPa.

Seguidamente de la 17 que fué de 1817 GPa.

Consiguiente la 18 adquirió un valor de 1266 GPa.

En la muestra 19 hay 2661 GPa, en la 20 con una valorización de 738.4 GPa.

Finalmente, en este grupo se alcanzó un promedio de 1545.28 GPa.

Tabla 59. Ensayo a flexión quinto grupo 60% matriz- 40% fibra longitudinal corta.

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE FLEXIÓN

Denominación: RG -20 - 01

Nº 5

SOLICITADO POR:	Evelin Jazmin Freire Sandoval
PROYECTO DE TESIS:	"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN MATERIAL COMPUESTO DE RESINA POLIÉSTER REFORZADA CON FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS"
DIRECCION:	UTA - FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE ING MECÁNICA
TIPO DE MATERIAL:	COMPUESTO DE RESINA POLIESTER
MATERIAL:	LÁMINA DE RESINA POLIESTER
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 05
NORMA UTILIZADA:	ASTM D7264/D7264M - 21
FECHA DE ENSAYO:	6-jun-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B

MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD

SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M1

NÚMERO DE LA MUESTRA	21	22	23	24	25
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	6040-LC-01	6040-LC-02	6040-LC-03	6040-LC-04	6040-LC-05
CARACTERÍSTICA	PROBETA	PROBETA	PROBETA	PROBETA	PROBETA
ESPESOR [mm]	6,76	6,77	6,85	7,25	7,26
ANCHURA [mm]	13,15	13,7	13,29	13,64	14,31
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	88,89	92,75	91,04	98,89	103,89
MOD. APARENTE DE ELASTIC. [MPa]	9,210,E+02	5,233,E+02	8,181,E+02	5,629,E+02	5,746,E+02
CARGA MAXIMA [N]	40,32	49,64	89,96	66,22	82,31
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	10,56	12,45	22,71	14,54	17,18
FLECHA MÁXIMA [mm]	4,95	2,79	4,63	3,24	3,57

OBSERVACIONES: Longitud entre apoyos = 105 mm

Aprobado por:

LENMAV LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES

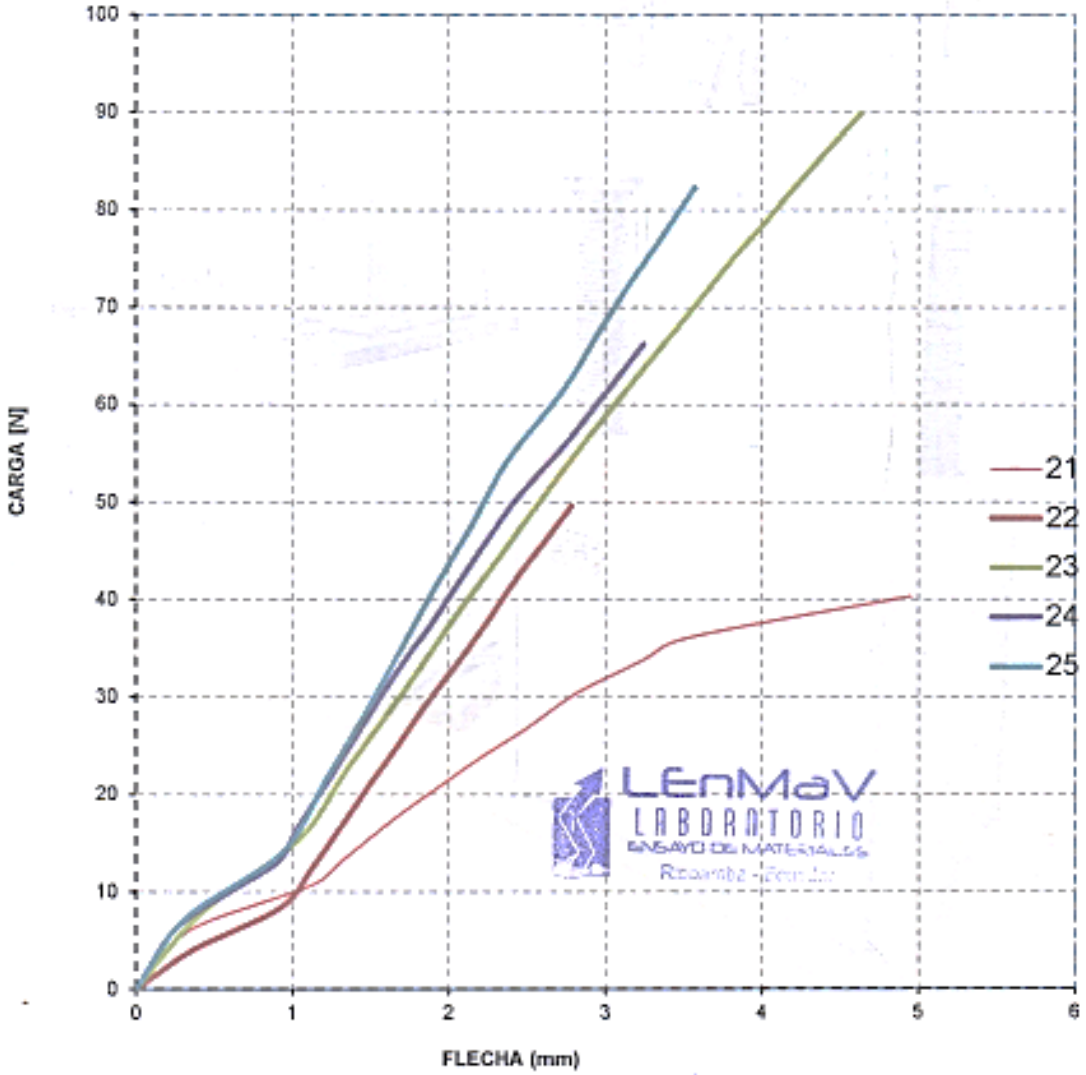
Ing. Aníbal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO

Tabla 60. Ensayo a flexión diagrama carga flecha 60% matriz- 40% fibra longitudinal corta.

ENSAYO DE FLEXIÓN

PROB.					DESIGNACIÓN	TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
21	22	23	24	25	6040-LC-01	COMPUESTO DE RESINA POLIESTER	6/6/2024

DIAGRAMA CARGA - FLECHA



Aprobado por:

Ing. Aníbal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

3.1.5.9. Esfuerzo máximo de flexión 6040-LC-quinto grupo.

Quinto grupo de muestras a flexión 60% matriz -40% refuerzo de configuración longitudinal corta tabla 61.

Tabla 61. Esfuerzo máximo de flexión quinto grupo.

60%-40%-LC						
NÚMERO DE MUESTRA	21	22	23	24	25	**PROMEDIO**
ESFUERZO MÁXIMO [MPa]	10,56	12,45	22,71	14,54	17,18	15,488

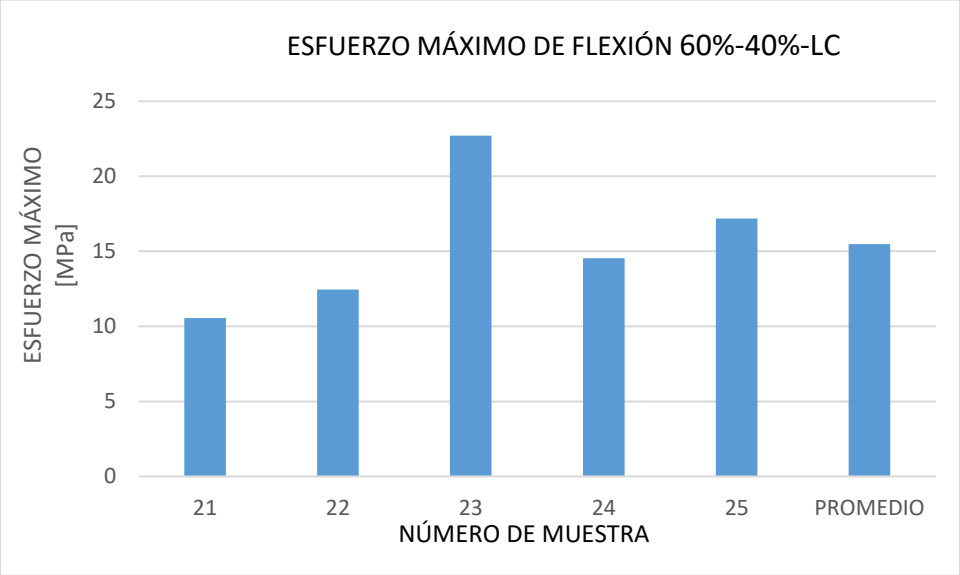


Figura 32. Análisis de esfuerzo máximo de flexión G5.

Interpretación de resultados

En el quinto grupo se puede decir que:

La muestra 21 alcanzó una valorización del esfuerzo máximo de 10.56 MPa.

La muestra 22 obtuvo un valor del esfuerzo máximo de 12.45 MPa.

La muestra 23 un esfuerzo máximo de 22.71.

La muestra 24 un esfuerzo de 14.54 MPa.

En último lugar, la muestra 25 obtuvo una valoración de 17.18. MPa.

Obteniendo como promedio este grupo 15.48 MPa.

3.1.5.10. Módulo de elasticidad 6040-LC-quinto grupo G5

Quinto grupo de muestras 60% matriz - 40% refuerzo de configuración longitudinal corta. A continuación, se muestra el Módulo de elasticidad quinto grupo en la tabla 62.

Tabla 62. Módulo de elasticidad 6040-LC-quinto grupo.

60%-40%-LC						
NÚMERO DE MUESTRA	21	22	23	24	25	**PROMEDIO**
MÓDULO DE ELASTICIDAD [GPa]	921	523,3	818,1	562,9	574,6	679,98

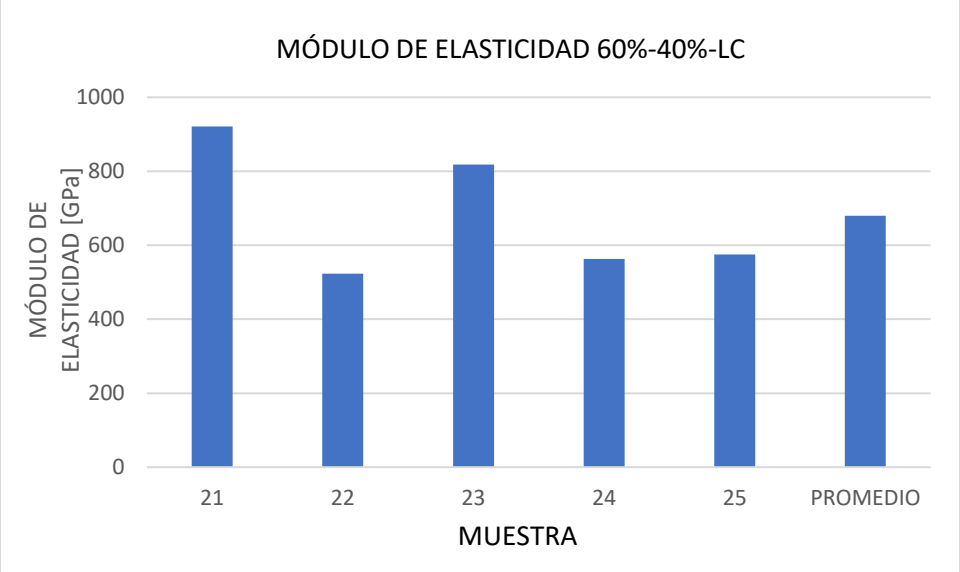


Figura 33. Análisis del módulo de elasticidad de flexión G5.

Interpretación de resultados

En la figura 33 se tiene sobre el quinto grupo y se puede decir que:

La muestra 21 alcanzó una valorización del esfuerzo máximo de 921 GPa.

La muestra 22 obtuvo un valor del esfuerzo máximo de 523.3 GPa.

La muestra 23 un esfuerzo máximo de 818.1 GPa.

La muestra 24 un esfuerzo de 562.9 GPa.

En último lugar, la muestra 25 obtuvo una valoración de 574.6 GPa.

Obteniendo como promedio este grupo 679.98 GPa.

Tabla 63. Ensayo a flexión cuarto grupo 70% matriz- 30% fibra randómica.

INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE FLEXIÓN

Denominación: RG -20 - 01

N° 6

SOLICITADO POR:	Evelin Jazmin Freire Sandoval
PROYECTO DE TESIS:	"CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN MATERIAL COMPUESTO DE RESINA POLIÉSTER REFORZADA CON FIBRA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS"
DIRECCION:	UTA - FAC. ING. CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE ING MECÁNICA
TIPO DE MATERIAL:	COMPUESTO DE RESINA POLIESTER
MATERIAL:	LÁMINA DE RESINA POLIESTER
FECHA DE FABRICACIÓN:	2024 - 05
NORMA UTILIZADA:	ASTM D7264/D7264M - 21
FECHA DE ENSAYO:	6-jun-24

EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B

MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO. , LTD

SERIE: 7136 **CERTIFICADO:** LNM-F-2016500064D **CÓD IDENT:** M1

NÚMERO DE LA MUESTRA	26	27	28	29	30
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	6040-R-01	6040-R-02	6040-R-03	6040-R-04	6040-R-05
CARACTERÍSTICA	PROBETA	PROBETA	PROBETA	PROBETA	PROBETA
ESPESOR [mm]	8,78	9,13	8,40	9,22	8,89
ANCHURA [mm]	13,83	13,67	12,7	13,71	12,93
SECCION TRANSVERSAL [mm^2]	121,43	124,81	106,68	126,41	114,95
MOD. APARENTE DE ELASTIC. [MPa]	3,766,E+02	1,387,E+03	2,681,E+02	1,376,E+03	3,513,E+02
CARGA MAXIMA [N]	84,76	112,13	54,45	102,12	69,65
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	12,52	15,49	9,57	13,80	10,73
FLECHA MÁXIMA [mm]	2,70	3,32	2,34	2,95	2,21

OBSERVACIONES: Longitud entre apoyos = 105 mm

Aprobado por:

LENMOV LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES Riobamba - Ecuador

