



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

TEMA:

“ANÁLISIS DE LA RÉPLICA DEL MATERIAL COMPUESTO ALTERNATIVO DE MATRIZ EPOXI REFORZADA CON FIBRAS SINTÉTICAS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN LAS SUPERFICIES DE VUELO EN LAS AERONAVES DEL CID-FAE”

AUTOR: Vinicio Daniel Silva Barrionuevo

TUTOR: Ing. Mg Juan Gilberto Paredes Salinas

Ambato - Ecuador

Enero - 2021

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Trabajo experimental, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema “**ANÁLISIS DE LA RÉPLICA DEL MATERIAL COMPUESTO ALTERNATIVO DE MATRIZ EPOXI REFORZADA CON FIBRAS SINTÉTICAS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN LAS SUPERFICIES DE VUELO EN LAS AERONAVES DEL CID-FAE**”, elaborado por el señor Vinicio Daniel Silva Barrionuevo, portador de la cédula de ciudadanía: 180438152-1 estudiante de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente trabajo experimental es original de su autor.
- Ha sido revisada en cada uno de sus capítulos y componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, Enero 2021



.....
Ing. Mg. Juan Gilberto Paredes Salinas

TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Vinicio Daniel Silva Barrionuevo, con C.I. 180438152-1 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente trabajo experimental con el tema **“ANÁLISIS DE LA RÉPLICA DEL MATERIAL COMPUESTO ALTERNATIVO DE MATRIZ EPOXI REFORZADA CON FIBRAS SINTÉTICAS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN LAS SUPERFICIES DE VUELO EN LAS AERONAVES DEL CID-FAE”** así como también los análisis estadísticos, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor de la investigación, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Enero 2021



.....

Vinicio Daniel Silva Barrionuevo

C.I. 180438152-1

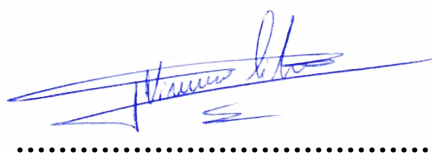
AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de 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 patrimoniales de mi Trabajo Experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este Trabajo Experimental dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Enero 2021



.....
Vinicio Daniel Silva Barrionuevo

C.I. 180438152-1

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del tribunal de grado aprueban el informe del trabajo experimental realizado por el estudiante Vinicio Daniel Silva Barrionuevo de la Carrera de Ingeniería Mecánica, bajo el tema “ANÁLISIS DE LA RÉPLICA DEL MATERIAL COMPUESTO ALTERNATIVO DE MATRIZ EPOXI REFORZADA CON FIBRAS SINTÉTICAS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN LAS SUPERFICIES DE VUELO EN LAS AERONAVES DEL CID-FAE”.

Ambato, Enero 2021

Para constancia firman



.....
Ing. Mg. Cesar Hernán Arroba Arroba

Miembro del tribunal



.....
Ing. Mg. Wilson Henry Vaca Ortega

Miembro del tribunal

DEDICATORIA

Él adora tu hermosura, e insoluble el lazo es que formó vuestra ternura ¡Ya no tendrá más ventura que aquella que tú le des!

¡Tú eres grande, solo tú sabes quién soy y a donde voy! A Dios y a la Santísima Virgen de la Elevación por escucharme cuando más lo he necesitado y darme la fuerza para seguir cada día adelante.

A mi ángel desde el cielo que me cuidas padre amado Edison Silva gracias por haberme dado lo más valioso la vida, a mi madre Gladys Barrionuevo te dedicó mi carrera solo tú y yo sabemos lo difícil que fue la trayectoria, esta victoria no es mía te pertenece; te amo con toda mi alma una vida me faltara para agradecerte lo que has hecho por mí.

A mis familiares: abuelos, tíos, primos que de una u otra manera me apoyaron en mis estudios, a mis hermanos Edison, Rubén y Adela por aportar con su ayuda en este largo camino de mi formación profesional se los agradezco con toda mi vida.

A esos seres maravillosos que me han dado las fuerzas en esta vida entre ellos Carolina, Katherine, Susana, Pamelita, Edwin, Omar y Miguel gracias por todo, han sido esos seres de luz que iluminaron mi carrera universitaria sin olvidarme de las personas que un día compartieron sus conocimientos y compañía en el aula entre ellos Mishell, Lenin, Néstor, Oscar, Stalin, Giovanni, Henry, Kevin, Sebastián O., José Luis y Víctor no pude haber tenido mejor compañía en este largo camino.

Una profunda dedicatoria a la persona que un día me enseñó a nunca rendirme, que los sueños se hicieron para hacerlos realidad; gracias por haberme dado fuerzas a los días fríos de mi vida por tu apoyo, ánimo y compañía en los momentos difíciles de mi vida recuerdos que permanecerán en mi corazón estés donde estés gracias por haber formado parte de mí y por todo lo que un día hacías por mí, esta también es tu victoria.

Si te cansas, aprende a descansar no a renunciar.

Daniel Silva

AGRADECIMIENTO

Detrás de ti solo hay recuerdos, a tu lado personas que te quieren, al frente un futuro hermoso y arriba un Dios que te escucha, te cuida, te ama y te bendice.

Agradezco de manera infinita a Dios por permitirme culminar este trabajo experimental, que con su amor y bondad me han permitido forjarme como un profesional.

De manera especial agradezco al director de este trabajo experimental Ing. Mg. Juan Paredes Salinas que con su invaluable ayuda, conocimientos y experiencia me permitieron desarrollarla, mi más grande afecto y gratitud por la grandiosa ayuda, Dios lo bendiga y mil gracias por todo.

Al Ing. Mg César Arroba con su grandiosa ayuda me han permitido adquirir grandes conocimientos de ingeniería.

A la Universidad Técnica de Ambato alma mater del conocimiento en el centro del país y a sus docentes de la carrera de Ingeniería Mecánica por sus conocimientos transmitidos a lo largo de la carrera mi gratitud.

A la CID-FAE por brindarme la apertura para realizar este estudio en especial al Jefe del CID-FAE, Capitán Téc. Salomón Fiallos Ortega y Técnico de reparaciones estructurales y materiales compuestos Sargento José Luis López por su ayuda y conocimientos en el desarrollo de este estudio.

De manera especial a Cepeda Cía. Ltda. por brindarme tener mi primera experiencia laboral, de manera grata al Sr. Medardo Cepeda y a toda su distinguida familia por su ayuda en mi formación profesional, mi más sincero agradecimiento por todo Dios les bendiga sin olvidarme de esas personas que supieron guiarme en mi formación en dicha empresa les quedo muy agradecido por todo.

A las personas buenas solo les pasan cosas buenas.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
RESUMEN EJECUTIVO	xv
EXECUTIVE SUMMARY.....	xvi
CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO	1
1.1 Antecedentes Investigativos.....	1
1.1.1 Justificación.....	3
1.2 Objetivos	5
1.2.1 Objetivo general.....	5
1.2.2 Objetivos específicos	5
CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA.....	6
2.1 Fundamentación teórica	6
2.1.1 Ingeniería de materiales	6
2.1.1.1 Clasificación de los materiales compuestos	7
2.1.1.2 Materiales compuestos de matriz polimérica	8
2.1.1.3 Clasificación de las matrices.....	8
2.1.2. Matriz polimérica	9

2.1.2.1 Resinas epóxica.....	10
2.1.2.2 Aplicación de la resina epóxica.....	10
2.1.2.3 Análisis de la réplica del material.....	12
2.1.3. Fibras.....	12
2.1.3.1 Clasificación de las fibras	12
2.1.3.2 Fibras Naturales	13
2.1.3.3 Fibras Inorgánicas.....	14
2.1.3.4 Fibras Orgánicas.....	17
2.1.4 Resistencia de materiales	18
2.1.4.1 Fracciones de volumen y peso	19
2.1.4.2 Fracciones de volumen.....	19
2.1.4.3 Fracciones de peso	20
2.1.4.4 Relación volumen y peso	21
2.1.5 Ensayo de materiales.....	22
2.1.5.1 Ensayo de Flexión.....	22
2.1.5.2 Ensayo de Tracción.....	24
2.1.5.3 Ensayo de Impacto	26
2.2 Método	28
2.2.1 Tipo de investigación	28
2.2.1.1 Experimental	28
2.2.1.2 Descriptivo	28
2.2.1.3 Cuantitativo.....	28
2.2.1.4 Correlacional.....	28
2.2.2 Población y muestra.....	28
2.2.3 Proceso de elaboración de Probetas	31

2.2.3.1 Composición de las probetas.....	33
2.2.3.2 Procedimiento para la elaboración de probetas.....	35
2.2.3.3 Procedimiento de corte de las probetas.....	38
2.2.4 Hipótesis.....	39
2.2.5 Señalamiento de Variables de la Hipótesis	39
2.2.5.1 Variable Independiente	39
2.2.5.2 Variable Dependiente.....	39
2.2.6 Operacionalización de Variables.....	39
2.2.6.1 Variable Independiente	39
2.2.6.2 Variable Dependiente.....	40
CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
3.1. Datos de ensayos a flexión.....	41
3.2. Datos de ensayos a tracción	129
3.3 Datos de ensayos de impacto	217
3.5 Mejores resultados.	262
3.5.1 Mejores resultados de Ensayo a Tracción se los indica en la Tabla 80,81 y 82. .	262
3.5.2 Mejores resultados de Ensayo a flexión se los muestra en la Tabla 83,84 y 85. ..	265
3.5.3 Mejores resultados de Ensayo de Impacto se los indica en la Tabla 86.	268
3.5.4 Resultados de ensayos se los muestra en la Figura 17 con un diagrama de araña	269
3.6 Verificación de Hipótesis.....	270
CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	272
4.1 Conclusiones	272
4.2 Recomendaciones.....	273
BIBLIOGRAFÍA.....	274
ANEXOS.....	276

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Propiedades de un material compuesto.....	7
Figura 2. Tipos de materiales compuestos.	8
Figura 3. Clasificación según su origen.	13
Figura 4. Fibras Vegetables.....	14
Figura 5. Proceso de fabricación fibra de vidrio	16
Figura 6. Máquina de ensayos universales MTS TK/T5002 de 5 KN	23
Figura 7. Máquina de Ensayos Universales INSTRON.....	25
Figura 8. Máquina tipo caída de masas de Impacto	27
Figura 9. Métodos del estudio ocupados.....	32
Figura 10. Diagrama de araña de esfuerzo a la tracción de los 5 valores altos.....	263
Figura 11. Diagrama de araña de módulo de elasticidad de los 5 valores altos.....	264
Figura 12. Diagrama de araña de deformación a la ruptura de los 5 valores bajos.	265
Figura 13. Diagrama de araña de esfuerzo de flexión de los 5 valores altos.	266
Figura 14. Diagrama de araña del módulo de flexión de los 5 valores altos	267
Figura 15. Diagrama de araña de deflexión de los 5 valores bajos.	268
Figura 16. Diagrama de araña de energía máxima al impacto de los 5 valores altos. ...	269
Figura 17. Diagrama de araña de los ensayos.	269
Figura 18. Deseabilidad global	271