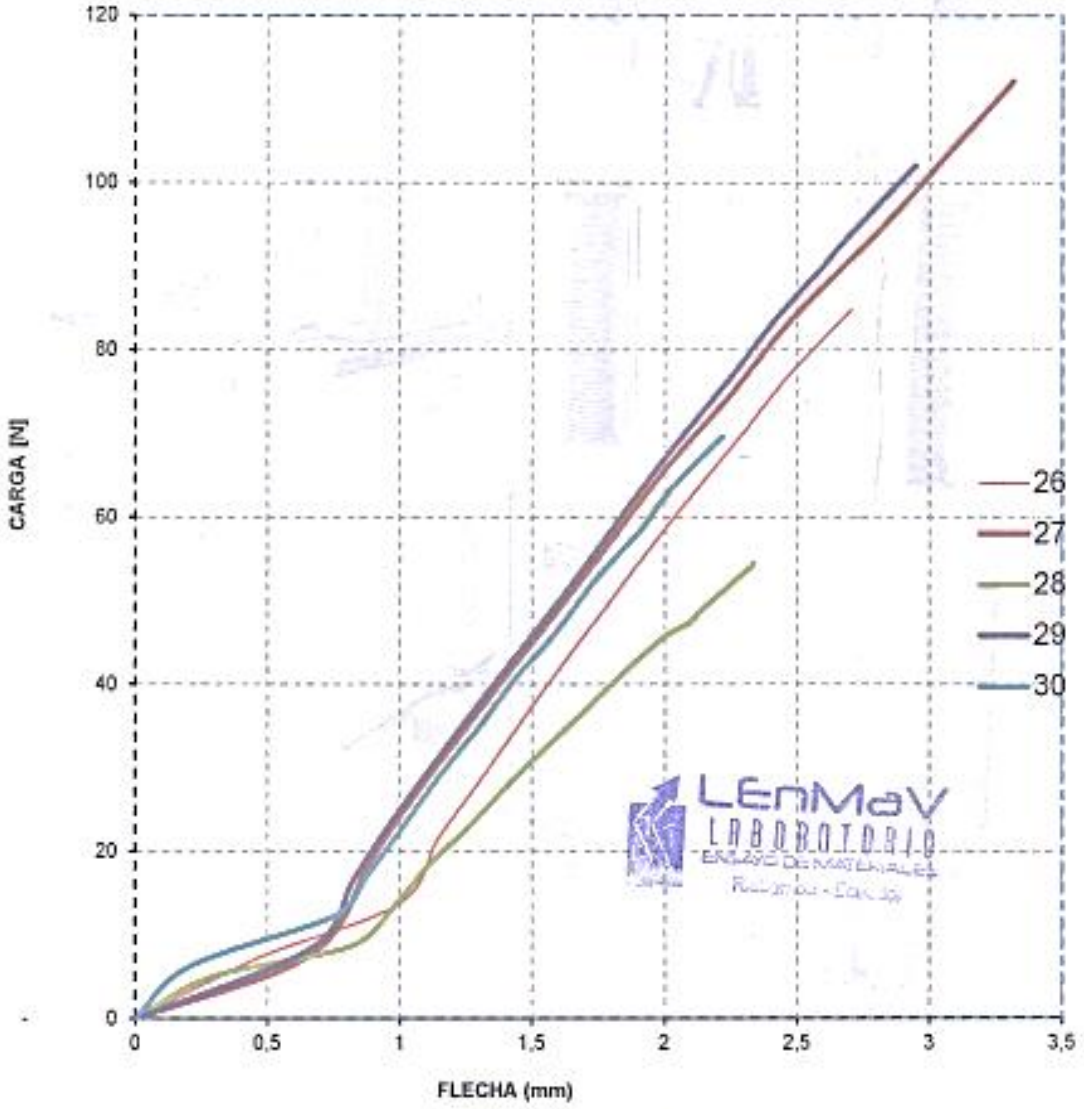
Ing. Aníbal Viván B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO

Tabla 64. Diagrama carga flecha del ensayo a flexión 60% matriz- 40% fibra randómica.

ENSAYO DE FLEXIÓN

PROB.					DESIGNACIÓN	TIPO DE MATERIAL	Fecha de Ensayo
26	27	28	29	30	6040-R-01	COMPUESTO DE RESINA POLIESTER	6/6/2024

DIAGRAMA CARGA - FLECHA



Aprobado por:

Ing. Aníbal Viñán B. M.Sc
GERENTE DEL LABORATORIO

3.1.5.11. Esfuerzo máximo de flexión 6040-R-sexto grupo G6

Sexto grupo de muestras a flexión 60% matriz - 40% refuerzo de configuración randómica **tabla 65**.

Tabla 65. Esfuerzo máximo de flexión sexto grupo.

60%-40%-R						
NÚMERO DE MUESTRA	26	27	28	29	30	**PROMEDIO**
ESFUERZO MÁXIMO [MPa]	12,52	15,49	9,57	13,8	2,21	10,718

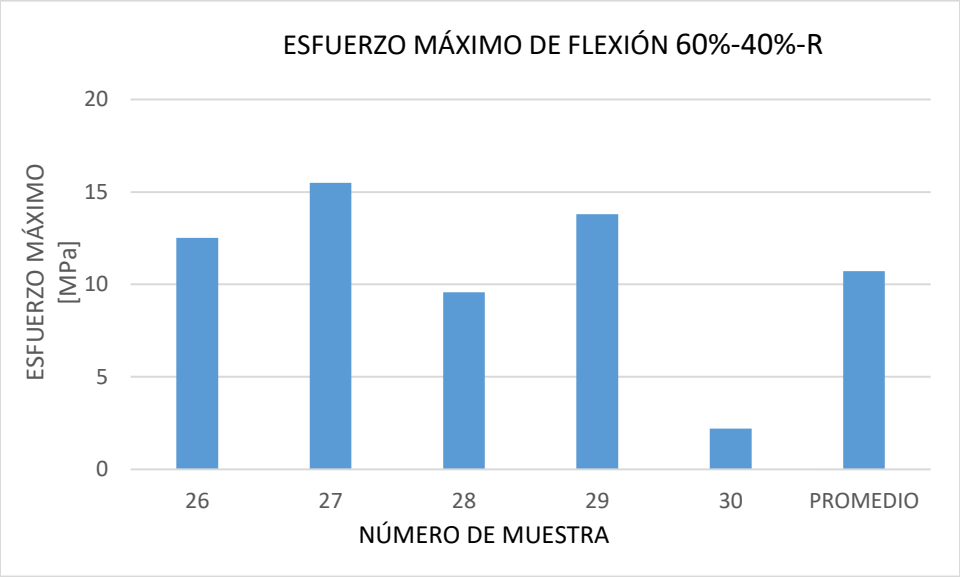


Figura 34. Análisis de esfuerzo máximo de flexión G6.

Interpretación de resultados

En la figura 34 del último grupo se pudo interpretar que :

La muestra 26 alcanzó una valorización del esfuerzo máximo de 12.52 MPa.

La muestra 27 obtuvo un valor mayoritario del esfuerzo máximo de 15.49 MPa.

La muestra 28 un esfuerzo máximo de 9.57 MPa..

La muestra 29 un esfuerzo de 13.8 MPa.

Finalmente, la muestra 30 obtuvo una valoración mínima de 2.21 MPa.

Del sexto grupo se ha obtenido un promedio de 10.71 MPa.

3.1.5.12. Módulo de elasticidad 6040-R-sexto grupo G6

Sexto grupo de muestras 60% matriz - 40% refuerzo de configuración randómica, como se muestra en la tabla 66.

Tabla 66. Módulo de elasticidad 6040-R-sexto grupo.

60%-40%-R						
NÚMERO DE MUESTRA	26	27	28	29	30	**PROMEDIO**
MÓDULO DE ELASTICIDAD [GPa]	376,6	1387	268,1	1376	351,3	751,8

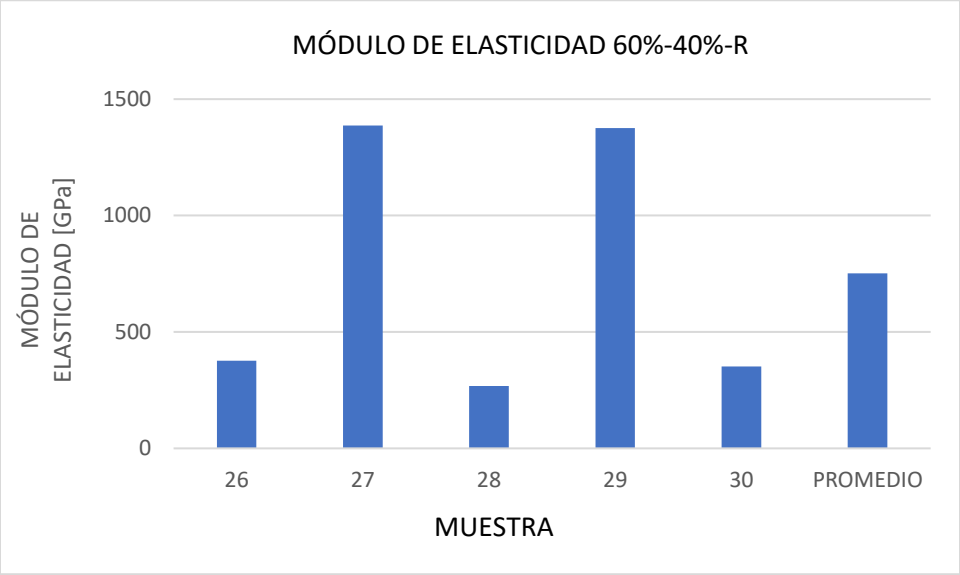


Figura 35. Análisis del módulo de elasticidad de flexión G6.

Interpretación de resultados

Posteriormente en la figura 35 nos dice que:

La muestra 26 alcanzó una valorización del esfuerzo máximo de 376.6 GPa.

La muestra 27 obtuvo un valor mayoritario del esfuerzo máximo de 1387 GPa.

La muestra 28 un esfuerzo máximo de 268.1 GPa..

La muestra 29 un esfuerzo de 1376 GPa.

Finalmente, la muestra 30 obtuvo una valoración mínima de 351.3 GPa.

Del sexto grupo se ha obtenido un promedio de 751.8 GPa.

3.1.6. Promedio esfuerzo maximo ensayo de flexión

En la **Tabla 67,** situada a continuación nos da el promedio del esfuerzo máximo del ensayo a flexión.

Tabla 67. Promedio esfuerzo maximo ensayo de flexión.

PROMEDIO ESFUERZO MAXIMO ENSAYO DE FLEXIÓN						
GRUPOS	G1	G2	G3	G4	G5	G6
ESFUERZO MAXIMO [Mpa]	15,06	22,15	18,88	15,06	15,48	10,71

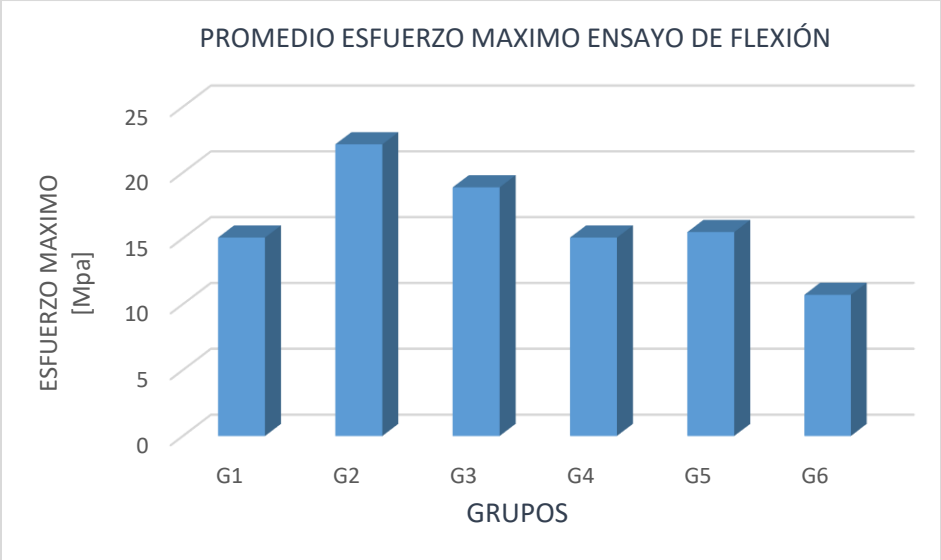


Figura 36. Análisis del promedio esfuerzo máximo ensayo de flexión.

Consecuentemente los la figura 36 nos data de los 6 grupos alcanzaron lo siguiente:

El primer resultado un esfuerzo máximo de 15.06 MPA, en el grupo dos hubo un esfuerzo máximo de 22,15 MPA, en cambio en el grupo 3 adquirió un esfuerzo máximo de 18.88 MPa consiguiente el grupo número cuatro obtuvo la misma valoración que el grupo 1 con 15,06 MPa seguidamente el grupo 5 con 15.48 siga pascales para finalmente el promedio del grupo 6 fue la valoración mínima del esfuerzo máximo el cual solo llegó a obtener 10.71 MPa.

Concluyendo así que el grupo 2 (80%matriz- 20% refuerzo-configuración randómica) adquirió los mejores resultados de esfuerzo máximo con 22.15 MPa

3.1.7. Promedio del módulo de elasticidad ensayo de flexión

En la tabla 68 situada a continuación nos da el promedio del módulo de elasticidad del ensayo a flexión.

Tabla 68. Promedio del módulo de elasticidad ensayo de flexión.

PROMEDIO MÓDULO DE ELASTICIDAD ENSAYO DE FLEXIÓN						
GRUPOS	G1	G2	G3	G4	G5	G6
MODULO DE ELASTICIDAD [GPa]	901,24	1457,54	1870,4	1545,28	679,98	751,8

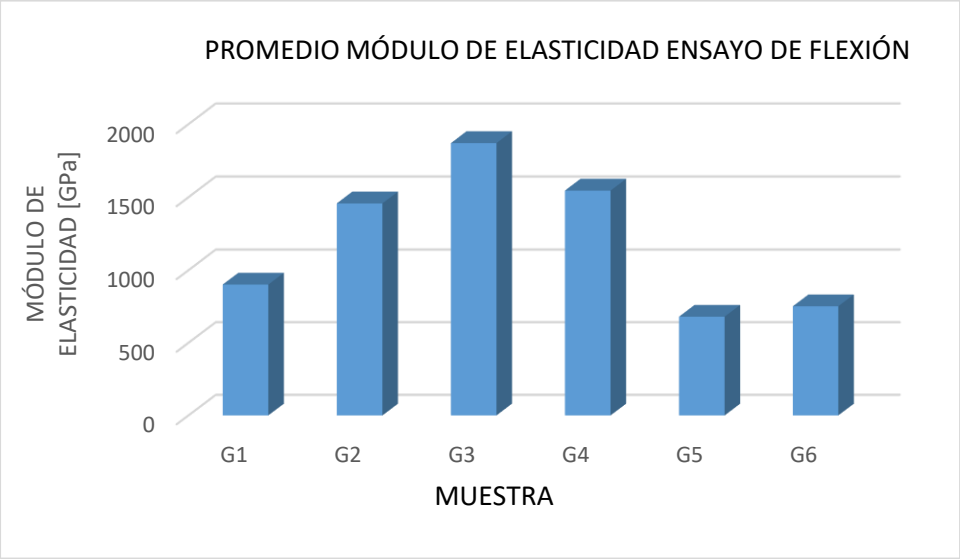


Figura 37. Análisis del promedio del módulo de elasticidad ensayo de flexión.

Por tanto, en la figura 37 se tiene el promedio de módulo de la hostilidad del ensayo a flexión:

El primer resultado un módulo de elasticidad de 901.24 GPA, en el grupo dos hubo un módulo de elasticidad de 1457.54 GPA, en cambio en el grupo 3 adquirió un esfuerzo máximo de 1870.4 GPa consiguiente el grupo número cuatro obtuvo la 1545,28 GPa seguidamente el grupo 5 con 679.98 GPa para finalmente el promedio del grupo 6 fue la valoración mínima del esfuerzo máximo el cual solo llegó a obtener 751.28 GPa.

Concluyendo así que el grupo 3 (70%matriz- 30% refuerzo-configuración longitudinal corta) adquirió los mejores resultados de esfuerzo máximo con 1870.4 GPa.

3.1.8. Ensayo de impacto

Para la elaboración del ensayo de impacto se ocupa la maquinaria de impacto por caída de dardo como se visualiza en la siguiente figura, además este es realizado bajo la normativa ASTM 5628-10 como se muestra en la figura 38.



Figura 38. Máquina por caída de dardo para la elaboración del ensayo de impacto

3.1.9. Recolección de datos ensayo de impacto norma ASTM D5628-10.

A continuación se a realizado la recolección de datos para el ensayo de impacto,el mismo que fué realizado en los laboratorios de ingeniería civil y mecánica pertenecientes a la universidad técnica de Ambato.

Son 6 grupos de probetas constan 5 muestras en cada uno, para la elaboración del mismo se tomó el uso de la normativa ASTM D5628-10 de impacto en los que se recolectó los datos de los grupos 6040 configuración randómica, 7030 configuración randómica, 8020 configuración randómica, 6040 configuración longitudinal corta, 7030 configuración longitudinal corta y 8020 longitudinal corta como se muestra en las siguientes tablas.

Tabla 69. Recolección de datos primer grupo impacto norma ASTM D5628-10.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Centro de Transferencia y Tecnología

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS:

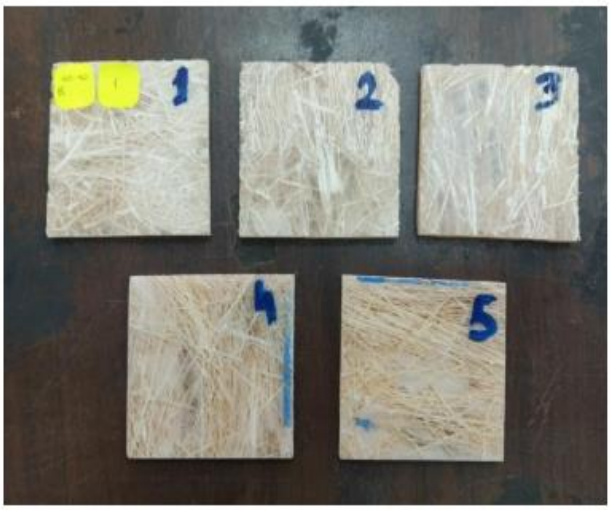
Fecha:	31/05/2024	**Ciudad:**	Ambato
Lugar:	Laboratorios de Materiales		**Campus Huachi**
Equipo:	Máquina tipo caída de masas de Impacto		
Realizado por: Ing. Christian Pérez		**Supervisado por:** Ing. Sebastián Villegas S.	
Tipo de material:	Material Compuesto Resina con Fibra de caña		
Composición	Material bio-compuesto de fibra de caña y resina epoxi		

PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de Medición:	Energía Media de impacto (J)	**Norma:**	ASTM D5628-10
Dimensiones (mm):	58mm x 58mm	**N⁰ de probetas:**	5

CODIFICACIÓN	Ancho (mm)	Largo(mm)	Espesor (mm)	Masa aplicada (kg)	Incremento de masa (kg)	Altura media de fallo (mm)	Energía media de fallo(J)	Criterio de falla
6040 R1	58	58	5	0,232	0,176	300	1,1995	Falla
6040 R2	58	58	5	0,232	0,176	100	0,3998	Falla
6040 R3	58	58	5	0,232	0,176	200	0,7996	Falla
6040 R4	58	58	5	0,232	0,176	50	0,1999	No falla
6040 R5	58	58	5	0,232	0,176	400	1,5993	Falla

Probetas antes del ensayo



Probetas luego del ensayo

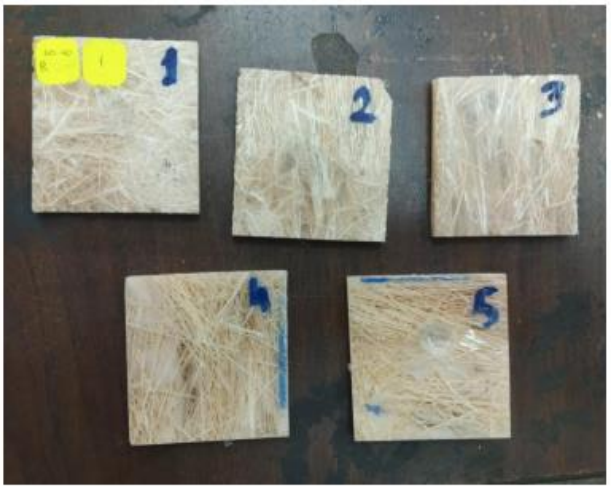


Tabla 70. Recolección de datos segundo grupo impacto norma ASTM D5628-10.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Centro de Transferencia y Tecnología

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS:

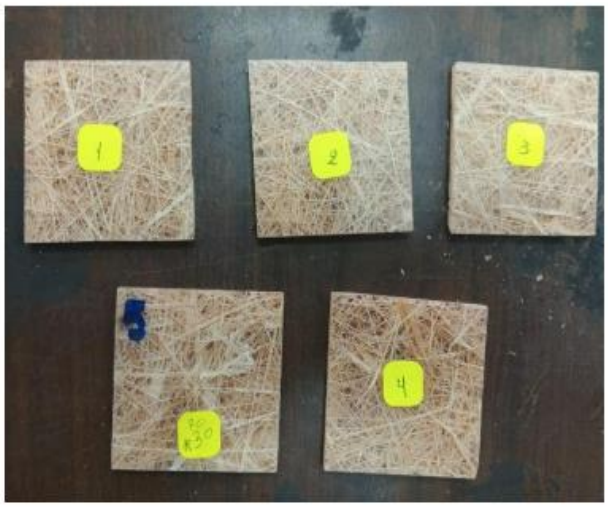
Fecha:	31/05/2024	**Ciudad:**	Ambato
Lugar:	Laboratorios de Materiales		**Campus Huachi**
Equipo:	Máquina tipo caída de masas de Impacto		
Realizado por: Ing. Christian Pérez		**Supervisado por:** Ing. Sebastián Villegas S.	
Tipo de material:	Material Compuesto Resina con Fibra de caña		
Composición	Material bio-compuesto de fibra de caña y resina epoxi		

PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de Medición:	Energía Media de impacto (J)	**Norma:**	ASTM D5628-10
Dimensiones (mm):	58mm x 58mm	**N⁰ de probetas:**	5

CODIFICACIÓN	Ancho (mm)	Largo(mm)	Espesor (mm)	Masa aplicada (kg)	Incremento de masa (kg)	Altura media de fallo (mm)	Energía media de fallo (J)	Criterio de falla
7030 R1	58	58	5	0,232	0,176	50	0,1999	No falla
7030 R2	58	58	5	0,232	0,176	100	0,3998	No falla
7030 R3	58	58	5	0,232	0,176	150	0,5997	No falla
7030 R4	58	58	5	0,232	0,176	200	0,7996	Falla
7030 R5	58	58	5	0,232	0,176	300	1,1995	Falla

Probetas antes del ensayo



Probetas luego del ensayo

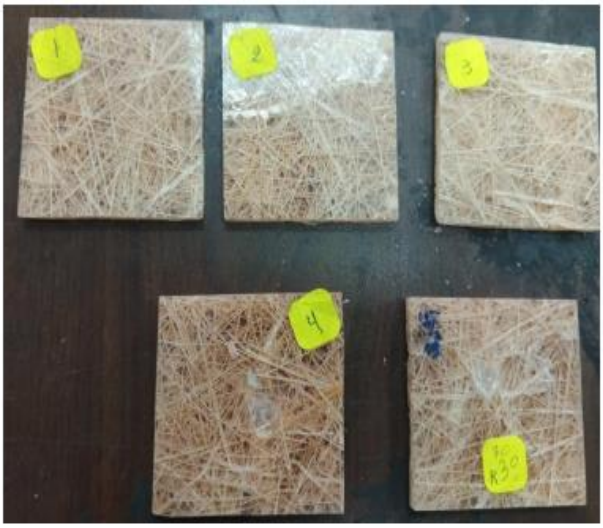


Tabla 71. Recolección de datos tercer grupo impacto norma ASTM D5628-10.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Centro de Transferencia y Tecnología

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS:

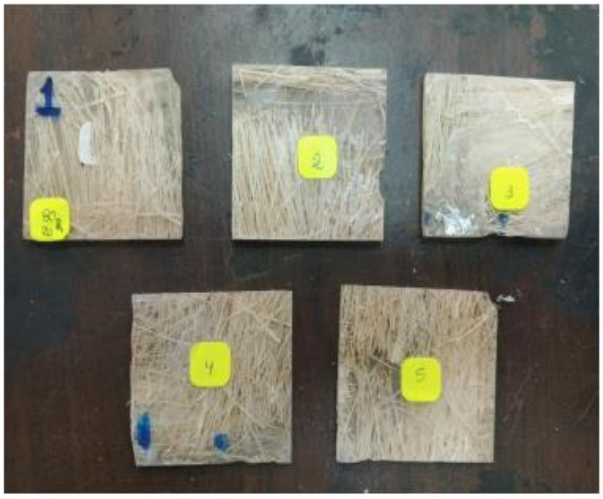
Fecha:	31/05/2024	**Ciudad:**	Ambato
Lugar:	Laboratorios de Materiales		**Campus Huachi**
Equipo:	Máquina tipo caída de masas de Impacto		
Realizado por: Ing. Christian Pérez		**Supervisado por:** Ing. Sebastián Villegas S.	
Tipo de material:	Material Compuesto Resina con Fibra de caña		
Composición	Material bio-compuesto de fibra de caña y resina epoxi		

PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de Medición:	Energía Media de impacto (J)	**Norma:**	ASTM D5628-10
Dimensiones (mm):	58mm x 58mm	**N⁰ de probetas:**	5

CODIFICACIÓN	Ancho (mm)	Largo(mm)	Espesor (mm)	Masa aplicada (kg)	Incremento de masa (kg)	Altura media de fallo (mm)	Energía media de fallo (J)	Criterio de falla
8020 R1	58	58	5	0,232	0,176	50	0,1999	No falla
8020 R2	58	58	5	0,232	0,176	100	0,3998	No falla
8020 R3	58	58	5	0,232	0,176	150	0,5997	No falla
8020 R4	58	58	5	0,232	0,176	200	0,7996	Falla
8020 R5	58	58	5	0,232	0,176	300	1,1995	Falla

Probetas antes del ensayo



Probetas luego del ensayo



Tabla 72. Recolección de datos cuarto grupo impacto norma ASTM D5628-10.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Centro de Transferencia y Tecnología

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS:

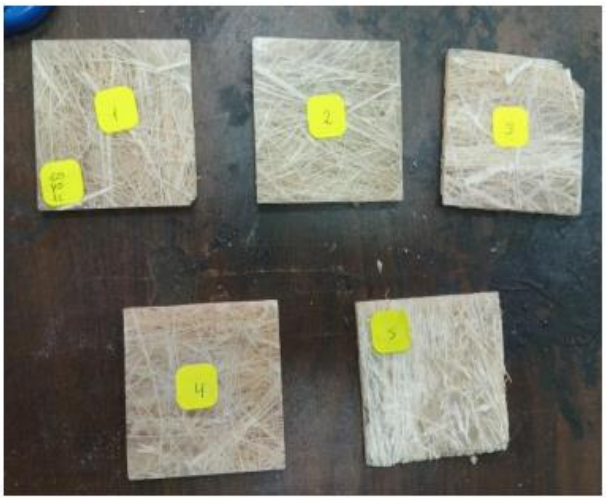
Fecha:	31/05/2024	**Ciudad:**	Ambato
Lugar:	Laboratorios de Materiales		**Campus Huachi**
Equipo:	Máquina tipo caída de masas de Impacto		
Realizado por: Ing. Christian Pérez		**Supervisado por:** Ing. Sebastián Villegas S.	
Tipo de material:	Material Compuesto Resina con Fibra de caña		
Composición	Material bio-compuesto de fibra de caña y resina epoxi		

PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de Medición:	Energía Media de impacto (J)	**Norma:**	ASTM D5628-10
Dimensiones (mm):	58mm x 58mm	**N⁰ de probetas:**	5

CODIFICACIÓN	Ancho (mm)	Largo(mm)	Espesor (mm)	Masa aplicada (kg)	Incremento de masa (kg)	Altura media de fallo (mm)	Energía media de fallo (J)	Criterio de falla
6040 LC1	58	58	5	0,232	0,176	50	0,1999	No falla
6040 LC2	58	58	5	0,232	0,176	100	0,3998	No falla
6040 LC3	58	58	5	0,232	0,176	150	0,5997	Falla
6040 LC4	58	58	5	0,232	0,176	200	0,7996	Falla
6040 LC5	58	58	5	0,232	0,176	300	1,1995	Falla

Probetas antes del ensayo



Probetas luego del ensayo

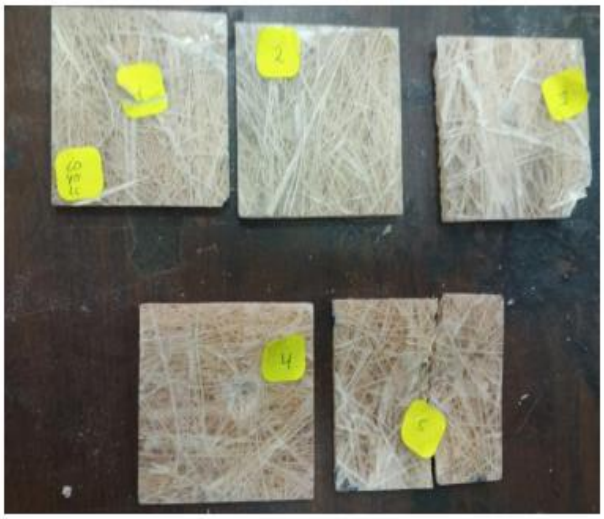


Tabla 73. Recolección de datos quinto grupo impacto norma ASTM D5628-10.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Centro de Transferencia y Tecnología

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS:

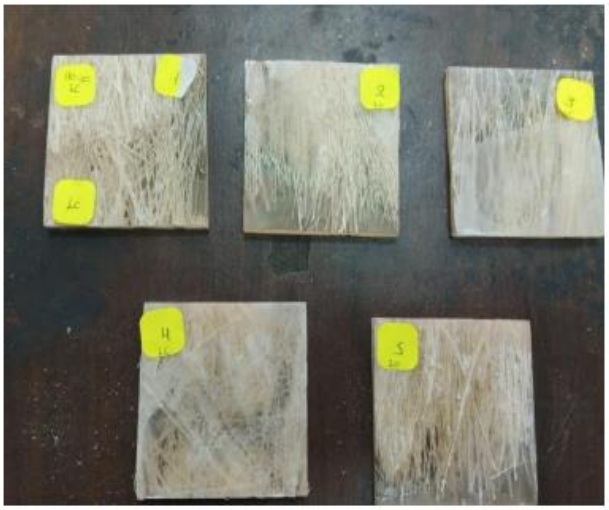
Fecha:	31/05/2024	**Ciudad:**	Ambato
Lugar:	Laboratorios de Materiales		**Campus Huachi**
Equipo:	Máquina tipo caída de masas de Impacto		
Realizado por: Ing. Christian Pérez		**Supervisado por:** Ing. Sebastián Villegas S.	
Tipo de material:	Material Compuesto Resina con Fibra de caña		
Composición	Material bio-compuesto de fibra de caña y resina epoxi		

PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de Medición:	Energía Media de impacto (J)	**Norma:**	ASTM D5628-10
Dimensiones (mm):	58mm x 58mm	**N⁰ de probetas:**	5

CODIFICACIÓN	Ancho (mm)	Largo(mm)	Espesor (mm)	Masa aplicada (kg)	Incremento de masa (kg)	Altura media de fallo (mm)	Energía media de fallo (J)	Criterio de falla
7030 LC1	58	58	5	0,232	0,176	50	0,1999	No falla
7030 LC2	58	58	5	0,232	0,176	100	0,3998	No falla
7030 LC3	58	58	5	0,232	0,176	150	0,5997	Falla
7030 LC4	58	58	5	0,232	0,176	200	0,7996	Falla
7030 LC5	58	58	5	0,232	0,176	300	1,1995	Falla

Probetas antes del ensayo



Probetas luego del ensayo

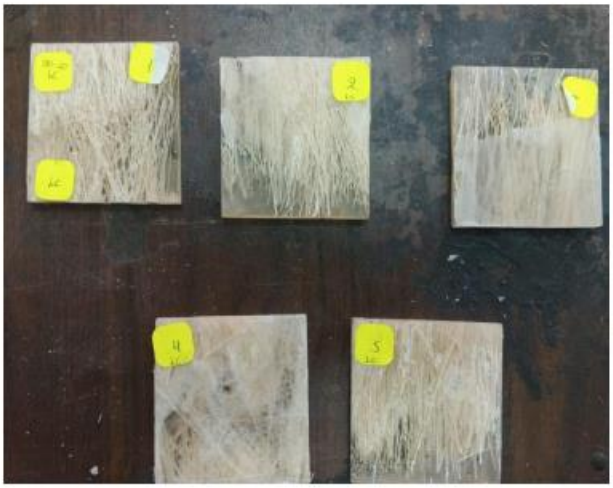


Tabla 74. Recolección de datos sexto grupo impacto norma ASTM D5628-10.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

Centro de Transferencia y Tecnología

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS INFORMATIVOS:

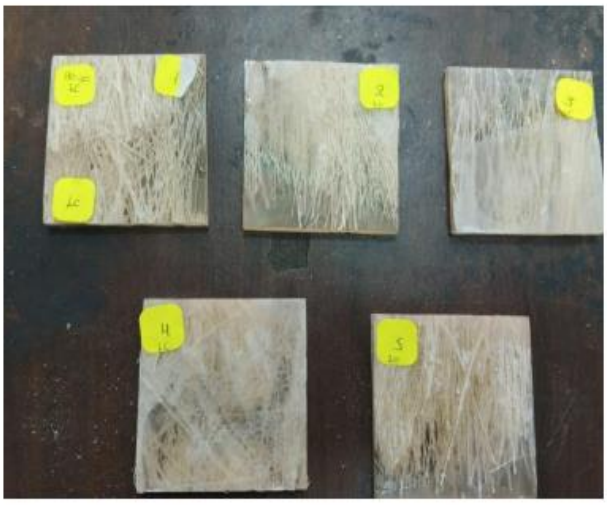
Fecha:	31/05/2024	**Ciudad:**	Ambato
Lugar:	Laboratorios de Materiales		**Campus Huachi**
Equipo:	Máquina tipo caída de masas de Impacto		
Realizado por: Ing. Christian Pérez		**Supervisado por:** Ing. Sebastián Villegas S.	
Tipo de material:	Material Compuesto Resina con Fibra de caña		
Composición	Material bio-compuesto de fibra de caña y resina epoxi		

PARÁMETROS DE ENSAYO

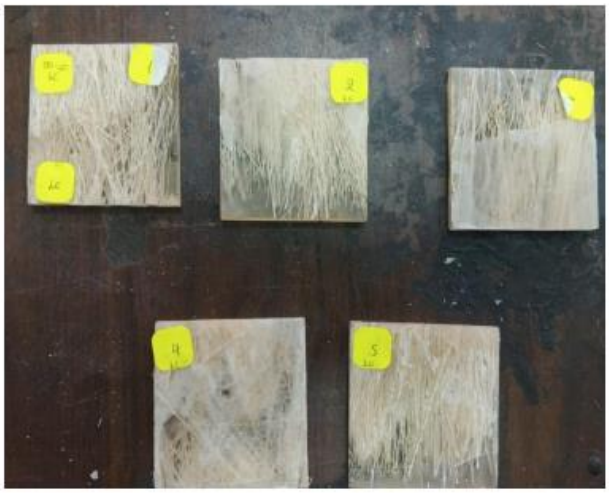
Tipo de Medición:	Energía Media de impacto (J)	**Norma:**	ASTM D5628-10
Dimensiones (mm):	58mm x 58mm	**N⁰ de probetas:**	5

CODIFICACIÓN	Ancho (mm)	Largo(mm)	Espesor (mm)	Masa aplicada (kg)	Incremento de masa (kg)	Altura media de fallo (mm)	Energía media de fallo (J)	Criterio de falla
8020 LC1	58	58	5	0,232	0,176	50	0,1999	No falla
8020 LC2	58	58	5	0,232	0,176	100	0,3998	No falla
8020 LC3	58	58	5	0,232	0,176	150	0,5997	Falla
8020 LC4	58	58	5	0,232	0,176	200	0,7996	Falla
8020 LC5	58	58	5	0,232	0,176	300	1,1995	Falla

Probetas antes del ensayo



Probetas luego del ensayo



3.1.10. Ensayo de impacto 60% Fibra - 40% configuración Randómica

En la siguiente tabla mostrada a continuación se visualiza los ensayos de impacto realizados en un 60% de matriz con un 40% de refuerzo en configuración randómica **Tabla 75.**

Tabla 75. Ensayo de impacto 60% Fibra - 40% Refuerzo configuración Randómica.

Ensayo de impacto			
60%Fibra - 40% Refuerzo configuración Randómica			
Altura de ensayo (cm)		Dimensión de Falla (cm)	Criterio Falla
1	5	-	No Falla
2	10	1.5	Falla
3	20	1.4	Falla
4	30	0.9	Falla
5	40	1.1	Falla

Interpretación gráfica

En este grupo de probetas realizadas la primera muestra que a una altura de 5 cm no existió ningún tipo de fallo, se puede observar en la gráfica que a partir de la segunda probeta a una altura de 10 cm ya existió falla con una dimensión de 1.5 cm, a los 20 cm de alto se obtuvo una falla con un dimensionamiento de 1.4 cm, en los 30 cm. Finalmente, en la última probeta tuvo un fallo de 1.1 cm como se muestra en la subsiguiente figura 39.

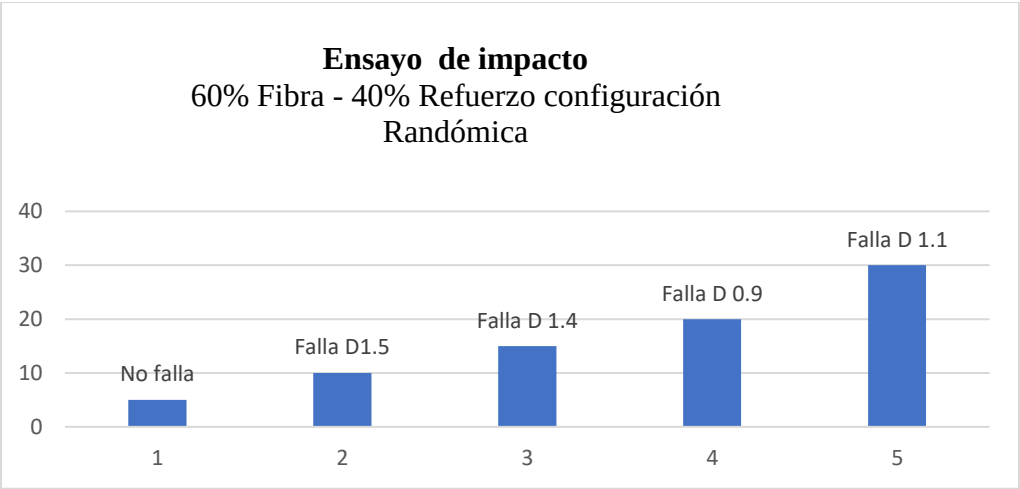


Figura 39. Ensayo de Impacto 60% Fibra - 40% Refuerzo configuración Randómica

3.1.11. Ensayo de impacto 60% Fibra -40% Longitudinal Corta

En la **Tabla 76,** a continuación, se visualiza los ensayos de impacto elaborados en un 60% de matriz con un 40% de refuerzo con configuración longitudinal corta**.**

Tabla 76. Ensayo de impacto 60% Fibra -40% Refuerzo configuración Longitudinal Corta.

Ensayo de impacto			
60% Fibra -40% Refuerzo configuración Longitudinal Corta			
Altura de ensayo (cm)		Dimensión de Falla (cm)	Criterio Falla
1	5	-	No Falla
2	10	-	No Falla
3	15	1.5	Falla
4	20	1.2	Falla
5	30	2.3	Falla

Interpretación gráfica

En el conjunto de muestras realizadas 60% Fibra - 40% Refuerzo configuración

Longitudinal Corta consta que el primer y segundo ensayo a una altura de 5 cm y 10 cm no ya existió falla alguna, a partir de la tercera probeta de 15 cm ya hubo fallo con una dimensión de 1.5

cm, a los 20 cm de alto se obtuvo una falla con un dimensionamiento de 1.2 cm y en los 30 cm hubo un dimensionamiento de fallo de 2.3 cm como se muestra en la figura 40.

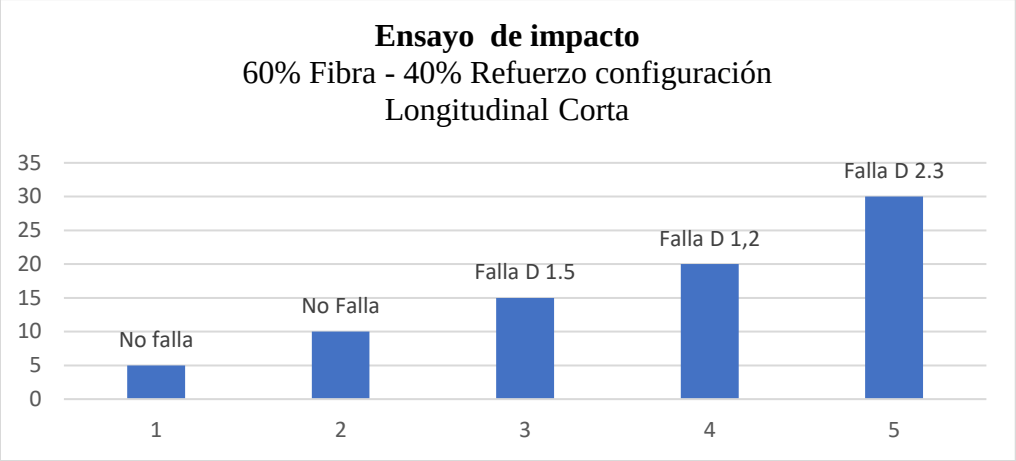


Figura 40 Ensayo de Impacto 60% Fibra - 40% Refuerzo configuración fibra longitudinal corta.

3.1.12. Ensayo de impacto 70%Fibra - 30% configuración Randómica

En la siguiente **Tabla 77,** mostrada a continuación se visualiza los ensayos de impacto realizados en un 70% de matriz con un 30% de refuerzo en configuración randómica.

Tabla 77. Ensayo de impacto 70%Fibra - 30% Refuerzo configuración Randómica.

Ensayo de impacto			
70%Fibra - 30% Refuerzo configuración Randómica			
Altura de ensayo (cm)		Dimensión de Falla(cm)	Criterio Falla
1	5	-	No Falla
2	10	-	No Falla
3	15	-	No Falla
4	20	0.8	Falla
5	30	0.9	Falla

Interpretación gráfica

En la figura 41 relata sobre el ensayo de impacto 70% Fibra -30 % Refuerzo con configuración randómica se obtuvo uno de los mejores resultados realizados en el ensayo pues este desde la

primera a tercera probeta no hubo fallos. A partir del ensayo 4 hubo un dimensionamiento de fallo de 0.8 cm a una altura de 20 cm y un fallo de 0.9 cm en un alto de 30 cm.

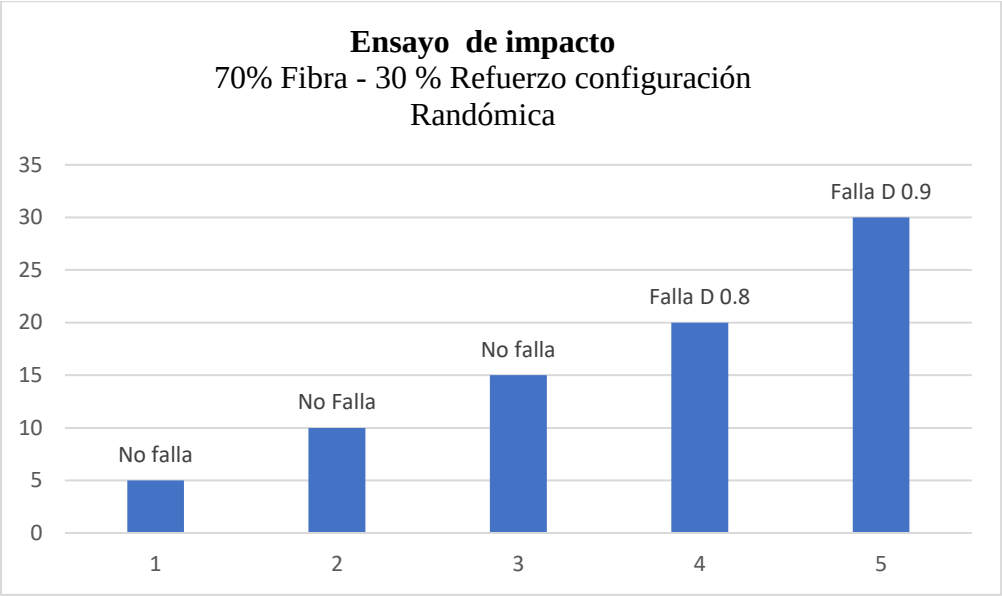


Figura 41. Ensayo de impacto 70% Fibra - 30 % Refuerzo configuración randómica.

Ensayo de impacto 70%Fibra - 30 % Refuerzo configuración longitudinal corta

En la siguiente tabla 78 mostrada a continuación se visualiza los ensayos de impacto realizados en un 70% de matriz con un 30% de refuerzo en y longitudinal corta.

Tabla 78. Ensayo de impacto 70%Fibra - 30 % Refuerzo configuración longitudinal corta.