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de resinas.....	9
Tabla 2. Propiedades de la resina Aeropoxy PR2032 con catalizador PH3630.....	11
Tabla 3. Propiedades fibra de vidrio.	15
Tabla 4. Propiedades de tracción.	15
Tabla 5. Propiedades fibra de carbono.....	17
Tabla 6. Propiedades fibra de aramida.....	18
Tabla 7. Casos de estudio.....	29
Tabla 8. Orientación y número de capas de las fibras.	33
Tabla 9. Procedimiento de elaboración de probetas.....	35
Tabla 10. Procedimiento de corte de las probetas.....	38
Tabla 11. Variable Independiente.	39
Tabla 12. Variable Dependiente.....	40
Tabla 13. Ficha Técnica 1 Ensayo de flexión probeta 2 FV+2 FA +2 FC +1 FCo.	41
Tabla 14. Ficha Técnica 2 Ensayo de flexión probeta 3 FV+2 FA+2 FC +1 FCo.	45
Tabla 15. Ficha Técnica 3 Ensayo de flexión probeta 2 FV+3 FA +2 FC +1 FCo.	49
Tabla 16. Ficha Técnica 4 Ensayo de flexión probeta 2 FV+2 FA +3 FC +1 FCo.	53
Tabla 17. Ficha Técnica 5 Ensayo de flexión probeta 3 FV+2 FA+3 FC +1 FCo.	57
Tabla 18. Ficha Técnica 6 Ensayo de flexión probeta 3 FV+3 FA +2 FC +1 FCo.	61
Tabla 19. Ficha Técnica 7 Ensayo de flexión probeta 2 FV+3 FA +3 FC +1 FCo.	65
Tabla 20. Ficha Técnica 8 Ensayo de flexión probeta 6 FV+1 FCo.	69
Tabla 21. Ficha Técnica 9 Ensayo de flexión probeta 7 FV+1 FCo.	73
Tabla 22. Ficha Técnica 10 Ensayo de flexión probeta 7 FV+1 FCo.	77
Tabla 23. Ficha Técnica 11 Ensayo de flexión probeta 8 FV+1 FCo.	81
Tabla 24. Ficha Técnica 12 Ensayo de flexión probeta 8 FV+1 FCo.	85
Tabla 25. Ficha Técnica 13 Ensayo de flexión probeta 6 FA +1 FCo.	89
Tabla 26. Ficha Técnica 14 Ensayo de flexión probeta 7 FA +1 FCo.	93
Tabla 27. Ficha Técnica 15 Ensayo de flexión probeta 7 FA +1 FCo.	97
Tabla 28. Ficha Técnica 16 Ensayo de flexión probeta 8 FA +1 FCo.	101
Tabla 29. Ficha Técnica 17 Ensayo de flexión probeta 8 FA +1 FCo.	105
Tabla 30. Ficha Técnica 18 Ensayo de flexión probeta 6 C. +1 FCo.	109

Tabla 31. Ficha Técnica 19 Ensayo de flexión probeta 7 FC+1 FCo.	113
Tabla 32. Ficha Técnica 20 Ensayo de flexión probeta 7 FC +1 FCo.	117
Tabla 33. Ficha Técnica 21 Ensayo de flexión probeta 8 FC +1 FCo.	121
Tabla 34. Ficha Técnica 22 Ensayo de flexión probeta 8 FC +1 FCo.	125
Tabla 35. Ficha Técnica 23. Ensayo de tracción probeta 2 FV+2 FA +2 FC +1 FCo. .	129
Tabla 36. Ficha Técnica 24. Ensayo de tracción probeta 3 FV+2 FA+2 FC +1 FCo ...	133
Tabla 37. Ficha Técnica 25 Ensayo de tracción probeta 2 FV+3 FA +2 FC +1 FCo. ...	137
Tabla 38. Ficha Técnica 26 Ensayo de tracción probeta 2 FV+2 FA +3 FC +1 FCo. ...	141
Tabla 39. Ficha Técnica 27 Ensayo de tracción probeta 3 FV+2 FA+3 FC +1 FCo.	145
Tabla 40. Ficha Técnica 28 Ensayo de tracción probeta 3 FV+3 FA +2 FC +1 FCo...	149
Tabla 41. Ficha Técnica 29 Ensayo de tracción probeta 2 FV+3 FA +3 FC +1 FCo. ...	153
Tabla 42. Ficha Técnica 30 Ensayo de tracción probeta 6 FV+1 FCo.	157
Tabla 43. Ficha Técnica 31 Ensayo de tracción probeta 7 FV+1 FCo.	161
Tabla 44. Ficha Técnica 32 Ensayo de tracción probeta 7 FV+1 FCo.	165
Tabla 45. Ficha Técnica33 Ensayo de tracción probeta 8 FV+1 FCo.	169
Tabla 46. Ficha Técnica 34 Ensayo de tracción probeta 8 FV+1 FCo.	173
Tabla 47. Ficha Técnica 35 Ensayo de tracción probeta 6 FA +1 FCo.	177
Tabla 48. Ficha Técnica 36 Ensayo de tracción probeta 7 FA +1 FCo.	181
Tabla 49. Ficha Técnica 37 Ensayo de tracción probeta 7 FA +1 FCo.	185
Tabla 50. Ficha Técnica 38 Ensayo de tracción probeta 8 FA +1 FCo.	189
Tabla 51. Ficha Técnica 39 Ensayo de tracción probeta 8 FA +1 FCo.	193
Tabla 52. Ficha Técnica 40 Ensayo de tracción probeta 6 C. +1 FCo.	197
Tabla 53. Ficha Técnica 41 Ensayo de tracción probeta 7 FC+1 FCo.....	201
Tabla 54. Ficha Técnica 42 Ensayo de tracción probeta 7 FC +1 FCo.....	205
Tabla 55. Ficha Técnica 43 Ensayo de tracción probeta 8 FC +1 FCo.....	209
Tabla 56. Ficha Técnica 44 Ensayo de tracción probeta 8 FC +1 FCo.....	213
Tabla 57. Ficha Técnica 45. Ensayo de impacto probeta 2 FV+2 FA +2 FC +1 FCo. .	217
Tabla 58. Ficha Técnica 46 Ensayo de impacto probeta 3 FV+2 FA+2 FC +1 FCo	219
Tabla 59. Ficha Técnica 47 Ensayo de impacto probeta 2 FV+3 FA +2 FC +1 FCo. ...	221
Tabla 60. Ficha Técnica 48 Ensayo de impacto probeta 2 FV+2 FA +3 FC +1 FCo. ...	223
Tabla 61. Ficha Técnica 49 Ensayo de impacto probeta 3 FV+2 FA+3 FC +1 FCo.	225

Tabla 62. Ficha Técnica 50 Ensayo de impacto probeta 3 FV+3 FA +2 FC +1 FCo. ...	227
Tabla 63. Ficha Técnica 51 Ensayo de impacto probeta 2 FV+3 FA +3 FC +1 FCo. ...	229
Tabla 64. Ficha Técnica 52 Ensayo de impacto probeta 6 FV+1 FCo.	231
Tabla 65. Ficha Técnica 53 Ensayo de impacto probeta 7 FV+1 FCo.	233
Tabla 66. Ficha Técnica 54 Ensayo de impacto probeta 7 FV+1 FCo.	235
Tabla 67. Ficha Técnica 55 Ensayo de impacto probeta 8 FV+1 FCo.	237
Tabla 68. Ficha Técnica 56. Ensayo de impacto probeta 8 FV+1 FCo.	239
Tabla 69. Ficha Técnica 57 Ensayo de impacto probeta 6 FA +1 FCo.	241
Tabla 70. Ficha Técnica 58 Ensayo de impacto probeta 7 FA +1 FCo.	243
Tabla 71. Ficha Técnica 59 Ensayo de impacto probeta 7 FA +1 FCo.	245
Tabla 72. Ficha Técnica 60 Ensayo de impacto probeta 8 FA +1 FCo.	247
Tabla 73. Ficha Técnica 61 Ensayo de impacto probeta 8 FA +1 FCo.	249
Tabla 74. Ficha Técnica 62 Ensayo de impacto probeta 6 C. +1 FCo.	251
Tabla 75. Ficha Técnica 63. Ensayo de impacto probeta 7 FC+1 FCo.	253
Tabla 76. Ficha Técnica 64 Ensayo de impacto probeta 7 FC +1 FCo.	255
Tabla 77. Ficha Técnica 65 Ensayo de impacto probeta 8 FC +1 FCo.	257
Tabla 78. Ficha Técnica 66. Ensayo de impacto probeta 8 FC +1 FCo.	259
Tabla 79. Resultados de pruebas mecánicas.	261
Tabla 80. Valores altos en esfuerzo a tracción.	262
Tabla 81. Valores altos de módulo de elasticidad.	263
Tabla 82. Valores menores de deformación a la ruptura.	264
Tabla 83. Valores altos en esfuerzo a tracción.	265
Tabla 84. Valores altos de módulos de flexión.	266
Tabla 85. Valores menores de deflexión.	267
Tabla 86. Valores altos de energía de impacto.	268
Tabla 87. Matriz de diseño para la deseabilidad global.	270

RESUMEN EJECUTIVO

Dada la problemática de encontrar un material compuesto alternativo para la aplicación en la fabricación y reparación de superficies de vuelo de aeronaves de la CID-FAE se ve la necesidad de incursionar en un nuevo material con propiedades mecánicas más óptimas para las aeronaves.

Para esto se elaboró 22 casos de estudio con diferentes combinaciones de fibras entre ellas vidrio, aramida, carbono y cobre con diferente número de capas (7, 8 o 9) y diferente orientación de las mismas (0, 45 o 135 grados). Las probetas elaboradas en vacío se sometieron a ensayos de tracción, flexión e impacto bajo normas ASTM D3039, ASTM D7276 y ASTM D5628-10 respectivamente. Obteniendo los datos de las propiedades mecánicas de los casos de estudio se procedió a realizar un diseño de experimentos mediante un DCA Diseño completamente al azar ya que era el más óptimo para el caso de estudio con factor de entrada de número de capas, su orientación y niveles (7,8 y 9) y (0, 45 o 135 grados) respectivamente.

Determinándose que la probeta con mejores propiedades mecánicas fue la denominada S compuesta por 6 fibras de carbono a 0 grados, 1 a 135 grados y 1 fibra de cobre a 0 grados, siendo la probeta sugerida para utilizar en las aeronaves ya que tiene un Esfuerzo a la tracción de 639.57 MPa, Esfuerzo a la flexión de 453.94 MPa y Energía de impacto de 3.39 J.

Palabras claves: Aeropoxy reforzada, diseño completamente al azar, fibras sintéticas, material compuesto, resina.

EXECUTIVE SUMMARY

Given the problem of finding an alternative composite material for application in the manufacture and repair of aircraft flight surfaces of the CID-FAE, there is a need to venture into a new material with more optimal mechanical properties for aircraft.

For this, 22 case studies were elaborated with several combinations of fibers like glass, aramid, carbon and copper with different number of layers (7, 8 or 9) and different orientation of the same (0, 45 or 135 degrees). In the test tube's made in vacuum were carried out tensile, bending and impact tests under ASTM D3039, ASTM D7276 and ASTM D5628-10 standards respectively. Obtaining the data of mechanical's properties of the study cases, we proceeded to carry out design of experiments using a DCA Design completely at random since it was the most optimal for the case study with an input factor of the number of layers and their orientation and levels (7, 8 and 9) and (0, 45 or 135 degrees) respectively.

Determining that the essay of test tube with best performance and mechanical properties was the so-called S composed of 6 carbon fibers at 0 degrees, 1 at 135 degrees and 1 copper fiber at 0 degrees, being the essay suggested for use in aircrafts since it has a Force at the traction of 639.57 MPa, Bending stress of 453.94 MPa and Impact energy of 3.39 J.

Keywords: reinforced aeropoxy, completely random design, synthetic fibers, composite material, resina.