Ensayo de impacto			
70%Fibra -30% Refuerzo configuración Longitudinal corta			
Altura de ensayo (cm)		Dimensión de Falla (cm)	Criterio Falla
1	5	-	No Falla
2	10	-	No Falla
3	15	1.5	Falla
4	20	2.1	Falla
5	30	0.8	Falla

Interpretación gráfica

Según la figura 42 se tiene que este grupo de muestras arrojó que en las dos primeras probetas de 5 y 10 cm de altura no hubo falla a partir de la tercera probeta de 15 cm de alto hubo una fisura de falla de 1.5cm, a los 20 cm la dimensión de falla varios a 2.1 y finalmente en la última muestra de 30 cm la dimensión de la falla fue 0.8 cm.

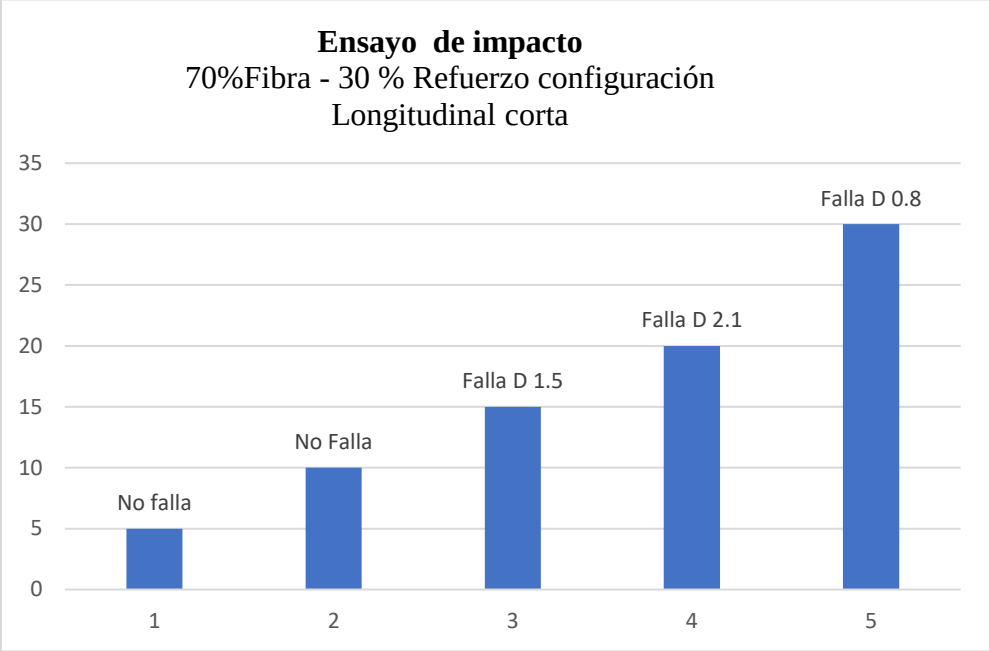


Figura 42. Ensayo de impacto 70%Fibra - 30 % Refuerzo configuración longitudinal corta

3.1.13. Ensayo de impacto 80% Fibra -20% configuración randómica

En la **Tabla 79,** expuesta a continuación se representa los ensayos de impacto perpetrados en un 80% de matriz con un 20% de refuerzo en configuración randómica.

Tabla 79. Ensayo de impacto 80% Fibra -20% Refuerzo configuración randómica.

Ensayo de impacto			
80%Fibra -20% Refuerzo configuración Randómica			
Altura de ensayo (cm)		Dimensión de Falla (cm)	Criterio Falla
1	5	-	No Falla
2	10	-	No Falla
3	15	-	No Falla
4	20	1.4	Falla
5	30	2.3	Falla

Interpretación gráfica

En este análisis de datos también se obtuvo que el uso del 80% de matriz polimérica y el 20 % de la fibra del bagazo de caña de azúcar mostró buenos resultados puesto que las tres primeras probetas que oscilan entre los 5 y 15 cm no perpetró fallas, estás se observaron en la cuarta muestra que iba de 20 cm de altura se tuvo una fisura falla de 1.4 cm y a los 30 cm de alto un dimensionamiento de falla de 2.3 cm.

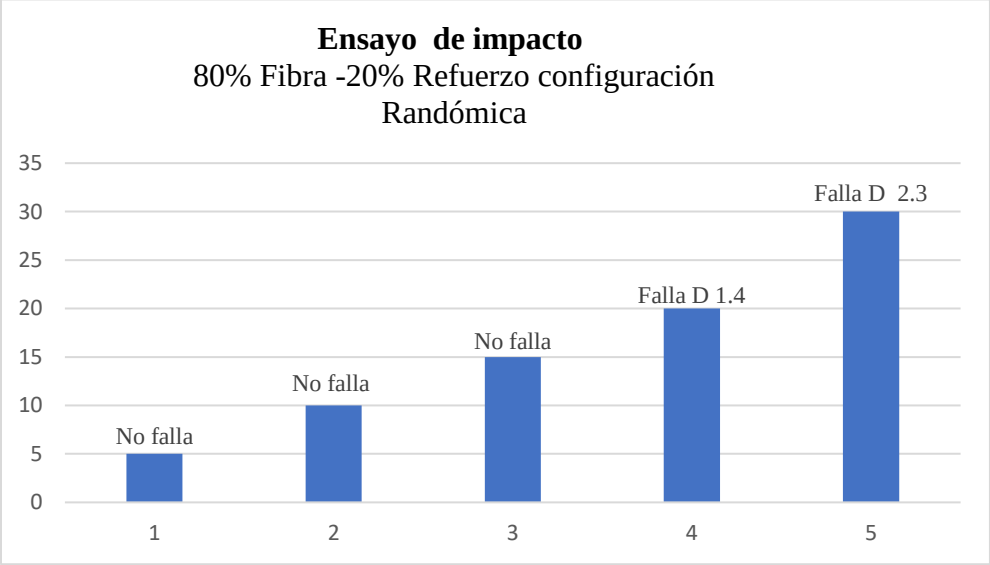


Figura 43. Ensayo de impacto 80% Fibra -20% Refuerzo configuración randómica.

3.1.14. Ensayo de impacto 80%Fibra -20% Longitudinal Corta

En la siguiente **Tabla 80,** ensayo de impacto realizados en un 80% de matriz con un 20% de refuerzo en y longitudinal corta.

Tabla 80. Ensayo de impacto 80%Fibra -20% Refuerzo configuración Longitudinal Corta.

Ensayo de impacto			
80%Fibra -20% Refuerzo configuración Longitudinal Corta			
Altura de ensayo (cm)		Dimensión de Falla (cm)	Criterio Falla
1	5	-	No Falla

2	10	-	No Falla
3	15	3.4	Falla
4	20	3.3	Falla
5	30	2.8	Falla

Interpretación gráfica

En la **Figura 44,** grupo de muestras proyectó que en las dos primeras probetas de 5 y 10 cm de altura no hubo falla a partir de la tercera probeta de 15 cm de alto hubo una fisura de falla de 3.4 cm, a los 20 cm la dimensión de falla varios a 3.3 cm y finalmente en la última muestra de 30 cm la dimensión de la falla fue 2.8 cm.

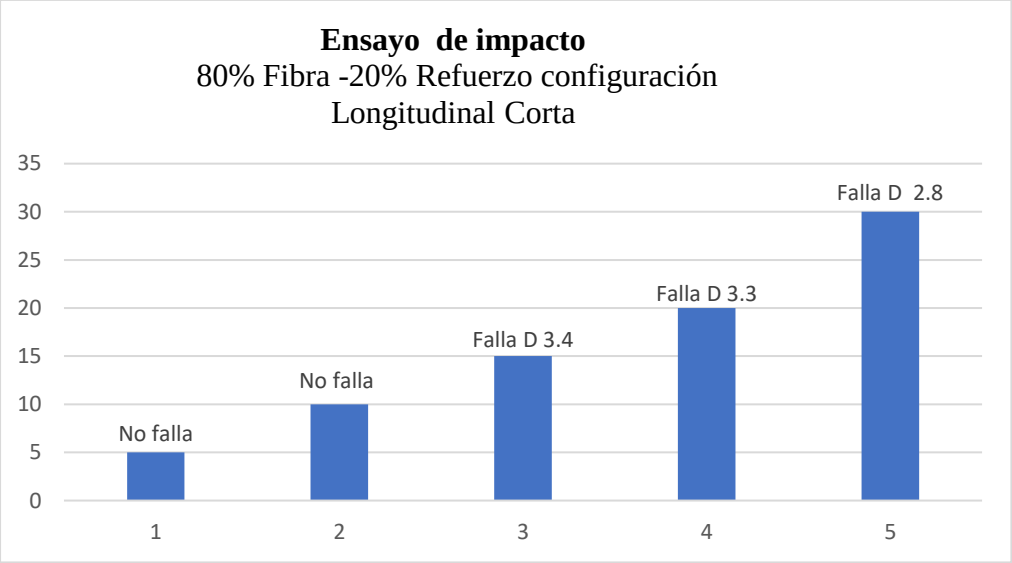


Figura 44 Ensayo 80% Fibra -20% Refuerzo configuración longitudinal corta.

3.1.15. Fallos perpetrados en el ensayo de impacto

En la siguiente **Tabla 81,** fallos perpetrados y se lo elabora siguiendo la normalización ASTM D5628-10

Tabla 81. Fallos perpetrados en el ensayo de impacto.

Fallos perpetrados en el ensayo de impacto

Clase A	Esta clase de fallo presentó hendiduras leves en la parte superficial.
Clase B	Hendiduras penetrantes absolutas en el grosor.
Clase C	Fisura total en la muestra es troceada en algunas partes.
Clase D	En la última clase presentó un fallo de ductilidad.

Energía media de fallo

En la **Tabla 82,** energía media de fallo de los 6 grupos ensayados a impacto por lo que se obtuvo los siguientes resultados

Energía media de fallo (J)					
6040R	7030R	8020R	6040LC	7030LC	8020LC
1	2	3	4	5	6
1,1995	0,1999	0,1999	0,1999	0,1999	0,1999
0,3998	0,3998	0,3998	0,3998	0,3998	0,3998
0,7996	0,5997	0,5997	0,5997	0,5997	0,5997
0,1999	0,7996	0,7996	0,7996	0,7996	0,7996
1,5993	1,1995	1,1995	1,1995	1,1995	1,1995

3.1.16. Promedio energía media de fallo

En la **Tabla 83,** promedio energía media de fallo con los resultados promedios de los 6 grupos.

Tabla 82. Promedio energía media de fallo.

PROMEDIO ENERGÍA MEDIA DE FALLO (J)

GRUPOS	G1	G2	G3	G4	G5	G6
ENERGÍA MEDIA DE FALLO (J)	0,83962	0,6397	0,6397	0,6397	0,6397	0,6397

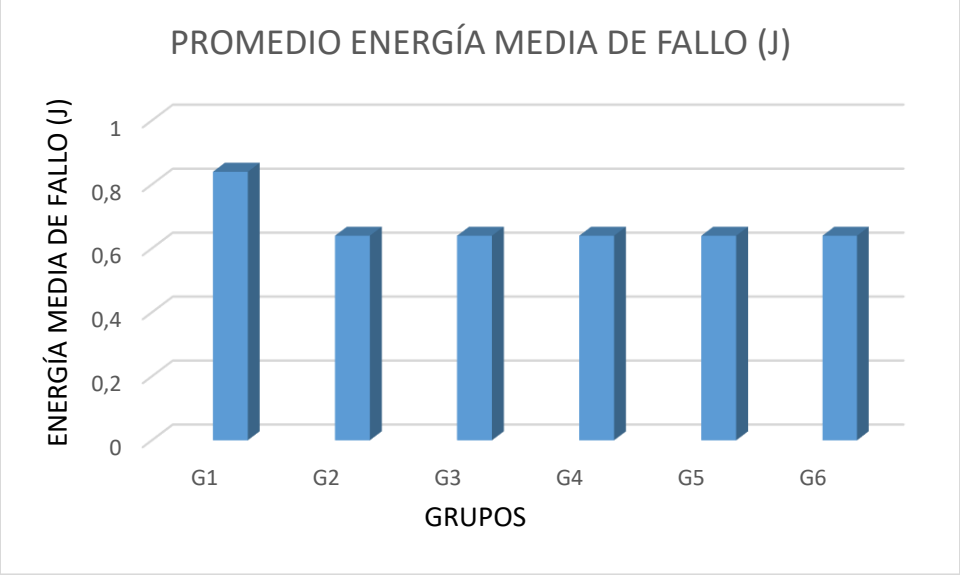


Figura 45. análisis del promedio energía media de fallo (J)

El análisis promedio de energía de fallo media mostrada en la figura 45 arrojó que el primer grupo 6040 randómica obtuvo la mayor energía media de fallo con un promedio de 0,8396 (J).

Por tanto, los grupos 7030 randómica, 8020 randómica, 6040 longitudinal corta, 7030 longitudinal corta, 8020 longitudinal obtuvieron un mismo resultado El cual fue de 0,6397 Julios o Joules (J).

3.1.17. Análisis comparativo del esfuerzo máximo de tracción y flexión

En la **Tabla 84,** análisis comparativo de los promedios de los grupos atracción y flexión con el fin de comparar el esfuerzo máximo de los mismos.

Tabla 83. Análisis comparativo del esfuerzo máximo del promedio de los grupos tracción y flexión.

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PROMEDIO DE LOS GRUPOS TRACCIÓN Y FLEXIÓN			
CONFIGURACIÓN	**PROMEDIO DE LOS GRUPOS**	**TRACCIÓN**	**FLEXIÓN**
		ESFUERZO MÁXIMO [MPa]	**ESFUERZO MÁXIMO [MPa]**
80-20-LC	G1	8	15,06
80-20-R	G2	5,25	22,15
70-30-LC	G3	6,75	18,88
70-30-R	G4	5	15,06
60-40-LC	G5	5	15,48
60-40-R	G6	6,6	10,71

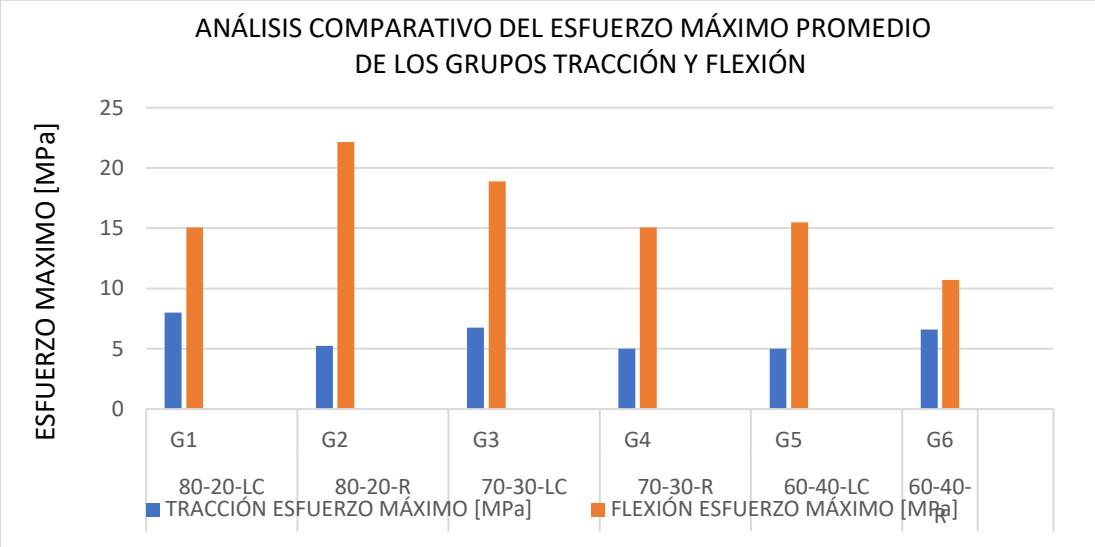


Figura 46. Análisis comparativo del esfuerzo máximo del promedio de tracción y flexión.