CAPÍTULO I.- MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes Investigativos

El presente trabajo experimental cuenta con investigaciones que se mencionan a continuación para sus lineamientos:

En el estudio realizado por Mazón Ortíz Pablo Daniel bajo el tema **“CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DEL MATERIAL HÍBRIDO DE MATRIZ EPÓXICA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO Y TEJIDO DE FIBRAS NATURALES DE CAÑA GUADUA Y ALGODÓN PARA LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS EN APLICACIONES INDUSTRIALES** “concluyó que la mejor combinación fue la que está constituida de una capa de fibra de vidrio más dos capas de tejido de fibras naturales de caña guadua y algodón con una orientación de 0° y curada al horno a una temperatura de 80°C por seis horas dando un resultado en su esfuerzo máximo a la tracción de 131.654MPa. La mejor combinación del material híbrido de matriz epoxi reforzado con fibra de vidrio y tejido de fibras naturales de caña guadua y algodón es de una capa de fibra de vidrio y dos capas del tejido de fibras naturales la cual posee 131MPa de esfuerzo máximo de tracción, 2694.962 MPa Módulo de elasticidad en tracción, 124.61 MPa de esfuerzo máximo de flexión, 6601.54 MPa módulo de elasticidad de flexión, 7.4mm de deformación, y una resistencia al impacto de 6.01J. La combinación con uno de los menores esfuerzos máximos a la tracción fue la constituida por una capa de fibra de vidrio y dos capas de caña guadua dispuestas a 45° y 135° curado al ambiente con 50.34 MPa, por lo que se puede afirmar que la orientación ya sea a 45° o 135° no es favorable en cualquier combinación de capas [1].

De acuerdo al estudio de Telenchana Flores Manuel con el tema **“ANÁLISIS NUMÉRICO/EXPERIMENTAL DE LOS COMPONENTES DEL MATERIAL COMPUESTO ALTERNATIVO DE MATRIZ EPOXI REFORZADA CON FIBRAS SINTÉTICAS UTILIZADO PARA LA FABRICACIÓN Y REPARACIÓN DE SUPERFICIES DE VUELO EN LAS AERONAVES DEL CIDFAE”** se concluyó que aplicando las especificaciones de la norma ASTM D3039 y con probetas de dimensiones 250 mm de largo, 25 mm de ancho y con un espesor que varía según el

número de capas, se determinó que la variación del tipo de fibra sintética y el número de capas empleado influye directamente en la resistencia del material obteniendo mejores resultados utilizando fibra sintética de carbono con una orientación de 0°-90° y cuatro capas. Aplicando las especificaciones de la norma ASTM D5628 y con probetas de dimensiones 58 mm de largo, 58 mm de ancho y con un espesor que varía según el número de capas, se determinó que la que la variación del tipo de fibra sintética y el número de capas empleado influye directamente en la energía de falla del material obteniendo mejores resultados utilizando fibra sintética de aramida con cuatro capas y a una orientación de 0°-90° [2].

De acuerdo con el estudio realizado por Navarro García Osvaldo A. y Ramírez Zambrano Andrés D. con el tema **“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN MATERIAL COMPUESTO REFORZADO CON FIBRA DE FIQUE Y FIBRA DE VIDRIO EN UNA MATRIZ DE RESINA EPÓXICA”** concluyeron que al momento de seleccionar el tipo de resina que se iba a utilizar como matriz para preparar el material compuesto se observó que a un mayor contenido de thinner (disolvente adelgazador) las probetas mostraban un mejor comportamiento a flexión y a una mayor adición de catalizador mostraban una tendencia a absorber mayor impacto. Estas tendencias llevaron a escoger la resina c3 la cual mostraba mayor contenido de ambos (thinner y catalizador). La adición de fibras naturales como el fique y fibra sintética como el vidrio E, contribuyen de buena manera a las propiedades del compuesto. El fique aporta buenas propiedades para ser tenido en cuenta como material de refuerzo, este tipo de materiales naturales pueden ser tenido en cuenta como una gran oportunidad de agregado. Según los resultados obtenidos este tipo de refuerzos brinda mejoras a las propiedades de impacto del material mejorando en entre un 1000 y 1600% esta propiedad. Los refuerzos de las fibras de fique aumentaron en un 1483,78% comparado con la matriz [3].

De acuerdo con el estudio realizado por Pacha Guashco Segundo Santiago bajo el tema de **“CARACTERIZACIÓN MECÁNICA Y NUMÉRICA DEL MATERIAL HÍBRIDO DE MATRIZ EPOXI REFORZADA CON TEJIDO PLANO DE FIBRA VEGETAL (ALGODÓN) Y FIBRA NATURAL (FIBRA DE CABUYA).”** concluyó que los parámetros que se determinó para el conformado del material híbrido son las

fracciones volumétricas, el número de capas de tejido plano y su orientación entre las fibras de algodón y cabuya, el tipo de estratificación como las normas a aplicar para cada tipo de ensayo. Para analizar las fracciones volumétricas se basó en los resultados obtenidos de todos los ensayos reales y se determinó que con la variación de las fracciones volumétricas de la matriz como también las fracciones volumétricas de los refuerzos y sus orientaciones existen variaciones en los resultados de las propiedades mecánicas. El proceso para el moldeado de las probetas del material híbrido de matriz de resina epóxica reforzado con tejido plano de fibra de algodón y cabuya se estableció de acuerdo al tipo de estratificación en este caso la estratificación a compresión [4].

Vilañez Espinoza Pablo Hugo en su estudio realizado con el tema **“CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN MATERIAL COMPUESTO FABRICADO CON MATRIZ DE RESINA EPÓXICA Y REFUERZO DE FIBRA NATURAL DE TOTORA”** concluyó que se logró encontrar la metodología para la extracción de la fibra de totora y utilizando la fracción de fibra-resina 40/60 que fue la más adecuada porque permitió determinar las propiedades mecánicas del material compuesto de matriz epóxica y fibra de totora. Se encuentra la caracterización del material compuesto con matriz epóxica y fibra de totora conforme a la norma ASTM 3039-14 para el ensayo a tracción y la ASTM254-15 para el ensayo de flexión. El mejor tratamiento químico para la extracción de la fibra fue con el hidróxido de sodio, además aumento la adhesión entre la fibra y el polímero, se evidencia que la totora presenta deterioro con este tratamiento y cambio las propiedades mecánicas en comparación con las propiedades obtenidas en la investigación de Mejía Cosme [5].

1.1.1 Justificación

La ingeniería de materiales en la actualidad tiene un sin número de aplicaciones como en la medicina, en la industria automotriz, electrónica todo esto se lleva a cabo a base de estudios de los componentes que van a ser la parte principal de un nuevo material compuesto, en donde se evalúa su resistencia a flexión, compresión e impacto para tener la seguridad de recomendar o utilizar estos materiales en las industrias.

“A nivel mundial, en la industria aeronáutica existe gran preocupación ya que al momento de que un avión termina su vida útil este es retirado y se estima que desde 2004 hasta 2023 se eliminará un aproximado de 4000 unidades, por esta razón en la fabricación de aviones se está reduciendo el uso de materiales agresivos con el medio ambiente como el cadmio, cromados, aluminio, aceros entre otros, poco a poco la utilización de este tipo de materiales se han ido sustituyendo por una gran cantidad de materiales compuestos. En Europa la utilización de fibras naturales en la industria automotriz se hace cada vez más atractivo por lo que en un año se utilizan aproximadamente 80000 toneladas de fibras naturales en adecuación y reforzamiento de paneles termoplásticos” [1].

El avanzado creciente de las tropas militares ha visto la necesidad de incursionar en nuevos materiales por lo que se ha visto la necesidad de encontrar un material compuesto que reemplace los actuales utilizados en las aeronaves (fibra de vidrio, aluminio, madera) del CID-FAE con la misma o superior resistencia para reducir el consumo de combustible y contar con un material que permita dar mantenimiento a las aeronaves de la mejor manera con gran facilidad.

El presente proyecto generará beneficios al proyecto de investigación: “ANÁLISIS NUMÉRICO EXPERIMENTAL DE UN NUEVO MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ EPOXI PARA LA APLICACIÓN EN LA FABRICACIÓN Y/O REPARACIÓN DE SUPERFICIES DE VUELO (WING TIP-FAIRING ASSY), APLICABLES A LA FLOTA DE AERONAVES DE LAS FUERZAS ARMADAS” aprobado mediante resolución :1539-CU-P-2018.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

- Analizar el material compuesto alternativo de matriz epoxi reforzada con fibras sintéticas para establecer las propiedades mecánicas en las superficies de vuelo en las aeronaves del CID-FAE.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar los parámetros adecuados de la réplica del material compuesto alternativo.
- Caracterizar mediante ensayos a tracción, flexión e impacto de las probetas bajo la normativa ASTM D.
- Establecer el caso óptimo mediante pruebas estadísticas del material compuesto alternativo para las superficies de vuelo del CID-FAE.

CAPÍTULO II.- METODOLOGÍA

2.1 Fundamentación teórica

2.1.1 Ingeniería de materiales

Los materiales son elementos que adquieren todas las cosas que están a nuestro alrededor. El principio de la cultura con la energía los materiales han sido empleados por las personas para progresar socialmente. Sabemos que los materiales componen a la mayoría de productos, éstos se encuentran en cualquier parte de nuestro hábitat sean estos metálicos, cerámicos, polímeros etc [6].

Gracias a nuevos softwares hay un incremento de materiales. Con el emprendimiento de materiales se ha llegado a tener productos terminados que favorecen al crecimiento del capital local [6].

La elaboración de diseños por profesionales de tercer nivel de la rama de Ingeniería puede crear productos y también obtener métodos para la elaboración de materiales. Los ingenieros deben saber las propiedades de los materiales para poder elegir los métodos más convenientes en el proceso de fabricación. [6].

“Los materiales de ingeniería se clasifican en tres categorías como: a) materiales metálicos, b) productos cerámicos, c) materiales poliméricos; cada material tiene propiedades mecánicas, físicas y químicas muy diferentes que afectan los procesos de manufacturas en la obtención de productos terminados. Otra categoría al combinar los materiales antes mencionados es el: d) material compuesto” [4].

Materiales compuestos

“Material compuesto es la combinación de dos o más materiales de diferentes formas, composiciones y función, con la finalidad de adquirir un material original, con propiedades únicas y mejores que la de sus constituyentes individuales” [4].

Los materiales compuestos están formados por dos fases; una continua denominada matriz y otra dispersa denominada refuerzo. El refuerzo proporciona las propiedades mecánicas al material compuesto y la matriz la resistencia térmica y ambiental. Matriz y refuerzo se

encuentran separados por la interface. La idea principal en el desarrollo de compuestos es combinar las propiedades de distintos materiales. Los compuestos se forman a partir de dos o más materiales, produciendo propiedades que no se encuentran en un solo material [3].

Las propiedades de un material compuesto dependen de las propiedades de los materiales que lo constituyen, de su distribución orientación e interacción, estas características lo muestra la Figura 1 [7], [8] .