En la siguiente **Figura 46,** análisis comparativo muestra que el 80-20 configuración randómica del ensayo a flexión posee un mayor esfuerzo máximo con 22.15 MPa.

3.1.18. Análisis del módulo de elasticidad de tracción y flexión

En la **Tabla 85,** análisis comparativo del módulo de elasticidad del promedio de los grupos tracción y flexión.

Tabla 84. Análisis comparativo del módulo de elasticidad de tracción y flexión

ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PROMEDIO DE LOS GRUPOS TRACCIÓN Y FLEXIÓN			
CONFIGURACIÓN	**PROMEDIO DE LOS GRUPOS**	**TRACCIÓN**	**FLEXIÓN**
		MÓDULO DE ELASTICIDAD [GPa]	MÓDULO DE ELASTICIDAD [GPa]
80-20-LC	G1	848	901,24
80-20-R	G2	332,5	1457,54
70-30-LC	G3	1435	1870,4
70-30-R	G4	260	1545,28
60-40-LC	G5	236	679,98
60-40-R	G6	1242	751,8

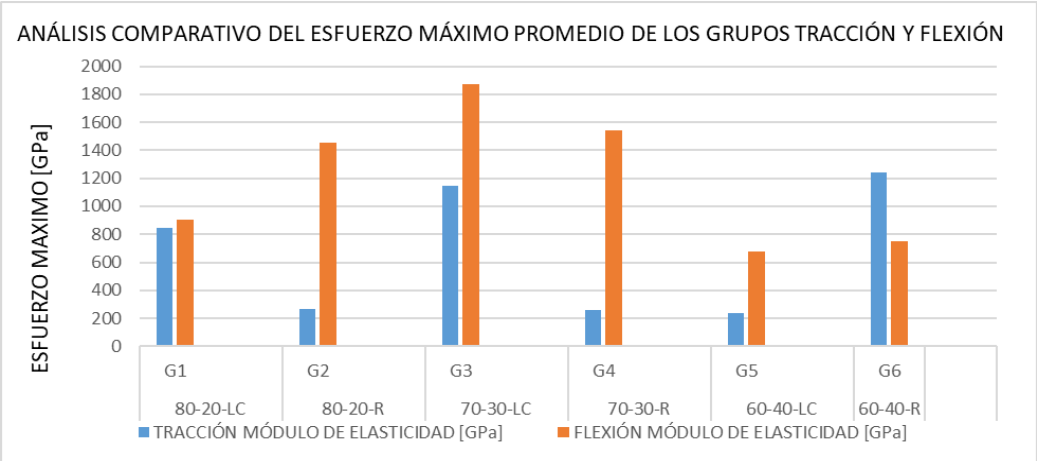


Figura 47. Análisis comparativo del módulo de elasticidad del promedio de tracción y flexión.

En la siguiente **Figura 47,** análisis comparativo muestra que el 70-30 configuración longitudinal corta posee mejores propiedades.

3.2. Verificación de Hipótesis

3.2.1. Verificación de Hipótesis ensayo a tracción

Consiguiente se verificará la hipótesis en lo cual se realizará una breve comparación de los promedios de los 6 grupos y se comprobará cuál es el mayor tanto para el ensayo de tracción como el de flexión.

3.2.2. Consumación de hipotéticos

3.2.2.1. Verificación de la hipótesis para el ensayo a tracción.

Para la verificación de la hipótesis se ha trabajado con el grupo 1 y grupo 3 con la fibra longitudinal corta con 80% refuerzo y 20% matriz y 70% refuerzo y 30% matriz.

3.2.2.2. Hipótesis nula

Generalmente viene representado por la variable (Ho). En la que nos relata que no habrá diferenciación estadística relevante en el esfuerzo máximo dado en el ensayo de tracción con fibra longitudinal corta como se muestra en la siguiente tabla 85.

3.2.2.3. Hipótesis alternativa

Está dada por la variable (Ha), al contrario de la hipótesis nula en esta hipótesis alternativa existirá diferenciación estadística relevante. En la **Tabla 85.** Media aritmética y desviación estándar ensayo de tracción.

Tabla 86. Media aritmética y desviación estándar ensayo de tracción.

MUESTRAS	ENSAYO DE TRACCIÓN	
	LC	R
	G3 (X)	G6 (Y)
1	4	8
2	10	5
3	3	8
4	10	7
5	--	5
	6,75	6,6

MEDIA ARITMÉTICA		
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	3,77	1,516575089

Siendo que:

La variable **X** son las probetas ensayadas del grupo número 1.

La variable **Y** son las probetas ensayadas del grupo número 3.

Para el análisis del cálculo de la desviación estándar se utilizó la siguiente ecuación 6.

$$S_x = \sqrt{\frac{(\sum_{i=1}^{n} x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}} \qquad \text{Ec. [6]}$$

Teniendo en cuenta que:

$S_x =$ Es la desviación estándar de la variable X

$n =$ Es el tamaño de muestra de la variable X

$$\therefore \boldsymbol{S_x} = 3{,}77$$

Para la realización del cálculo de la desviación estándar de la variable y es se utiliza la siguiente ecuación 7:

$$S_y = \sqrt{\frac{(\sum_{i=1}^{n} y_i - \bar{y})^2}{(m-1)}} \qquad \text{Ec. [7]}$$

Teniendo en cuenta que:

$S_y =$ Es la desviación estándar de la variable Y

$m =$ Es el tamaño de muestra de la variable Y

$$\therefore \boldsymbol{S_y} = 1{,}51$$

Para el cálculo de la valoración estadística se utiliza la distribución T student con la siguiente ecuación 8:

En los que:

t_c =Es la valoración estadística calculada

$\bar{X}$ =Media aritmética de la variable X

$\bar{Y}$ =Media aritmética de la variable Y

$$t_c = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{\frac{(n-1)S_x^2 + (m-1)S_y^2}{n+m-2} * \left(\frac{1}{n} + \frac{1}{m}\right)}} \qquad \text{Ec. [8]}$$

$$t_c = \frac{5.4 - 6.6}{\sqrt{\frac{(5-1)(3.77)^2 + (5-1)(1.51)^2}{5+5-2} * \left(\frac{1}{5} + \frac{1}{5}\right)}}$$

$$\therefore \boldsymbol{t_c = -0.66}$$

El parámetro de decisión para la hipótesis nula Ho se acepta si cumple la ecuación 9.

$$\boldsymbol{t_c < t_a} \qquad \text{Ec. [9]}$$

En dónde:

$\boldsymbol{t_a}$ =es la valoración crítica la cual es obtenida a través de la tabla t student que se visualiza en la figura

3.2.2.4. Grados de libertad

Para el calcular los grados de la libertad se utiliza la siguiente ecuación 10:

$$gl = n + m - 2 \qquad \text{Ec. [10]}$$

En dónde se sitúa que:

$$gl = \text{Grados de libertad}$$

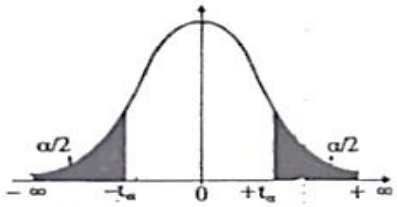
$$gl = 5 + 5 - 2$$

$$\therefore gl = 8$$

Se tiene que tenemos un margen de error de $insertar\ ecuación \propto = 0.05$

En la siguiente figura 48 se muestra la distribución t de Student.

Distribución t de Student



gl \ α	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.001
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	636.619
2	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	31.598
3	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	12.929
4	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	8.610
5	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	6.869
6	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.959
7	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	5.408
8	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	5.041
9	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.781
10	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.587

Figura 48. distribución t de Student.

$$\therefore \boldsymbol{t_a = 2.306}$$

El parámetro de decisión para la hipótesis nula Ho:

$$\boldsymbol{t_c < t_a} \qquad \text{Ec. [11]}$$

$$\boldsymbol{-0.57 < 2.306}$$

Por lo tanto, es aceptada la hipótesis nula Ho y es expulsada la hipótesis alternativa.

3.2.3. Verificación de la hipótesis para el ensayo a flexión

Para la verificación de la hipótesis se ha trabajado con el grupo 1 y grupo 3 con la fibra longitudinal corta con 80% refuerzo y 20% matriz y 70% refuerzo y 30% matriz.

3.2.3.1. Hipótesis nula

Generalmente viene representado por la variable (Ho). En la que nos relata que no habrá diferenciación estadística relevante en el esfuerzo máximo dado en el ensayo de tracción con fibra longitudinal corta como se muestra en la siguiente tabla.

3.2.3.2. Hipótesis alternativa

Está dada por la variable (Ha), al contrario de la hipótesis nula en esta hipótesis alternativa existirá diferenciación estadística relevante.

	l	40	800	
	a e	40	80	
		0,5		
	$\delta = densidad$ $m = masa$ $v = volumen$ **60% Fibra-40% Resina** $\delta = densidad = \frac{m}{v}$ $\boldsymbol{\delta = densidad \frac{gr}{cm^3}}$			
	Fibra	Resina		
	0,53	1,2		
	% fibra	0,7	% resina	0,3
	masa fibra (gr)	169,6		

	masa resina (cm3)	480		

Para la realización del mismo se utilizó 5 grados de libertad con la ayuda de un software dando como resultado Los siguientes valores referenciales de la **Tabla 87,** mostrada a continuación:

Tabla 87. Media aritmética y desviación estándar ensayo de flexión.

MUESTRAS	**ENSAYO DE FLEXIÓN**	
	LC	**R**
	G3 (X)	G6 (Y)
1	19,22	12,52
2	13,67	15,49
3	19,9	9,57
4	7,53	13,8
5	14,09	2,21
MEDIA ARITMÉTICA	14,882	10,718
DESVIACIÓN ESTÁNDAR	5,00366566	5,22546362

Siendo que:

La variable **X** son las probetas ensayadas del grupo número 1.

La variable **Y** son las probetas ensayadas del grupo número 3.

Para el análisis del cálculo de la desviación estándar se utilizó la siguiente ecuación 6 situada anteriormente:

$$S_x = \sqrt{\frac{(\sum_{i=1}^{n} x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}}$$

Teniendo en cuenta que:

$S_x =$ Es la desviación estándar de la variable X

$n =$ Es el tamaño de muestra de la variable X

$$\therefore \boldsymbol{S_x} = 5{,}003$$

Para la realización del cálculo de la desviación estándar de la variable y es se utiliza la ecuación 7.

$$S_y = \sqrt{\frac{(\sum_{i=1}^{n} y_i - \bar{y})^2}{(m-1)}}$$

Teniendo en cuenta que:

$S_y =$ Es la desviación estándar de la variable Y

$m =$ Es el tamaño de muestra de la variable Y

$$\therefore \boldsymbol{S_y} = 5{,}2254$$

Para el cálculo de la valoración estadística se utiliza la distribución T student con la siguiente ecuación 8:

En los que:

$t_c =$Es la valoración estadística calculada

$\bar{X} =$Media aritmética de la variable X

$\bar{Y} =$Media aritmética de la variable Y

$$t_c = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{\frac{(n-1)S_x^2 + (m-1)S_y^2}{n+m-2} * \left(\frac{1}{n} + \frac{1}{m}\right)}}$$

$$t_c = \frac{14{,}882 - 10{,}718}{\sqrt{\frac{(5-1)(5{,}003)^2 + (5-1)(5{,}2254)^2}{5+5-2} * \left(\frac{1}{5} + \frac{1}{5}\right)}}$$

$$\therefore t_c = 1.287$$

El parámetro de decisión para la hipótesis nula Ho se acepta si cumple con la ecuación 11:

$$t_c < t_a$$

En dónde:

t_a =es la valoración crítica la cual es obtenida a través de la tabla t student que se visualiza en la figura

3.2.3.3. Grados de libertad

Para el calcular los grados de la libertad se utiliza la ecuación 11.

$$gl = n + m - 2$$

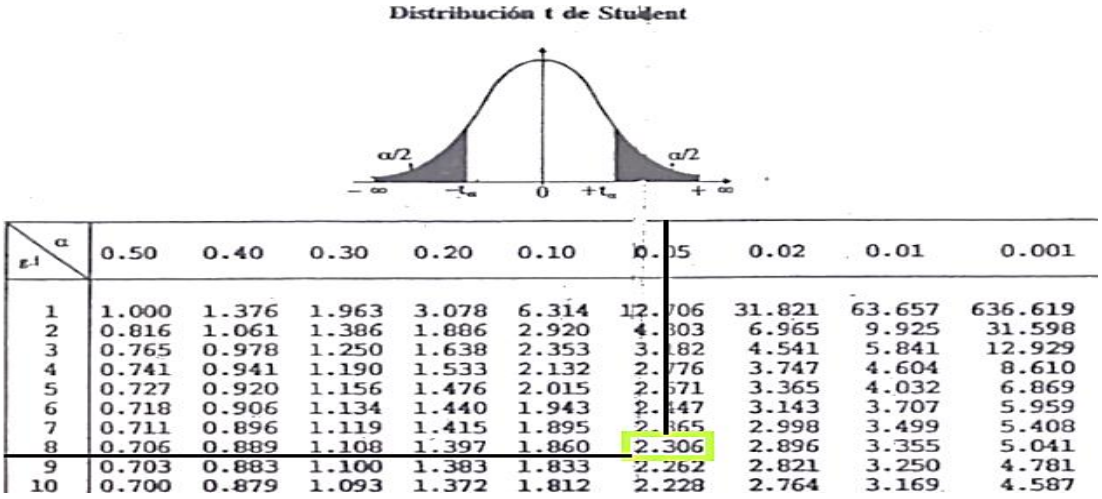
En dónde se sitúa que:

gl =Grados de libertad

$$gl = 5 + 5 - 2$$

$$\therefore gl = 8$$

En la siguiente **Figura 49,** distribución t de Student.



g.l \ α	0.50	0.40	0.30	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.001
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	636.619
2	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	31.598
3	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	12.929
4	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	8.610
5	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	6.869
6	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.959
7	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	5.408
8	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	5.041
9	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.781
10	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.587

Figura 49. distribución t de Student.

El parámetro de decisión para la hipótesis nula Ho:

$$t_c < t_a$$

$$\mathbf{1.287 < 2.306}$$

Por lo tanto, es aceptada la hipótesis nula Ho y es expulsada la hipótesis alternativa.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.3. Conclusiones

- Al momento de incorporar la resina poliéster en la fibra del bagazo de caña de azúcar se notó que no existe buena absorción por parte la misma.