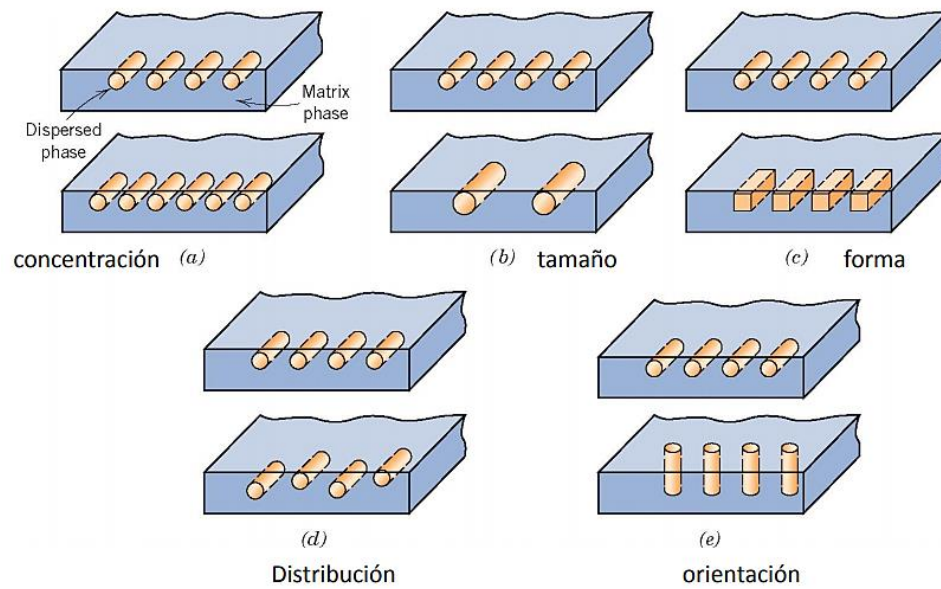


Figura 1. Propiedades de un material compuesto.

Fuente: [7]

2.1.1.1 Clasificación de los materiales compuestos

Los materiales compuestos se dividen en dos grupos:

- Por su tipo de matriz
- Por su tipo de refuerzo

A. Por su tipo de matriz

- a) Polimérica
- b) Cerámica
- c) Metálica

B. Por su tipo de refuerzo

De acuerdo a su tipo de refuerzo se dividen en tres grandes grupos que a continuación se detalla en la Figura 2 [4].

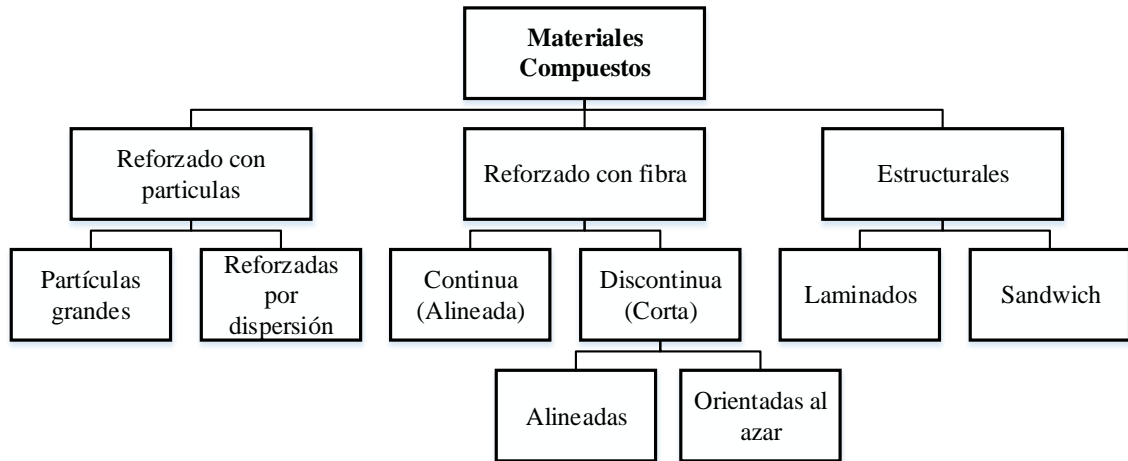


Figura 2. Tipos de materiales compuestos.

Fuente: [4]

2.1.1.2 Materiales compuestos de matriz polimérica

Los materiales compuestos pueden definirse como la combinación a un nivel macroscópico de uno o más componentes que no son solubles entre ellos (sinérgicamente), el nuevo material obtendrá propiedades determinadas que dependen del tipo de interfaz y de las características de sus constituyentes. Un material compuesto se forma generalmente de una fase rígida y resistente denominada refuerzo que se encuentra embebido en un material continuo denominado matriz que es encargada de repartir y transmitir las cargas al refuerzo [2].

2.1.1.3 Clasificación de las matrices

Las matrices se dividen en

- Polimérica
- Metálica
- Cerámica

2.1.2. Matriz polimérica

Los polímeros tienen las estructuras internas más complejas en relación con los metales o cerámicos, son materiales que se procesan fácilmente y el costo es mucho menor que los aceros. Los polímeros se obtienen por dos métodos: polimerización por condensación y por adición [4].

La matriz polimérica se puede reforzar con dos tipos de fibras ya sea natural o sintética. Existen diferentes tipos de matrices poliméricas como:

- a) Termoestables
- a) Termoplásticas
- b) Elastómeras

La clasificación de las resinas se indica en La Tabla 1. [4] .

Tabla 1. Clasificación de resinas

Resinas	Clasificación
Termoplásticos	Polipropileno (PP) Poliamidas (PA) Policarbonato (PC) Poliésteres Saturados (PET, PBT) Poliacetales (POM) Polieteretercetonas (PEEK) Polímeros fluorados (PF)
Termoestables	Poliésteres Insaturados (UP) Poliepóxicos (EP) Poliamidas (PI)

	Poliesterilpirioínas (PSP) Fenoplastos (PF)
Elastoméricas	Poliuretanos (PU) Silicona (SI)

Fuente: [4]

2.1.2.1 Resinas epóxica

Son materiales poliméricos termofijos, dado que estos no forman elementos de reacción cuando son endurecidos (anillo recorrido) ya que no producen ningún problema al sanarse. La adhesión de esta resina es de 26 y presenta mucha resistencia química y al entorno, también es muy buen aislante eléctrico con propiedades mecánicas [6].

2.1.2.2 Aplicación de la resina epóxica

La utilización de la resina epóxica depende del peso molecular, véase las propiedades de la resina en la Tabla 2 y las aplicaciones son:

Pinturas y acabados.

- “En el sector industrial de la construcción se utiliza para unir bloques y como argamasa para edificios, de la misma manera como unión entre hormigones, morteros, juntas, membranas, anclajes, pinturas y reparación estructural.
- Materiales compuestos
- Sistemas eléctricos y electrónicos
- Consumo y aplicaciones náuticas, y en partes estructurales en aeronaves.
- Industria [4].

Tabla 2. Propiedades de la resina Aeropoxy PR2032 con catalizador PH3630.

	PR2032 PH3630	PR2032 with PH3660				PR2032 PH3663	PR2032 PH3665	ASTM Method
		Neat Resin (Unreinforced)	With Fiberglass	With Graphite	With Kevlar			
Mix Ratio	100:27 By Weight, or 3 to 1 By Volume					100:25 By Weight	100:27 By Wt. 3 to 1 By Vol	PTM &W
Pot Life, @ 77°F	30 minutes	1 hour				1.5 Hour	2 hour	D2471
Specific Gravity, grams, cc	1.16	1.11				1.109	1.12	D1475
Density, lb./cu. Inch	0.042	0.0401				0.0101	0.041	D792
Specific Volume, cu. In/lb	23.8	25				24.96	24.4	D792
Tensile Strength, psi (1)	45.350 psi	9.828 psi	45.170 psi	75.640 psi	45.400 psi	40.010 psi	45.870 psi	D638
Elongation at Break, % (1)	1.91%	1.9%	1.96%	0.91%	1.31%	1.67%	1.98%	D638
Tensile modulus, psi (1)	2.800,000 psi	418.525 psi	2.620,000 psi	8.170,00 psi	3.700,00 psi	2647.520 psi	2.520,000 psi	D638
Flexural Strength, psi (1)	68,167 psi	16,827 psi	62,285 psi	96,541 psi	34,524 psi	65,461 psi	66,667 psi	D790
Flexural Modulus, psi (1)	2,7700,000 psi	462,910 psi	2,560,000 psi	6,480,00 psi	2,500,00 psi	2,639,766 psi	3,050,00 psi	D790
(1) Fiberglass Propities Derived with A 10 Ply L laminate, Hand Lay-up. Style 181 Glass Fabric, 55% Glass Content: Graphite Propities with a 10 Ply Laminate of 5.6 oz. 3K Fabric; and Kevlar Propities with A10 Ply Laminate of 5 oz. Levlar								

Fuente: [4]

2.1.2.3 Análisis de la réplica del material

Tecnológicamente, los materiales compuestos con fases dispersas en forma de fibras son los más importantes. A menudo se diseñan materiales compuestos reforzados con fibras con la finalidad de conseguir elevada resistencia y rigidez a baja densidad. Estas características se expresan mediante los parámetros resistencia específica y módulo específico, que corresponden, respectivamente, a las relaciones entre la resistencia a la tracción y el peso específico y entre el módulo de elasticidad y el peso específico. Utilizando materiales de baja densidad, tanto para la matriz como para las fibras, se fabrican compuestos reforzados con fibras que tienen resistencias y módulos específicos excepcionalmente elevados [9].

2.1.3. Fibras

Desde la antigüedad a las fibras se utilizaban de manera de materia prima para crear sábanas, papel, vestidos, entre otros. Con la investigación y el emprendimiento de nuevos materiales se establecieron como material de refuerzo en distintas matrices cerámicas y metálicas, ya que el propósito era crear nuevas propiedades mecánicas y físicas, en materiales compuestos [1].

2.1.3.1 Clasificación de las fibras

La clasificación de las fibras se muestra en la Figura 3 [1].

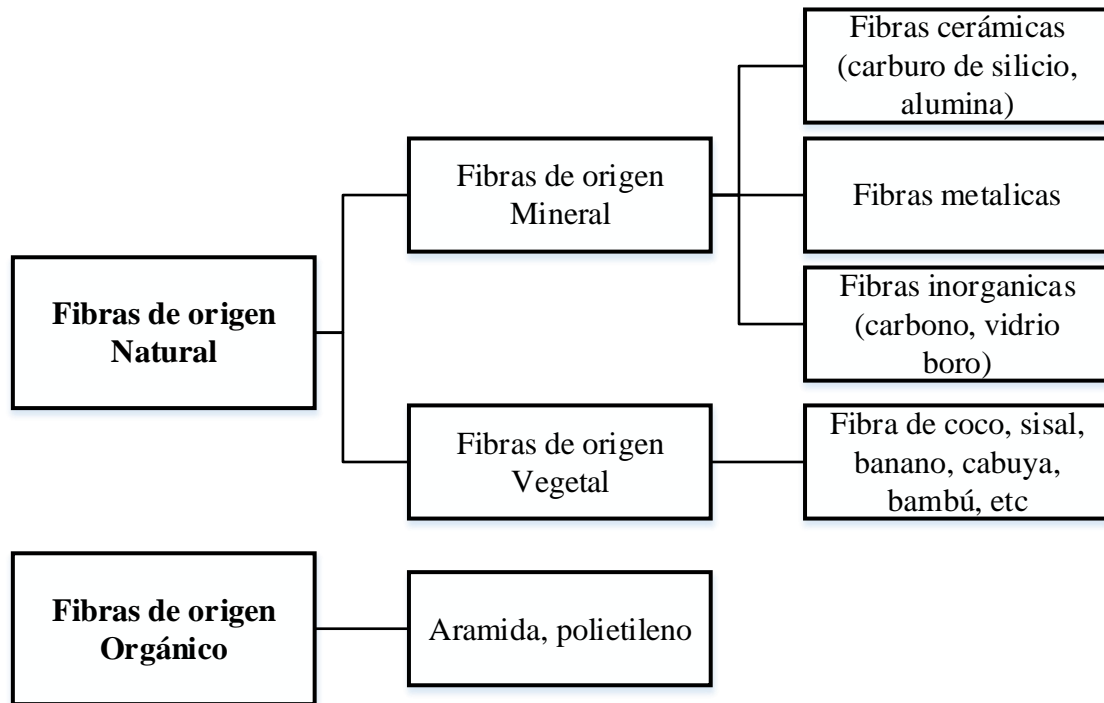


Figura 3. Clasificación según su origen.