- Al realizar el ensayo de impacto en las respectivas probetas con los diferentes porcentajes de matriz y refuerzo se llegó a la conclusión que en el ensayo de impacto las probetas de configuración randómica del 70% de matriz polimérica reforzada con 30% la fibra del bagazo de caña de azúcar no presentó fallos en las alturas de 5,10 y 15 cm. Así mismo en el ensayo de impacto 80% matriz y 20% refuerzo de configuración randómica no presentó fallas en las alturas de 5, 10 y 15 cm por lo que se notó que estás actúan con mayor resistencia en el ensayo de impacto.

- Para el ensayo de impacto se tuvo que el valor porcentual 6040 configuración randómica consiguió la mayor energía media de fallo con un promedio de 0,8396 (J).

- En el ensayo de flexión se concluye que el grupo 2 (80%matriz- 20% refuerzo-configuración randómica) adquirió los mejores resultados de esfuerzo máximo con 22.15 MPa

- En el ensayo a tracción y flexión el grupo 3 el cual consta del 70% matriz y 30% refuerzo con una configuración longitudinal corta obtuvo el mejor módulo de elasticidad de 1435 GPa y un mínimo módulo de 236 GPa.

- En el ensayo de flexión el grupo 3 el cual está constituido del 70% matriz y 30% refuerzo con una configuración longitudinal corta logró el superior módulo de elasticidad de 1870,4 GPa y valoración mínima de 679.98 GPa.

3.4. Recomendaciones

- Es de suma importancia el uso de los equipos de protección personal o EPP para evitar cualquier lesión o contratiempo debido a la manipulación de químicos extremadamente peligrosos. Así mismo en el momento de la realización de los ensayos es recomendable el uso de guantes, lentes de protección, casco, mandil de ser inherente el uso de botas punta de acero.

- Se recomienda cuando se haya obtenido la resina poliéster se la debe de recopilar en un lugar fresco y cerrado el que no se encuentre expuesto a la luz solar ni temperaturas bajas evitando la durificación de la misma

- Encerar adecuadamente del molde con el fin de evitar la adherencia y poder extraer el compuesto del molde sin ningún contratiempo.

- Tomar en cuenta las mediciones correctas del porcentaje tanto de la matriz polimérica y el refuerzo de la fibra del bagazo de caña de azúcar.

- Es recomendable la intervención inmediata una vez realizada la mezcla entre el catalizador y la resina poliéster debido a que en breves instantes se gelificará.

- Elaborar perpetuamente dos o varias probetas para ejecución de los ensayos debido a que puede surgir inconvenientes o daños ya sea en la incisión de las muestras, al momento de curar las probetas inclusive cuando son adecuadas las muestras para ensayarlas
- El centrado de la maquinaria que se usa para la ejecución de los ensayos de impacto por caída de dardo es importante debido a que al no calibrar correctamente puede existir fallos por parte del tiro y puede proyectar datos erróneos.

BIBLIOGRAFÍA

[1] P. Vignesh, G. Venkatachalam, A. G. Shankar, A. Singh, R. Pagaria y A. Prasad, «Estudios sobre la resistencia a la tracción del compuesto de matriz polimérica híbrida reforzado con fibra de caña de azúcar,» Materialstoday Vol. 5 N. 5, 2018.

[2] B. M. Paricaguán y J. L. Muñoz, «Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar,» Redalyc, 2019.

[3] J. Fernández y N. Díaz, «Evaluación de un material compuesto reforzado con fibras de bagazo en matriz de cemento,» ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, vol. 51, núm. 1, 2017.

[4] G. Díaz, F. Maradei y G. Vargas, «Bagasse sugarcane fibers as reinforcement agents for natural composites: description and polymer composite applications,» Revista UIS Ingenierías V. 18 N. 4, 2019.

[5] I. Rico, Z. Vargas, E. García, R. Salgado, R. C. Cárdenas and A. Olarte, "Evaluación térmica de material compuesto de cemento portland reforzado con

agregado fino de CBC y FO tratada con Silano," Ingeniería, investigación y tecnología Vol. 21 N. 1, 2020.

[6] A. Montufar y A. Remache, «Materiales compuestos de polímero reforzado con fibra de cabuya y coco aplicado al sector automotriz,» Dominio de las ciencias Vol. 7, núm. 3, 2021.

[7] P. A., B. O. y A. M., «Desarrollo de un Material Compuesto de Matriz de Poliuretano Rígido Reforzado con Fibra de Raquis De Palma Africana,» Revista Politécnica Vol. 36, No. 2, 2015.

[8] R. F. d. C. Básicas, «Aprovechamiento De Residuos Agroindustriales Para El Mejoramiento De La Calidad Del Ambiente,» Revista Facultad de Ciencias Básicas Vol. 14 N.1, 2018.

[9] M. A. Riera, S. Maldonado y R. R. Palma, «Residuos agroindustriales generados en ecuador para la elaboración de bioplásticos,» Revista Ingeniería Industrial Vol. 17, Nº. 3, 2018.

[10] A. Enshassi1, B. Kochendoerfer y E. Rizq, «Evaluación de los impactos medioambientales de los proyectos de construcción,» Revista ingeniería de construcción Vol. 20 N.3, 2014.

[11] B. M. Paricaguán y J. L. Muñoz, «Estudio de las propiedades mecánicas del concreto reforzado con fibras de bagazo de caña de azúcar,» Redalyc, 2019.

[12] Revista Vistazo, «Aumenta el precio de la tonelada de caña de azúcar,» 2022. [En línea]. Available: https://www.vistazo.com/enfoque/aumenta-el-precio-de-la-tonelada-de-cana-de-azucar-IC2062596.

[13] M. d. A. y. G. Ecuador, «Luego de siete años aumenta el precio de la tonelada de caña de azúcar,» 2022. [En línea]. Available: https://www.agricultura.gob.ec/luego-de-siete-anos-aumenta-el-precio-de-la-tonelada-de-cana-de-azucar/#:~:text=Entre%202021%20y%202022%20en,40%20a%20este%20sector%20productivo..

[14] INEC, «Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua,» 2021. [En línea]. Available: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2021/Principales%20resultados-ESPAC_2021.pdf.

[15] M. Villa y A. L. García, «Estado de arte de la gestión y valorización de residuos de caña de azúcar en Ecuador,» Actas del X Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos, 2023.

[16] D. Resano, O. W. Guillen, F. D. Ubillús y J. L. Barranzuela, «Caracterización fisicoquímica del bagazo de caña de azúcar industrial y artesanal como material de construcción,» Información tecnológica Vol. 33 N. 2, 2022.

[17] J. Fernández y N. Díaz, «Evaluación de un material compuesto reforzado con fibras de bagazo en matriz de cemento,» ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, vol. 51, núm. 1, 2017.

[18] A. O. Garzón, D. A. Landínez, J. R. Rojas and J. Ramos, "Materiales Compuestos De Matriz Polimérica Usados Para El Blindaje De Interferencia Electromagnética," Ciencia e Ingeniería Neogranadina vol. 27, núm. 1, 2017.

[19] H. M. d. Paula, C. F. Gonçalves and A. Freitas, "Caracterización y viabilidad del uso de cenizas de biomasa vegetal en mortero," Revista Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción Vol. 10 N.2, 2020.

[20] P. Vignesh, G. Venkatachalam, A. G. Shankar, A. Singh, R. Pagaria y A. Prasad, «Estudios sobre la resistencia a la tracción del compuesto de matriz polimérica híbrida reforzado con fibra de caña de azúcar,» Materialstoday Vol. 5 N. 5, 2018.

[21] G. Díaz, F. Maradei y G. Vargas, «Bagasse sugarcane fibers as reinforcement agents for natural composites: description and polymer composite applications,» Revista UIS Ingenierías V. 18 N. 4, 2019.

[22] G. P. Guevara, A. E. Verdesoto y N. E. Castro, «Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción),» Revista cinetífica mundo de la investigación y el conocimiento 4(3), 2020.

[23] E. R. Arias, «Investigación descriptiva,» 2021. [En línea]. Available: https://economipedia.com/definiciones/investigacion-descriptiva.html#google_vignette.

[24] R et al., "CARATERIZACIÓN MECÁNICA DEL MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIÉSTER REFORZADA CON FIBRA DE HOJA DE YUCCA ELEPHANTIPES PARA LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS EN APLICACIONES INDUSTRIALES", vol. 1, n.º 1. 2018.

[25] E. Lagos-Burbano y E. Castro-Rincón, «Sugar cane and by-products of the sugar agro-industry in ruminant feeding: A review», Agron. Mesoam., vol. 30, n.º 3, pp. 917-934, 2019, doi: 10.15517/am.v30i3.34668.

[26] P. Luna y J. M. Lizarazo-Marriaga, «Natural Fibers As Reinforcement in Polymer Matrix Composite Materials», Momento, vol. 2022, n.º 65, pp. 65-79, 2022, doi: 10.15446/mo.n65.103151.

[27] A. N. Gastelum, M. Siqueiros Hernández, B. Gonzalez, Y. Vega, y I. M. Muñoz, «Comparative analysis of the mechanical properties of a composite material reinforced with carbon fibers and the polymer matrix of epoxy resin», Rev. Mater., vol. 23, n.º 2, 2018, doi: 10.1590/S1517-707620180002.0428.

[28] J. G. Paredes Salinas, C. F. Pérez Salinas, y C. B. Castro Miniguano, «Análisis de las propiedades mecánicas del compuesto de matriz poliéster reforzado con fibra de vidrio 375 y cabuya aplicado a la industria automotriz», Enfoque UTE, vol. 8, n.º 3, pp. 1-15, 2017, doi: 10.29019/enfoqueute.v8n3.163.

[29] R. Ross et al., «PLANTA PILOTO PARA OBTENCIÓN DE CELULOSA DE RESIDUOS DE CAÑA DE AZÚCAR (Saccharum spp.) Y ELABORACIÓN DE RECIPIENTES BIODEGRADABLES», Agro Product., vol. 10, n.º 11, pp. 61-65, 2017, [En línea]. Disponible en: https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/64.

[30] E. A. Llanes-Cedeño, D. Peralta-Zurita, M. Pucha-Tambo, y J. C. Rocha-Hoyos,

«Caracterización mecánica a flexión de materiales compuestos con matriz fotopolimérica reforzados con fibras de abacá y cabuya mediante impresión 3D», Ingenius, n.º 22, pp. 100-112, 2019.

[31] J. G. Paredes, «Estudio de Polímeros Híbridos Estratificados de Matriz Poliéster Reforzada con Fibra de Vidrio y Cabuya como Material Alternativo y su incidencia en las propiedades mecánicas en Guardachoques para Buses», Sist. Intel. para Domic. y Edif., p. 10, 2012, [En línea]. Disponible en: http://es.slideshare.net/Andysebas1/domotica-42887798.

[32] S. K. S. R. Schmid, ManufacturA, INGENIERÍA Y TecNOLOGÍA, Pearson. Monterrey: Departamento de Ingeniería Mecánica y Mecatrónica, 2008.

[33] D. S. P. Cahuasquí, «Obtención De Materiales Compuestos De Matriz Polimérica Biodegradable Reforzada Con Fibra Natural», p. 226, 2011.

[34] M. Lapesqueur et al., «Efectos sobre microdureza y grado de conversión de dos tipos de resinas sometidas a tratamientos de pospolimerización», Rev. Nac. Odontol., vol. 11, n.º 21, 2015, doi: 10.16925/od.v11i21.947.

[35] E. Arroyo-Terán, R. Imbaquingo-Navarrete, y R. Rosero Añazco, «Caracterización de materiales compuestos a base de fibras naturales de cabuya y caña de azúcar con resina epoxi: análisis comparativo de propiedades mecánicas», Ingeniare. Rev. Chil. Ing., vol. 31, pp. 1-15, 2024, doi: 10.4067/s0718-33052023000100233.

[36] Accedido: 19 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.bing.com/search?q=Standard+Test+Method+for+Tensile+Properties+of+Polymer+Matrix+Composite+Materials1+This+standard+is+issued+under+the+fixed+designation+D3039%2FD3039M%3B+the+number+immediately+following+the+designation+indicates+th&cvid=6a36af6289cc42f3ab56843d5a868d8b&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOdIBBzUyMGowajSoAgiwAgE&FORM=ANAB01&PC=NMTS

[37] «Standard Test Method for Flexural Properties of Polymer Matrix Composite Materials». Accedido: 19 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.astm.org/d7264_d7264m-07.html

[38] «Standard Test Method for Impact Resistance of Flat, Rigid Plastic Specimen by Means of a Striker Impacted by a Falling Weight (Gardner Impact)». Accedido: 19 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.astm.org/d5420-21.html

[39] G. I. Bolio-López, «PLANTA PILOTO PARA OBTENCIÓN DE CELULOSA DE RESIDUOS DE CAÑA DE AZÚCAR (Saccharum spp.) Y ELABORACIÓN DE RECIPIENTES BIODEGRADABLES», *Agro Product.*, vol. 10, n.º 11, 2017, Accedido: 20 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/64

[40] «ASTM-D3039-D3039M-17.pdf». Accedido: 19 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://cdn.standards.iteh.ai/samples/98550/1ea65d99fa0843b69e4fd81d6a0b55c1/ASTM-D3039-D3039M-17.pdf

[41] «Investigación descriptiva: Qué es, tipos y ejemplos». Accedido: 20 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://economipedia.com/definiciones/investigacion-descriptiva.html#google_vignette

[42] «FT-Resina-Poliester-DPI-33-0.pdf». Accedido: 26 de junio de 2024. [En línea]. Disponible en: https://www.disther.com/wp-content/uploads/2023/12/FT-Resina-Poliester-DPI-33-0.pdf

ANEXOS

1. **Ficha técnica de la resina poliéster.**
2. **Grupos de probetas ensayadas tracción.**
3. **Grupos de probetas ensayadas flexión.**

ANEXO 1

Ficha técnica de la resina poliéster.

DISTHER

FICHA TÉCNICA

RESINA POLIESTER DPI-33-0



RESINA POLIESTER ORTOFTALICO SEMI RIGIDO USO GENERAL DPI-33-0

DESCRIPCION

La DPI-33-0, Es una resina de poliéster ortoftalico, formulada con una reactividad media, lo cual le confiere una máxima versatilidad para la fabricación de una gran variedad de artículos.

APLICACIONES

Resina estándar de propósito general, para satisfacer múltiples exigencias de diseño, proceso y desempeño, en la elaboración de plásticos reforzados y piezas moldeadas por contacto manual, laminación continua, compresión o colada. Entre las aplicaciones más usuales: embarcaciones, carrocerías, moldeo, vanidades domésticas, láminas translúcidas, aislantes dieléctricos, tanques para agua, artefactos, mármol sintético y gel coats ortoftalicos.

BENEFICIOS

- Máxima versatilidad para múltiples exigencias de aplicación.
- Buena humectación de la fibra de vidrio.
- Buen Balance de dureza y flexibilidad
- Rápido curado para cortos ciclos de producción.
- Buena aceptación de Estireno para reducir la viscosidad a los valores requeridos.
- Puede agregarse 0.1 – 1.5 % de Co al 12% para disminuir ulteriormente el tiempo de gelación.