Fuente: [1]

2.1.3.2 Fibras Naturales

El origen de estas fibras es la naturaleza ya que se obtienen de plantas, minerales y animales. Una de estas fibras es la vegetal que se utiliza ampliamente ya que una de sus principales características es repararse en poco tiempo. Estas fibras son lignocelulósicas y se representan en cultivos, plantas, etc [1].

La clasificación de las fibras vegetales observadas en la Figura 4, como material de refuerzo en los materiales compuestos se han visto opacada por la degradación de estas dentro de las matrices, no obstante, esto ha provocado el desarrollo de estudios en los cuales se busca incrementar la durabilidad de la fibra, permitiendo el uso de las mismas [1].

Las fibras vegetales están constituidas principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina, por tal razón son llamadas fibras lignocelulósicas. Su estructura se encuentra formada por varios elementos minoritarios como proteínas, resinas, ceras y algunos

productos inorgánicos. La composición química de las fibras vegetales varía según las diferentes especies, la edad de la planta y las condiciones climáticas, pero de manera general se ha determinado que la relación entre la celulosa, hemicelulosas y lignina es aproximadamente de 4:3:3 [1].

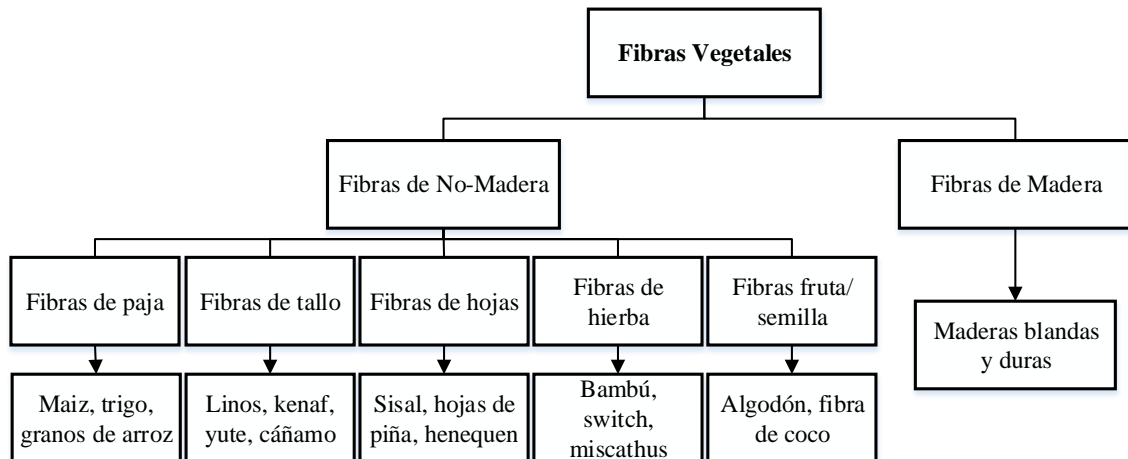


Figura 4. Fibras Vegetales.

Fuente: [1]

2.1.3.3 Fibras Inorgánicas

Este tipo de fibras son las más conocidas y utilizadas como las de carbono, poliméricas e inorgánicas, la cual está dentro de las fibras de vidrio que se caracterizan por tener mucha resistencia y costo mínimo. El tipo E eléctrico es la más adquirida ya que tiene resistencia mecánica, eléctrica, rigidez, así pueden utilizarse en distintos campos. Estas fibras prácticamente jamás se utilizan en el campo textil. [1].

A. Fibra de vidrio

Este tipo de fibra empleada como refuerzo posee excelentes cualidades como una excelente adherencia fibra/matriz, buenas propiedades dieléctricas y excelente relación resistencia/coste, es el refuerzo más utilizado dentro de la fabricación de materiales compuestos. Las fibras de vidrio están formadas principalmente por sílice que, combinada con diferentes porcentajes de óxidos como la alúmina, alcalinos y alcalinotérreos permite modificar las características de la fibra. Las aplicaciones más comunes son carrocerías de automóviles y barcos, recipientes de

almacenaje, principalmente la industria del transporte en general. Véase las propiedades de la fibra de vidrio en la Tabla 3 [2].

Tabla 3. Propiedades fibra de vidrio.

Tipo	Vidrio E	Vidrio R/S	Vidrio C
Resistencia a la tracción (GPa)	3.4 - 3.5	3.4 - 4.6	3.1
Módulo elástico (GPa)	72 - 73	85 - 87	71
Densidad (Kg/ m ³)	2600	2500 - 2530	2450
Alargamiento a la rotura (%)	3.3 – 4.8	4.2 – 5.4	3.5
Resistencia específica (GPa* cm ³ /g)	1,3 - 1,35	1,7 - 1.85	1.3
Módulo E específico (GPa*cm ³ /g)	27.7 - 28.2	34 - 34.9	29
Chef. Transmisión térmica (10 ⁶ /°k)	5	4 – 5.1	7.2
Diámetro del filamento (µm)	8--20	10	20

Fuente: [2]

La mayoría de fibras de vidrio están basadas en sílice (SiO₂), con adiciones de óxidos de calcio, boro, sodio, hierro y aluminio. En la Tabla 4 resaltamos las fibras convencionales más destacadas en el mercado junto a sus propiedades mecánicas a la tracción [1].

Tabla 4. Propiedades de tracción.

Fibras	Módulo (Gpa)	Resistencia (GPa)	Densidad (g/cm³)	Defom. Rotura (%)
Fibras Orgánicas				
Kevlar 29	65	2.8	1.44	4.0
Kevlar 49	125	3.5	1.44	2.3
Kevlar 149	185	3.4	1.47	–
Fibras Inorgánicas				
Vidrio E	75	3.5	2.58	4
Vidrio S	90	4.5	2.46	–
Vidrio C	69	3.3	2.49	–
Boro	415	3.5	2.5-2.6	–
SiC	400	3.45	3	–
Al ₂ O ₃	350-380	1.7	3.7	–
Fibras Textiles				
Poliéster (PET)	3-10	0.4-0.8	1.39	–
Nylon 66	1-5	0.3-0.8	1.14	–

Fuente: [1]

Para el proceso de obtención las materias primas se funden en una tolva y el vidrio fundido se alimenta a los 10 casquillos o crisoles de platino calentados eléctricamente; cada casquillo contiene alrededor de 200 agujeros en su base. El vidrio fundido fluye por gravedad a través de estos agujeros, formando finos filamentos continuos; estos se juntan en un hilo y se aplica un tamaño antes de que se enrolle en un tambor. El diámetro final de la fibra es una función del diámetro del orificio del buje; viscosidad, que es función de la composición y la temperatura; y la cabeza de vidrio en la tolva. Los filamentos de vidrio se dañan fácilmente por la introducción de defectos en la superficie para minimizar esto y facilitar el manejo de estas fibras, se da un tratamiento de dimensionamiento. El tamaño, o recubrimiento, protege y une los filamentos en una hebra. La Figura 5 muestra esquemáticamente el procedimiento de fabricación convencional para las fibras de vidrio [2].

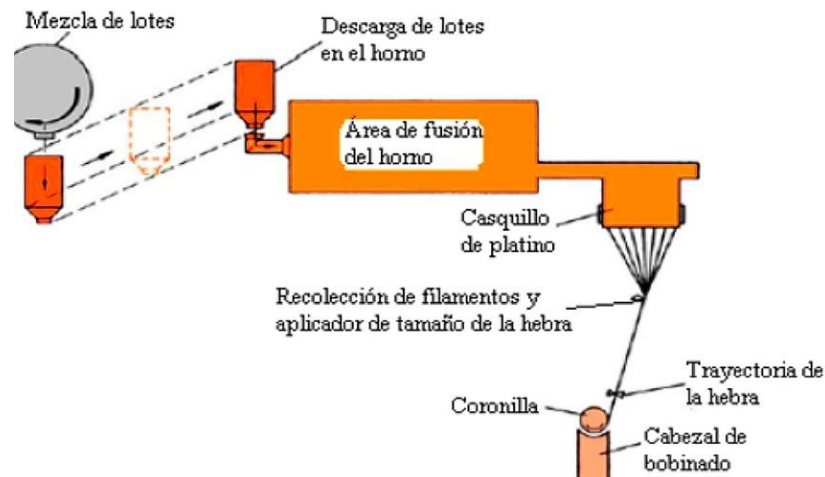


Figura 5. Proceso de fabricación fibra de vidrio
Fuente: [2]

B. Fibra de Carbono

Las fibras de carbono tienen un diámetro de 7 a 8 μm , son frágiles y muestran una recuperación elástica del 100% cuando se someten a esfuerzos inferiores a los de rotura. Por otro lado, las propiedades transversales de las fibras son muy inferiores a las longitudinales. Uno de los mayores problemas que presentan las fibras de fibras de carbono es la variabilidad de sus propiedades indicadas en la Tabla 5 ,

debido principalmente a la longitud ya que al aumentar ésta aumenta también la posibilidad de existencia de un defecto [2].

Tabla 5. Propiedades fibra de carbono

Tipo	Carbono HT	Carbono HM	Carbono IM
Resistencia a la tracción (GPa)	2.6 - 5	2.0 – 3.2	3.4 – 5.9
Módulo elástico (GPa)	228 - 238	350 - 490	280 - 400
Densidad (Kg/ m ³)	1740 – 1830	1790 - 1910	1730 - 1800
Alargamiento a la rotura (%)	1.2 - 2	0.4 – 0.8	1.1 – 1.9
Resistencia específica (GPa* cm ³ /g)	1.5 - 2	1.1 – 1.7	2.0 – 3.1
Módulo E específico (GPa*cm ³ /g)	127 - 134	190 - 260	160 - 200
Chef. Transmisión térmica (106/°k)	-0.1 A -0.7	-0,5 a -1,3	-
Diámetro del filamento (µm)	7-8	6,5 - 8	5 - 7

Fuente: [2]

Para la obtención en todos los procesos de fabricación de la fibra de carbono se produce oxidación controlada y carbonización de las fibras precursoras a elevadas temperaturas. En función de la temperatura final alcanzada durante el proceso, se obtiene fibras de mayor resistencia y módulo elástico más elevado. Los procesos consisten en una secuencia de pasos: estabilización, carbonización, grafitización, y tratamiento de superficie [2].

Dentro de la estabilización un filamento de copolímero de poliacrilonitrilo (PAN) es estirado para alinear sus redes internamente, luego se produce un calentamiento en atmosfera oxidante desde temperaturas de 200° C hasta 250° C manteniendo la tensión sobre las fibras para adquirir estabilidad dimensional. En la carbonización se realiza un calentamiento en atmósfera inerte a temperaturas de hasta 1500° C [2].

2.1.3.4 Fibras Orgánicas

A. Fibra de Aramida

La fibra de aramida fue presentada comercialmente en 1972 por Du Pont con el nombre comercial de Kevlar, este tipo de fibras tiene un alto grado de cristalinidad en los cuales las cadenas moleculares son alineadas y rigidizadas con anillos aromáticos, a partir de esto provienen sus peculiares características de rigidez y resistencia, así como estabilidad térmica como se puede observar en la Tabla 6 [2].

Tabla 6. Propiedades fibra de aramida

Tipo	Normal (kevlar®29)	HM (kevlar®49)
Resistencia a la tracción (GPa)	2.8 - 3	2.8 – 3.4
Módulo elástico (GPa)	58 - 80	120 - 186
Densidad (Kg/ m ³)	1390 - 1440	1450 - 1470
Alargamiento a la rotura (%)	3.3 – 4.4	1.9 – 2.4
Resistencia específica (GPa* cm ³ /g)	1.9 – 2.2	1.9 – 2.3
Módulo E específico (GPa*cm ³ /g)	40 - 56	83 - 127
Chef. Transmisión térmica (106/°k)	-2 a -6	-2 a -6
Diámetro del filamento (µm)	12	12

Fuente: [2]

2.1.4 Resistencia de materiales

Los materiales sólidos reaccionan de diferente manera a diferentes cargas o fuerzas ejercidas; según la dirección o sentido de las mismas es como se definen sus resistencias (a compresión o tracción), y los efectos que provocara en dichos materiales (deformación, pandeo, etc.) Estas resistencias se pueden medir y para ello se establecen diferentes parámetros para realizarlo [9].

A. Compresión

“Sentido en que es producida una fuerza con respecto a un cuerpo de un determinado material, intentando reducir su longitud. Un elemento está sometido a compresión cuando actúan sobre él dos fuerzas que posean” [9].

- La misma dirección (sobre una misma línea)
- Sentido contrario, son convergentes; es decir, están dirigidas hacia un mismo punto.

B. Tracción

Se llama tracción a una forma diferente de trabajo de los materiales opuesta a la compresión, y en que actúan fuerzas en direcciones contrarias que tienden a producir su alargamiento. Es el resultado de la actuación de dos fuerzas que tienen [9].

- La misma dirección (sobre una misma línea)

- Sentido contrario, son divergentes; es decir, están dirigidas hacia el exterior.

C. Índice de Poisson

“El índice de Poisson nos indica que un material isótropo (ciertas magnitudes vectoriales medibles dan resultados idénticos independientemente de la dirección escogida para la medida), cuando se estira longitudinalmente se adelgaza en las direcciones perpendiculares a la de estiramiento” [9].

D. Módulo de Young

Módulo de elasticidad es un parámetro que caracteriza el comportamiento de un material elástico, según la dirección en que se aplica una fuerza. El límite elástico es distinto para los diversos materiales. El módulo de elasticidad es una constante elástica que puede calcularse empíricamente en base al ensayo de tracción del material [9].

E. Deformación

Es el cambio en el tamaño o forma de un cuerpo debido a esfuerzos internos producidos por una o más fuerzas aplicadas sobre el mismo o la ocurrencia de la dilatación térmica [9].

2.1.4.1 Fracciones de volumen y peso

Uno de los factores más importantes que determinan las características mecánicas de un material compuesto es la proporción relativa de matriz-refuerzo. Esta proporción se puede presentar como una fracción de volumen o una fracción de peso (masa). Las fracciones en masa son consideradas como las más fáciles de medir al fabricar los materiales compuestos, pero son las fracciones de volumen las que por lo general aparecen en los modelos teóricos, por lo tanto, es importante y/o necesario saber cómo pasar de una fracción a otra [10].

2.1.4.2 Fracciones de volumen

Se considera que el material compuesto este hecho de un volumen de partículas y un volumen de matriz.

$$V_c = V_p + V_m \quad (1)$$

Donde:

V_c : Volumen del compuesto

V_p : Volumen de las partículas

V_m : Volumen de la matriz

La sumatoria de las fracciones en volumen tanto de partículas y de la matriz va a ser igual a 1.

$$V_p + V_m = 1 \quad (2)$$

Donde:

V_p : Fracción de volumen de las partículas

V_m : Fracción de volumen de la matriz

2.1.4.3 Fracciones de peso

Las fracciones de peso en masa se definen de manera similar ya que el material compuesto está constituido de cierta cantidad en peso de partículas de caucho y cierta cantidad en peso de matriz [10].

$$P_c = P_p + P_m \quad (3)$$

Donde:

P_c : Peso del compuesto

P_p : Peso de las partículas

P_m : Peso de la matriz

La sumatoria de las fracciones de peso de las partículas y la matriz va a ser igual a 1.

$$P_p + P_m = 1 \quad (4)$$

Donde:

P_p : Fracción de peso de las partículas

P_m : Fracción de peso de la matriz

2.1.4.4 Relación volumen y peso

Por definición la relación entre el volumen y el peso del compuesto van a ser igual a la densidad del material compuesto, por lo tanto, los pesos y volúmenes tanto de las partículas y la matriz está vinculados por las siguientes relaciones [10].

$$P_c = \rho_c v_p \quad (5)$$

$$P_p = \rho_p v_p \quad (6)$$

$$P_m = \rho_m v_m \quad (7)$$

Donde:

ρ_c : Densidad del compuesto

ρ_p : Densidad de las partículas

ρ_m : Densidad de la matriz

Al reemplazar las relaciones en la ecuación (3), da como resultado la densidad del material compuesto.

$$P_c = \rho_p v_p + \rho_m v_m \quad (8)$$

O solo en función de la fracción de volumen de las partículas.

$$P_c = \rho_p v_p + \rho_m (1 - v_p) \quad (9)$$

Al reemplazar las relaciones en la ecuación (1), da como resultado.

$$\frac{P_c}{\rho_c} = \frac{\rho_p}{\rho_p} + \frac{\rho_m}{\rho_m} \quad (10)$$

Por tanto, el peso del volumen del material compuesto en función de las densidades es igual:

$$P_c = \frac{1}{\frac{\rho_p}{\rho_p} + \frac{\rho_m}{\rho_m}} \quad (11)$$

La ecuación (12) da a conocer las relaciones entre las fracciones de peso y las fracciones de volumen a partir de las relaciones de definición.

$$P_p = \frac{P_p}{P_c} = \frac{\rho_p v_p}{\rho_c v_c} = \frac{\rho_p}{\rho_c} v_p \quad (12)$$

Por lo tanto:

$$P_m = \frac{\rho_m}{\rho_c} v_m \quad (13)$$

Las relaciones inversas se obtienen de la misma manera, se deduce que:

$$v_p = \frac{\rho_p}{\rho_c} P_p \quad (14)$$

$$v_m = \frac{\rho_m}{\rho_c} P_m \quad (15)$$

2.1.5 Ensayo de materiales

2.1.5.1 Ensayo de Flexión

La determinación de la rigidez a la flexión y propiedades de resistencia viene dada por la norma ASTM D7264. El objetivo de este ensayo es saber las propiedades mecánicas de los materiales y cómo reaccionan a esfuerzos y deformaciones. Es muy importante saber

las propiedades ya que pueden cambiar dependiendo el tipo de probeta y los resultados pueden variar dependiendo el mínimo error en el laminado.[2].

La Figura 6 muestra la prueba de flexión mediante la norma ASTM D7264.



Figura 6. Máquina de ensayos universales MTS TK/T5002 de 5 KN

Fuente: El Autor

A. Resistencia máxima a Flexión

“En la flexión obran fuerzas perpendiculares al eje recto de la barra o viga, el plano de carga corta a las secciones transversales en la flexión simple, según un eje principal” [9]. La resistencia máxima a flexión de da mediante la relación de la ecuación 16.

$$\sigma_f = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (16)$$

Dónde:

σ_f : Esfuerzo máximo de flexión (MPa)

P: Fuerza máxima aplicada (N)

L: Longitud de soportes (mm)

b: Ancho de la probeta (mm)

h: Espesor de la probeta (mm)

B. Módulo de elasticidad a Flexión

Para determinar el módulo de elasticidad a flexión se utiliza la ecuación la ecuación 17.

$$E_f = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (17)$$

Dónde:

E_f : Modulo de Elasticidad (MPa)

σ : Tensión en la superficie externa en el tramo medio (MPa)

ϵ : Determinación unitaria del material

C. Deformación Unitaria

Para la deformación unitaria se utiliza la ecuación la ecuación 18.

$$\epsilon = \frac{6\delta h}{L^2} \quad (18)$$

Dónde:

ϵ : Determinación unitaria del material

δ : Longitud de deflexión (mm)

L: Longitud de soportes (mm)

h: Espesor de la probeta (mm)

2.1.5.2 Ensayo de Tracción

En los ensayos mecánicos que se realizan a los materiales compuestos el de mayor realce es de tracción ya que en él se realiza con una carga uniaxial que direcciona todo el esfuerzo hacia la sección de la probeta a ensayarse con el fin de obtener la falla con la mayor fuerza que la tolera. La Figura curva tensión – deformación del material se obtiene mediante

carga uniaxial y la extensión que se produce en la misma para luego obtener análisis y conclusión de este ensayo.[11].

El ensayo de Tracción se basa según la norma ASTM D3039/D3039M-08 y el empleo de una Máquina de Ensayos Universales de hasta 50 KN para materiales polímeros, cerámicos, compuestos, que pertenece a la familia Metrotec Serie MTE50 como se muestra en la Figura 7 [12].

A. Resistencia de Tracción

Es el valor numérico del esfuerzo más alto al que se realiza la probeta, obteniendo un alargamiento o acortamiento en la dirección de la carga aplicada [13].



Figura 7. Máquina de Ensayos Universales INSTRON

Fuente: El Autor

La ecuación 19 calcula la resistencia de tracción.

$$\sigma = \frac{P_{max}}{A} \quad (19)$$

Dónde:

σ : Esfuerzo máximo en (MPa)

P_{max} : Carga máxima en (N)

A : Área de la selección transversal en (mm^2)

B. Módulo de Elasticidad

El módulo de elasticidad o módulo de Young (E), es la pendiente de la curva esfuerzo deformación unitaria en su región elástica. A esta relación entre esfuerzo y la deformación en la región elástica se le conoce como ley de Hooke [12].

Este módulo de elasticidad está representado por la ecuación 20.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (20)$$

Dónde:

E: Módulo de Elasticidad / Young en (Mpa)

E: Módulo de Elasticidad en (MPa)

σ : Esfuerzo máximo en (MPa)

ϵ : Determinación unitaria del material

C. Deformación unitaria del material

“Es una propiedad con la cual se puede determinar el grado de deformación plástica que puede soportar la probeta hasta su posterior fractura. Esta propiedad se puede encontrar con la medición del alargamiento relativo porcentual o porcentaje de deformación plástica” [13].

La ecuación 21 determina la deformación unitaria del material.

$$\epsilon = \frac{l_s}{l_g} \quad (21)$$

Dónde:

ϵ : Determinación unitaria del material

l_s : Distancia de sujeción en el extensómetro

l_g : Longitud de calibración del extensómetro

2.1.5.3 Ensayo de Impacto

“Este tipo de ensayo nos permite determinar la energía de falla del material. El procedimiento del ensayo consiste en dejar caer el dardo como se muestra en la Figura 8 sobre la probeta colocada en la máquina, tomando en cuenta que el dardo no debe rebotar. Posteriormente se retira la probeta y se procede a examinar si la probeta ha sufrido o no

algún daño ya que se considera como falla al aparecimiento de alguna fisura en la probeta la cual debe ser detectado a simple vista y bajo condiciones de luz natural” [14].



Figura 8. Máquina tipo caída de masas de Impacto

Fuente: El Autor

A. Energía Máxima a Ruptura

La relación de la ecuación 22 determina la energía máxima a rotura.

$$MFE = h \times w \times f \quad (22)$$

Dónde:

MFE: Resistencia máxima al
impacto

h: Altura máxima de ruptura (mm)

w: masa máxima de ruptura (kg)

f: Factor de conversión ($9,80665 \times 10^{-3}$) si h en (mm) y w en (kg)

2.2 Método

2.2.1 Tipo de investigación

2.2.1.1 Experimental

El presente proyecto se encuentra inmerso en la investigación experimental en donde se valora las variables independientes para observar cuales son los efectos que sufren con respecto a las variables dependientes (pruebas experimentales), de esta manera comparar con los resultados obtenidos mediante un análisis por elementos finitos.