ESPECIFICACIONES

Porcentaje de sólidos,%	72 ± 2
Número de Ácido en solución mgKOH/g muestra	40 máximo
Viscosidad Gardner a 25ºC	W - Z
Densidad a 25ºC	1,14 ± 0,02
Color Gardner	2 máximo

PERFIL DE REACTIVIDAD (1)

Tiempo de Gelación, @ 25°C, minutos, ± 8	17
Temperatura de Máxima Exotérmica, °C, ± 25	155
Tiempo de Máxima Exotérmica, minutos, ± 8	17
Dureza Barcol GYZJ 934-1 (120 °C - 2 hr.)	44 - 47

(1) Catalización para 100 gr. de Resina @ 25ºC: 0,15 % de Cobalto al 12% y 1,0% MEKP (50%)

Versión	Fecha Revisión	Elaborado Por:	Aprobado Por:	Página:
2023	19-7-23	Producción	Presidente	1

Figura 50. Ficha técnica de la resina poliéster [38].

DISTHER

FICHA TÉCNICA

RESINA POLIESTER DPI-33-0



RECOMENDACIONES

A pesar de poseer buena solubilidad con el estireno no adicionar más del 25 % en peso, para evitar pérdidas de sus propiedades. En volumen se usa el 25% para diluir la resina poliéster, es decir que dependiendo de la pieza a fabricar 1 galón de resina se adelgaza con 1 litro de estireno.

La temperatura ambiente afecta la reactividad de la resina, por lo que se recomienda modificar la dosificación del promotor y/o catalizador para un mejor desempeño; De acuerdo al tiempo de gelacion requerido.

TEMPERATURA ªC	COBALTO 12%	MEKP	TIEMPO GEL Minutos
10 - 12	1.50%	2,0%	20 - 25
13 - 15	1,00%	1,5%	20 - 25
16 - 21	0,50%	1,2%	20 - 25
22 - 17	0.35 %	1.0%	20 - 25
26 - 34	0.25%	1,0%	20 - 25
35 - 42	0.10%	0.8%	20 - 25

No someta la pieza a condiciones extremas hasta que su curado sea completo.

ALMACENAMIENTO Y MANEJO

En sus envases originales sellados, bajo techo en lugares frescos y ventilados a temperatura de 15-25°C, protegidos de la humedad, de la acción directa del sol y de toda posible fuente de ignición.

PRESENTACION

Tambores metálicos de boca pequeña, 220 kg. Neto.

VIDA UTIL

Tres (3) meses, bajo las condiciones de almacenamiento indicadas.

PRECAUCIONES:

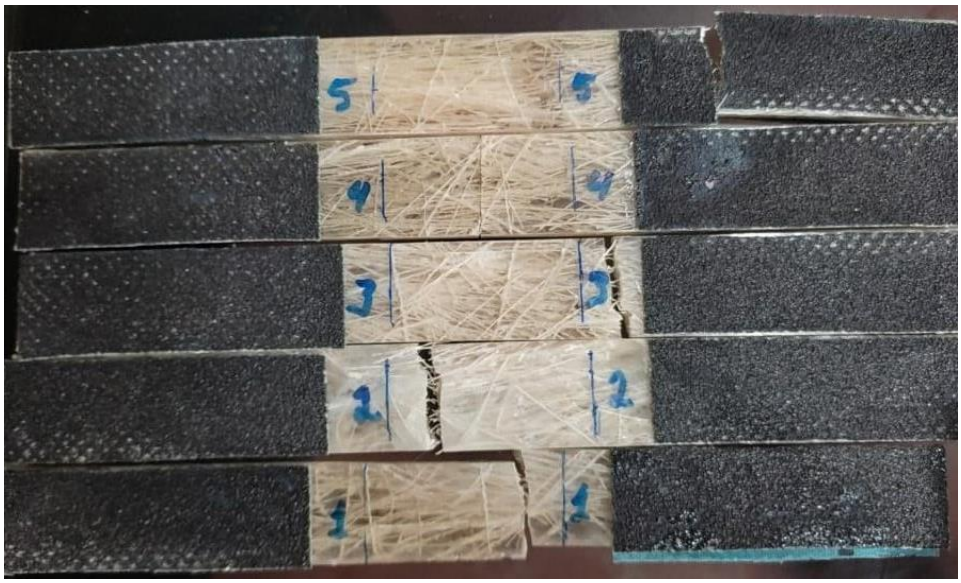
Aplicar en sitios ventilados.
Usar mascarillas de protección.
Evite el contacto con la piel.
Mantenga el envase bien cerrado y almacenado en lugar fresco.
Mantenga alejado del fuego
Medio de Extinción Dióxido de carbono, agua en spray y polvo químico

ANEXO 2

Grupo 1 y 2 de probetas ensayadas tracción

Tabla 88. Grupo 1 y 2 de probetas ensayadas tracción

8020-LC-primer grupo



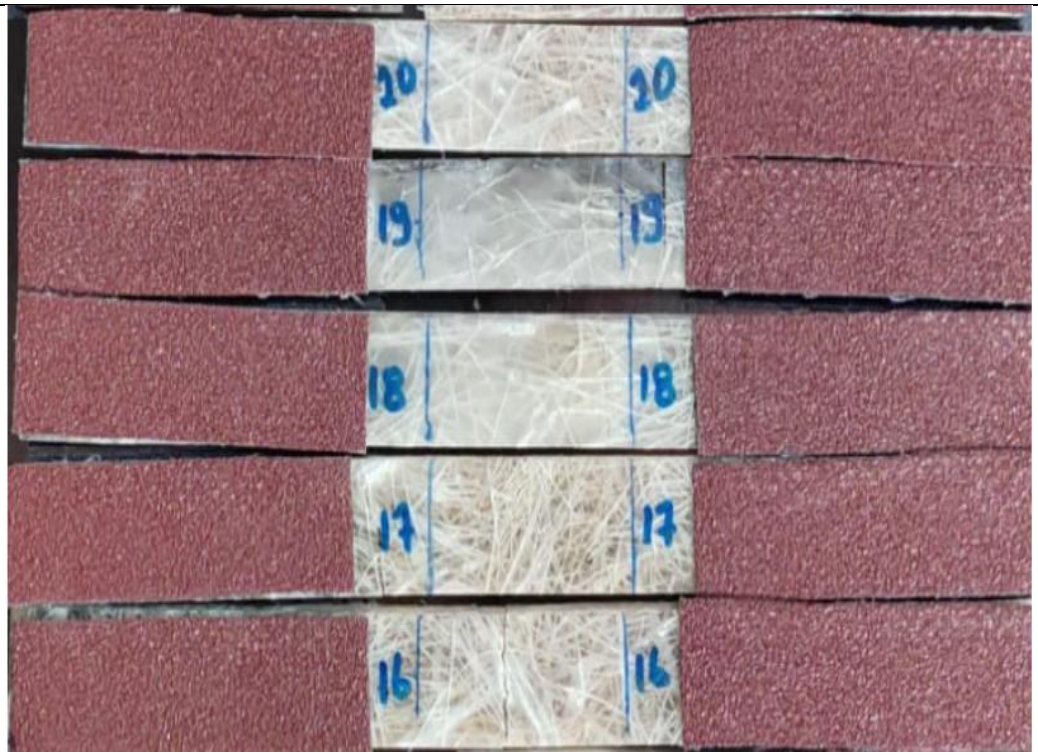
8020-R-segundo grupo



Grupo 3 y 4 de probetas ensayadas tracción

Tabla 89. Grupo 3 y 4 de probetas ensayadas tracción.

7030-LC-tercer grupo 
7030-R-cuarto grupo



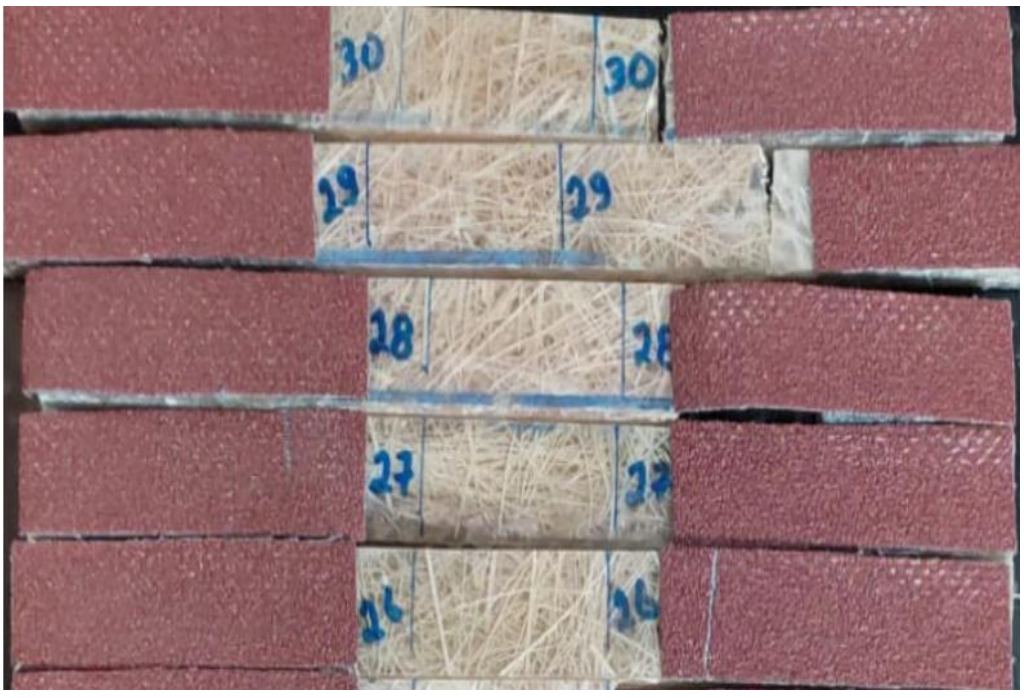
Grupo 5 y 6 de probetas ensayadas tracción

Tabla 90. Grupo 5 y 6 de probetas ensayadas tracción.

6040-LC-quinto grupo



7030-R-cuarto grupo



ANEXO 3

Grupo 1 y 2 de probetas ensayadas flexión

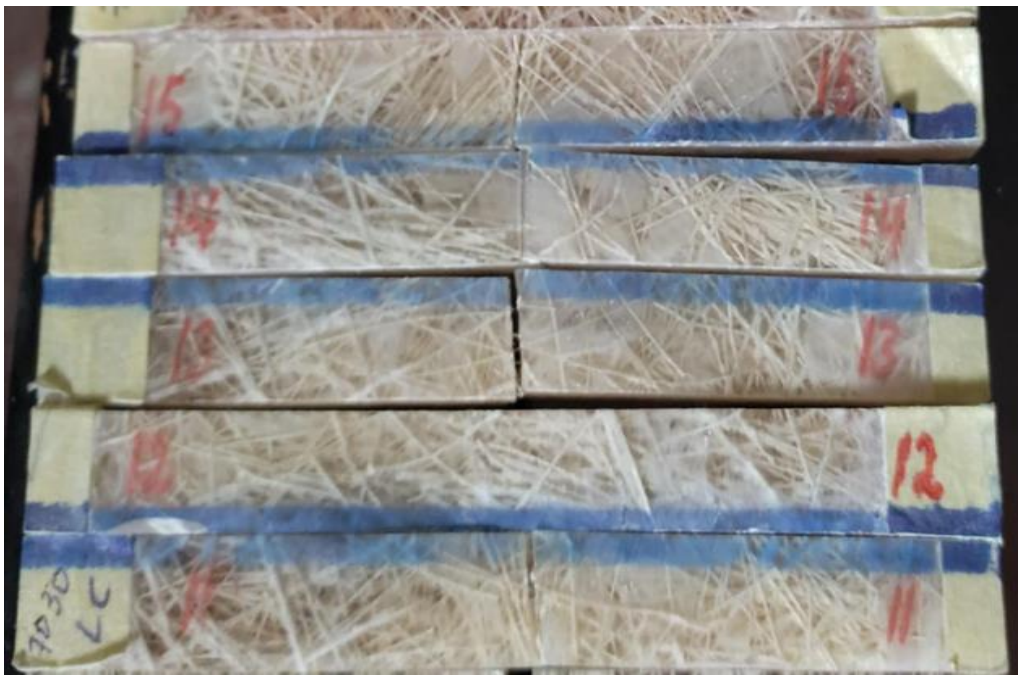
Tabla 91. Grupo 1 y 2 de probetas ensayadas flexión.

8020-LC-primer grupo 
8020-R-segundo grupo 

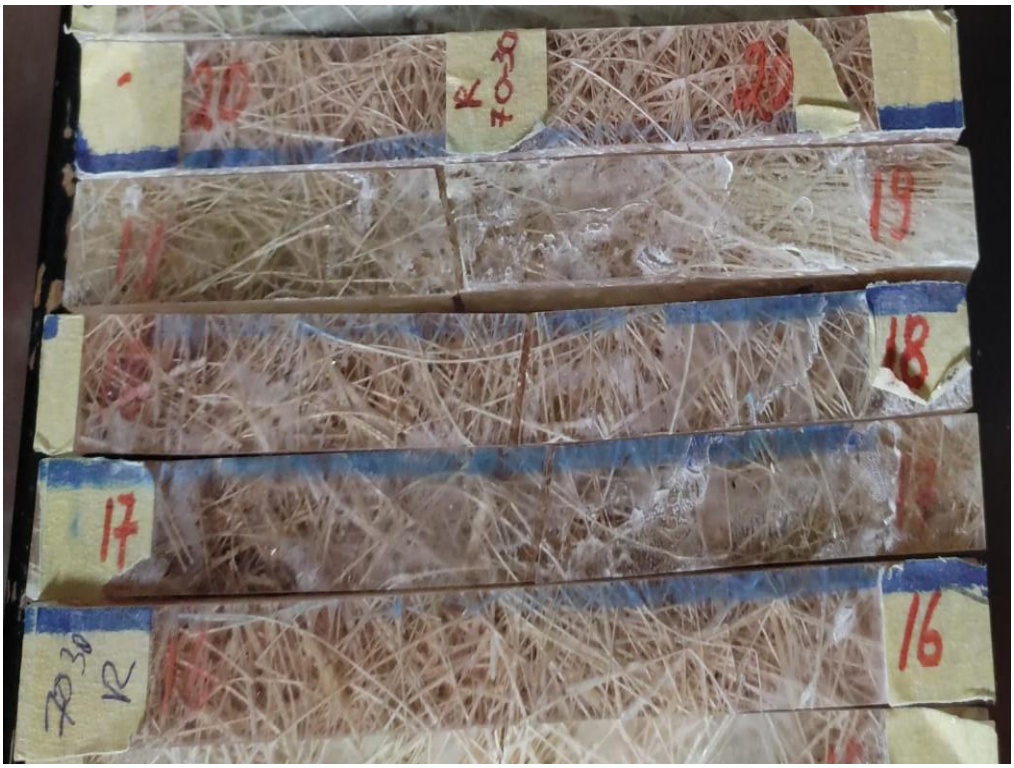
Grupo 3 y 4 de probetas ensayadas flexión

Tabla 92. Grupo 3 y 4 de probetas ensayadas flexión.

7030-LC-tercer grupo



7030-R-cuarto grupo



Grupo 5 y 6 de probetas ensayadas flexión

Tabla 93. Grupo 5 y 6 de probetas ensayadas flexión.

6040-LC-quinto grupo



7030-R-cuarto grupo