2.2.1.2 Descriptivo

Es de tipo descriptivo ya que ayudara a identificar las diferentes combinaciones que se van a utilizar en la fabricación de las probetas, además para establecer y describir las propiedades mecánicas y los parámetros que presentaron las probetas ensayadas utilizando fichas técnicas.

2.2.1.3 Cuantitativo

Es de tipo cuantitativo ya que por razones obvias se obtendrán una gran cantidad de datos numéricos después de ensayar las distintas combinaciones de probetas, esta ayudara a identificar las propiedades del nuevo material.

2.2.1.4 Correlacional

Es de tipo correccional debido ya que ayudara a validar el modelo de elementos finitos con el ensayo de tracción donde se compararon las similitudes del análisis experimental con el numérico, esta validación se determinó con el porcentaje de error.

2.2.2 Población y muestra

Mediante un método experimental para obtener las propiedades mecánicas de cada combinación propuesta variando su combinación, número de capas y orientación se considera para los ensayos de flexión y tracción realizar una muestra de 5 probetas por cada caso tal como lo especifica la norma a flexión : D 7264/D7264M-07 en el apartado 9, a tracción : D3039/D 3039M-00 en el apartado 8 y para la prueba de impacto una

muestra de 9 probetas por cada caso como lo especifica la norma D5628-10 en el apartado 9 observándose los casos de estudio en la Tabla 7 .

Tabla 7. Casos de estudio

#	Combinación			Número de probetas		
	Denominación	Material	# Capas	Flexión	Tracción	Impacto
1	A	2 FV+2 FA +2 FC +1 FCo	7	5	5	9
2	B	3 FV+2 FA+2 FC +1 FCo	8	5	5	9
3	C	2 FV+3 FA +2 FC +1 FCo	8	5	5	9
4	D	2 FV+2 FA +3 FC +1 FCo	8	5	5	9
5	E	3 FV+2 FA+3 FC +1 FCo	9	5	5	9
6	F	3 FV+3 FA +2 FC +1 FCo	9	5	5	9
7	G	2 FV+3 FA +3 FC +1 FCo	9	5	5	9
8	H	6 FV+1 FCo	7	5	5	9
9	I	7 FV+1 FCo	8	5	5	9
10	J	7 FV+1 FCo	8	5	5	9
11	K	8 FV+1 FCo				

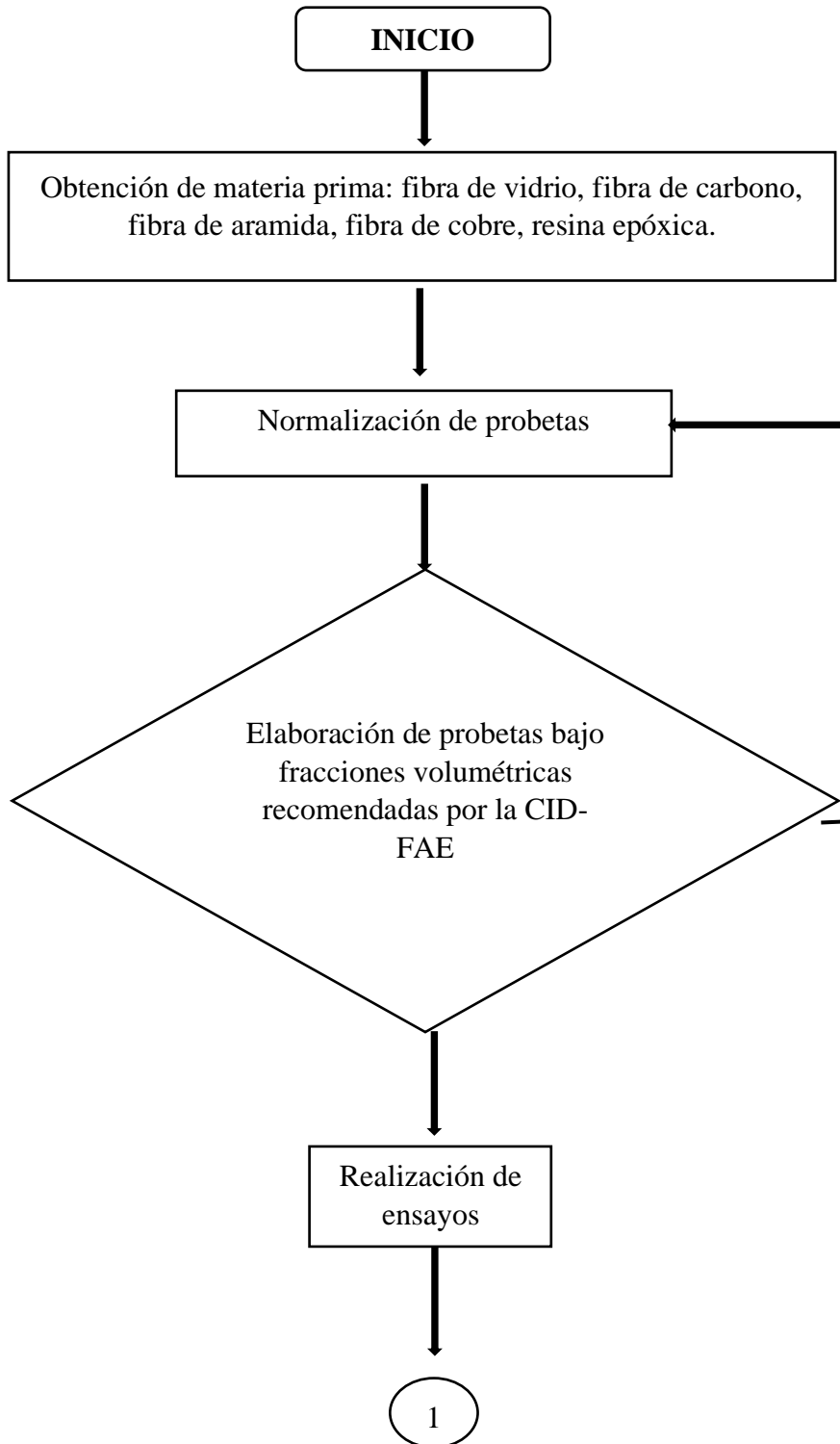
			9	5	5	9
12	L	8 FV+1 FCo	9	5	5	9
13	M	6 FA +1 FCo	7	5	5	9
14	N	7 FA +1 FCo	8	5	5	9
15	Ñ	7 FA +1 FCo	8	5	5	9
16	O	8 FA +1 FCo	9	5	5	9
17	P	8 FA +1 FCo	9	5	5	9
18	Q	6 C. +1 FCo	7	5	5	9
19	R	7 FC+1 FCo	8	5	5	9
20	S	7 FC +1 FCo	8	5	5	9
21	T	8 FC +1 FCo	9	5	5	9
22	U	8 FC +1 FCo	9	5	5	9
Total				110	110	198

Fuente: Autor.

En la siguiente Tabla 7 se muestra los casos de estudio con denominación de FV: Fibra de vidrio, FC: Fibra de carbono, FA: Fibra de aramida y FCo: Fibra de cobre.

2.2.3 Proceso de elaboración de Probetas

Los métodos utilizados en el estudio se dan en la Figura 9.



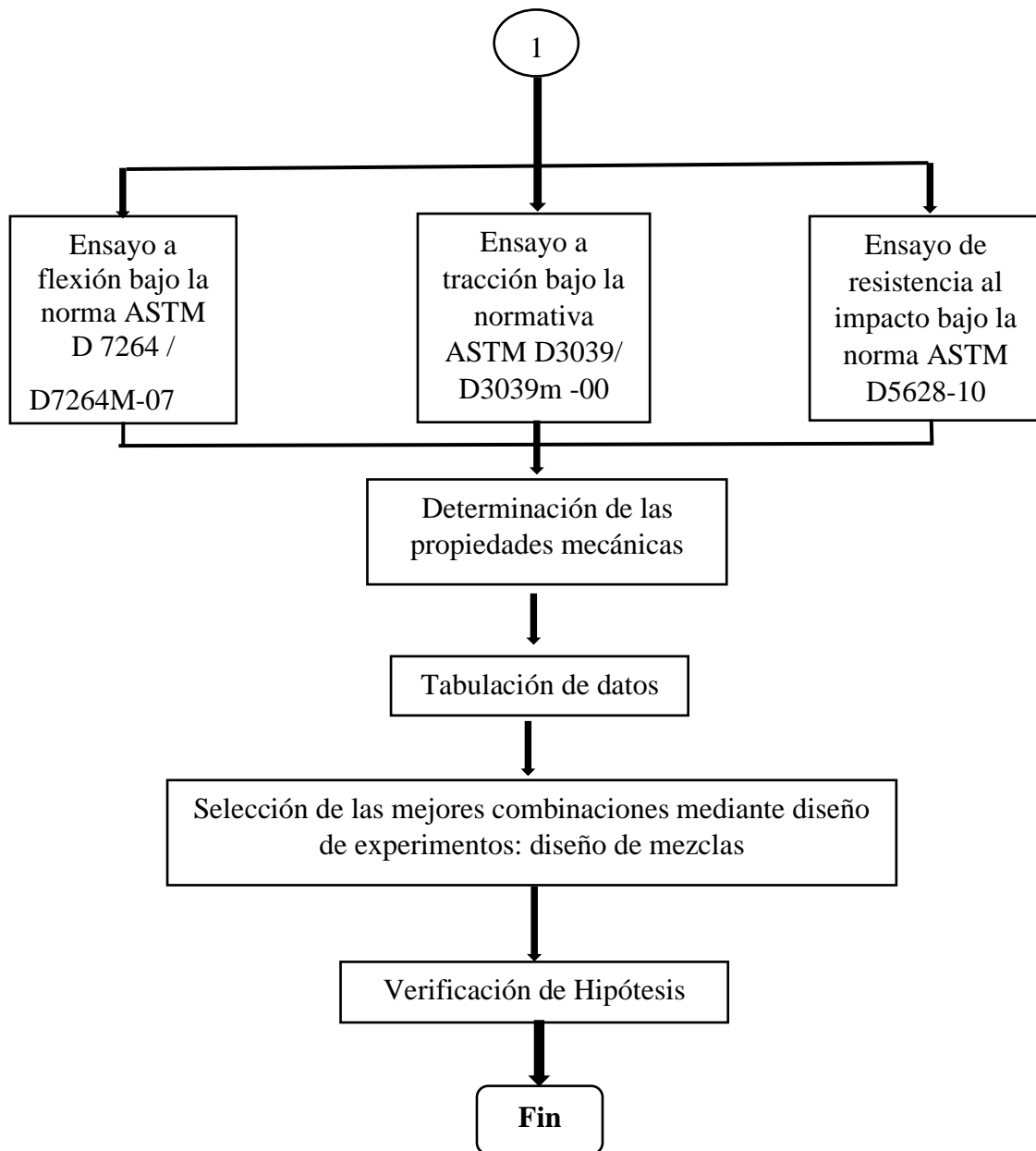


Figura 9. Métodos del estudio ocupados.
Fuente: El Autor

2.2.3.1 Composición de las probetas

La denominación y composición de las probetas que se utilizó en las fibras de: vidrio, aramida y cobre se indica en la Tabla 8.

Tabla 8. Orientación y número de capas de las fibras.

COMPOSICION DE LAS PROBETAS									
Denominación	Fibra de vidrio	Orientación	Fibra de aramida	Orientación	Fibra de carbono	Orientación	Fibra de cobre	Orientación	Total de capas
A	2	2 a 0°	2	2 a 0°	2	2 a 0°	1	1 a 45°	7
B	3	2 a 0° y 1 a 45°	2	2 a 0°	2	2 a 0°	1	1 a 45°	8
C	2	2 a 0°	3	2 a 0° y 1 a 45°	2	2 a 0°	1	1 a 45°	8
D	2	2 a 0°	2	2 a 0°	3	2 a 0° y 1 a 45°	1	1 a 45°	8
E	3	2 a 0° y 1 a 45°	2		3	2 a 0° y 1 a 45°	1	1 a 45°	9
F	3	2 a 0° y 1 a 45°	3	2 a 0° y 1 a 45°	2	2 a 0°	1	1 a 45°	9
G	2	2 a 0°	3	2 a 0° y 1 a 45°	3	2 a 0° y 1 a 45°	1	1 a 45°	9
H	6	6 a 0°	0	-	0	2 a 0°	1	1 a 45°	7
I	7	2 a 45°, 2 a 0°, 2 a 135° y 1 a 0°	0	-	0	-	1	1 a 45°	8
J	7	6 a 0° y 1 a 135°	0	-	0	-	1	1 a 45°	8



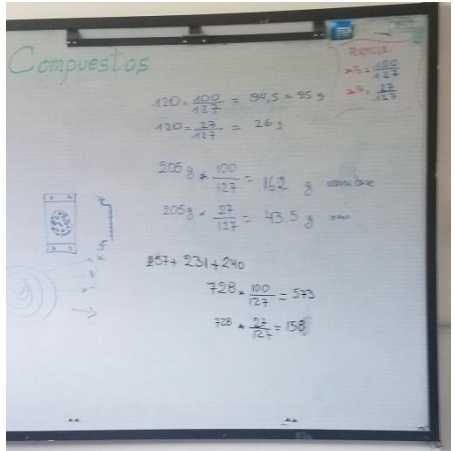
K	8	6 a 0°, 1 a 45° y 1 a 135°	0	-	0	-	1	1 a 45°	9
L	8	8 a 0°	0	-	0	-	1	1 a 45°	9
M	0	-	6	6 a 0°	0	-	1	1 a 45°	7
N	0	-	7	2 a 45°, 2 a 0°, 2 a 135° y 1 a 0°	0	-	1	1 a 45°	8
Ñ	0	-	7	6 a 0° y 1 a 135°	0	-	1	1 a 45°	8
O	0	-	8	6 a 0°, 1 a 45° y 1 a 135°	0	-	1	1 a 45°	9
P	0	-	8	8 a 0°	0	-	1	1 a 45°	9
Q	0	-	0	-	6	6 a 0°	1	1 a 45°	7
R	0	-	0	-	7	2 a 45°, 2 a 0°, 2 a 135° y 1 a 0°	1	1 a 45°	8
S	0	-	0	-	7	6 a 0° y 1 a 135°	1	1 a 45°	8
T	0	-	0	-	8	6 a 0°, 1 a 45° y 1 a 135°	1	1 a 45°	9
U	0	-	0	-	8	8 a 0°	1	1 a 45°	9





Fuente: El Autor

2.2.3.2 Procedimiento para la elaboración de probetas

En la Tabla 9 se muestra el procedimiento para elaboración de probetas.

Tabla 9. Procedimiento de elaboración de probetas.

Procedimiento	Fotografía
<p>Cortar las fibras de vidrio, aramida, carbono, malla de cobre y sus Bagging Film, Peel Ply y Breather.</p>	
<p>Pesar las fibras con ayuda de una balanza.</p>	
<p>Realizar cálculos para determinar la cantidad de resina y catalizador.</p> $\text{Peso de las fibras(g)} * \frac{100}{127}$ <p>= Cantidad de resina(g)</p> $\text{Peso de las fibras(g)} * \frac{27}{127}$ <p>= Cantidad de catalizador (g)</p> <p>Formulas facilitada por la CID-FAE</p>	

<p>Pesar la resina y el catalizador en un envase para luego mezclarla.</p>	
<p>Colocar un Bagging Film (plástico) en la mesa, ubicar encima la fibra y verter la resina preparada en los tejidos capa por capa con ayuda de una espátula plástica.</p>	
<p>Colocar el Peel Ply (tela desmoldante).</p>	
<p>Colocar la tela de Breather encima de las fibras.</p>	



<p>Cortar un tramo de tela Breather que conduzca hacia la válvula.</p>	
<p>Colocar a su alrededor cinta doble faz y encima colocar otro Bagging Film con un orificio pequeño en la válvula.</p>	
<p>Conectar la válvula hacia la bomba</p>	
<p>Dejar encendido la bomba para el proceso de vacío por un tiempo de 2 horas.</p>	

<p>Retirar tela de Breather y Peel Ply de las probetas.</p>	
---	--

Fuente: Autor.

2.2.3.3 Procedimiento de corte de las probetas.

Tabla 10. Procedimiento de corte de las probetas.

<p>Probetas para ensayo de impacto 58 mm x 58mm, para flexión 160 mm x 13 mm y para tracción 250 mm x 25 mm.</p>	
<p>Se dimensiono los cortes en una fresadora CNC con un herramienta de 3 mm de diámetro de carburo de tungsteno.</p>	

Fuente: Autor.

2.2.4 Hipótesis

La variación de los parámetros de configuración del material compuesto alternativo de matriz epoxi reforzada con fibras sintéticas mejorara las propiedades mecánicas en las superficies de vuelo de las aeronaves del CID-FAE.

2.2.5 Señalamiento de Variables de la Hipótesis

2.2.5.1 Variable Independiente

La variación de los parámetros de configuración del material compuesto alternativo de matriz epoxi reforzada con fibras sintéticas.

2.2.5.2 Variable Dependiente

Propiedades mecánicas del material.

2.2.6 Operacionalización de Variables

2.2.6.1 Variable Independiente

Caracterización del material compuesto alternativo de matriz epoxi reforzado con fibras sintéticas.

Tabla 11. Variable Independiente.

Concepto	Categoría	Indicadores	Items	Técnicas e Instrumentos
Réplica del material compuesto alterativo de matriz epoxi reforzada con fibras sintéticas	Material compuesto	Tipo de refuerzo	Fibra de vidrio Fibra de carbono Fibra de cobre y u otros	Normas ASTM D. Ficha de recolección de datos Bibliografía
		Orientación	45° 90°	
		Número de capas	Dos capas o n capas	

Fuente: El Autor

2.2.6.2 Variable Dependiente

Propiedades mecánicas del material.

Tabla 12. Variable Dependiente.

Conceptualización	Categoría	Indicadores	Índice	Técnicas e Instrumentos
Determinación de las propiedades mecánicas del compuesto alternativo sometiéndole a cargas externas.	Tracción	Esfuerzo máximo a la tracción	¿Cuál será el esfuerzo máximo a la tracción?	Ensayos bajo la normativa ASTM D. Estadística
		Módulo elástico	¿Cuál será el módulo elástico?	
		Deformación o alargamiento	¿Cuál será la deformación o alargamiento?	
	Flexión	Esfuerzo máximo a la flexión	¿Cuál será el esfuerzo máximo a la flexión?	
		Módulo de flexión	¿Cuál será el módulo elástico de flexión?	
		Deflexión máxima	¿Cuál será la deflexión máxima?	
	Impacto	Energía de impacto	¿Cuál será la energía máxima absorbida en Joules ?	



Fuente: El Autor.

CAPÍTULO III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Datos de ensayos a flexión

Los ensayos a flexión que se presenta a continuación en la Tabla 13 hasta la Tabla 34 se los realizo mediante la norma ASTM D 7264/D 7264M-07 de cada uno de los casos propuestos para la investigación obteniéndose los siguientes datos:

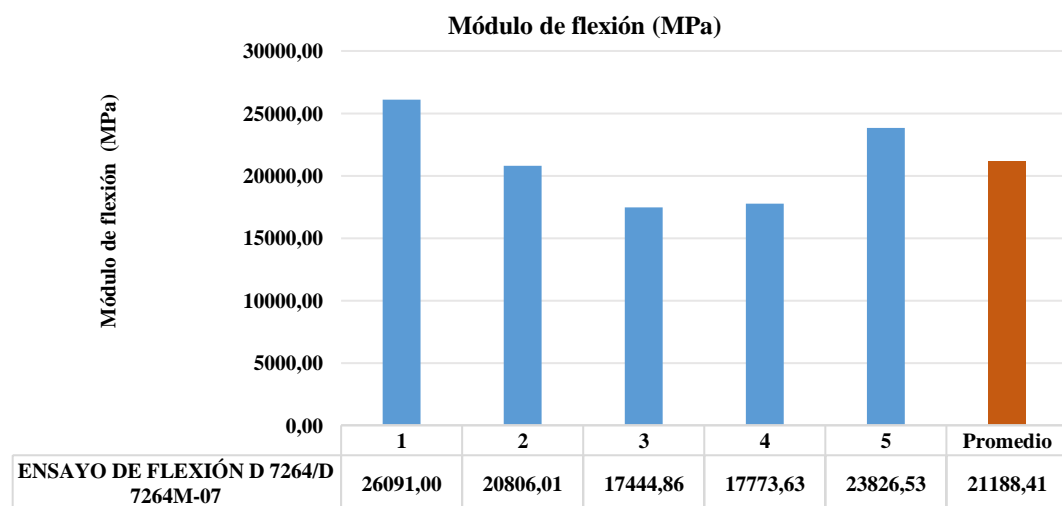
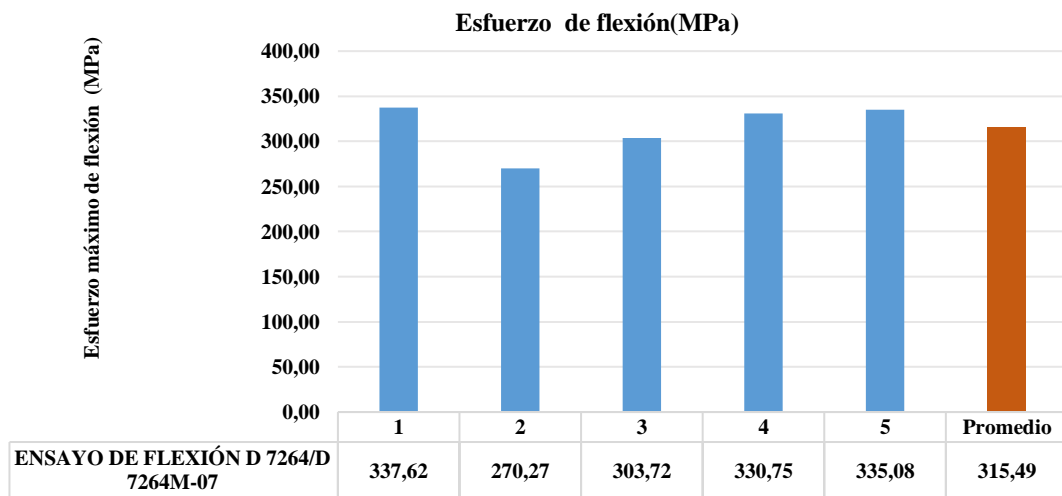
Tabla 13. Ficha Técnica 1 Ensayo de flexión probeta 2 FV+2 FA +2 FC +1 FCo.

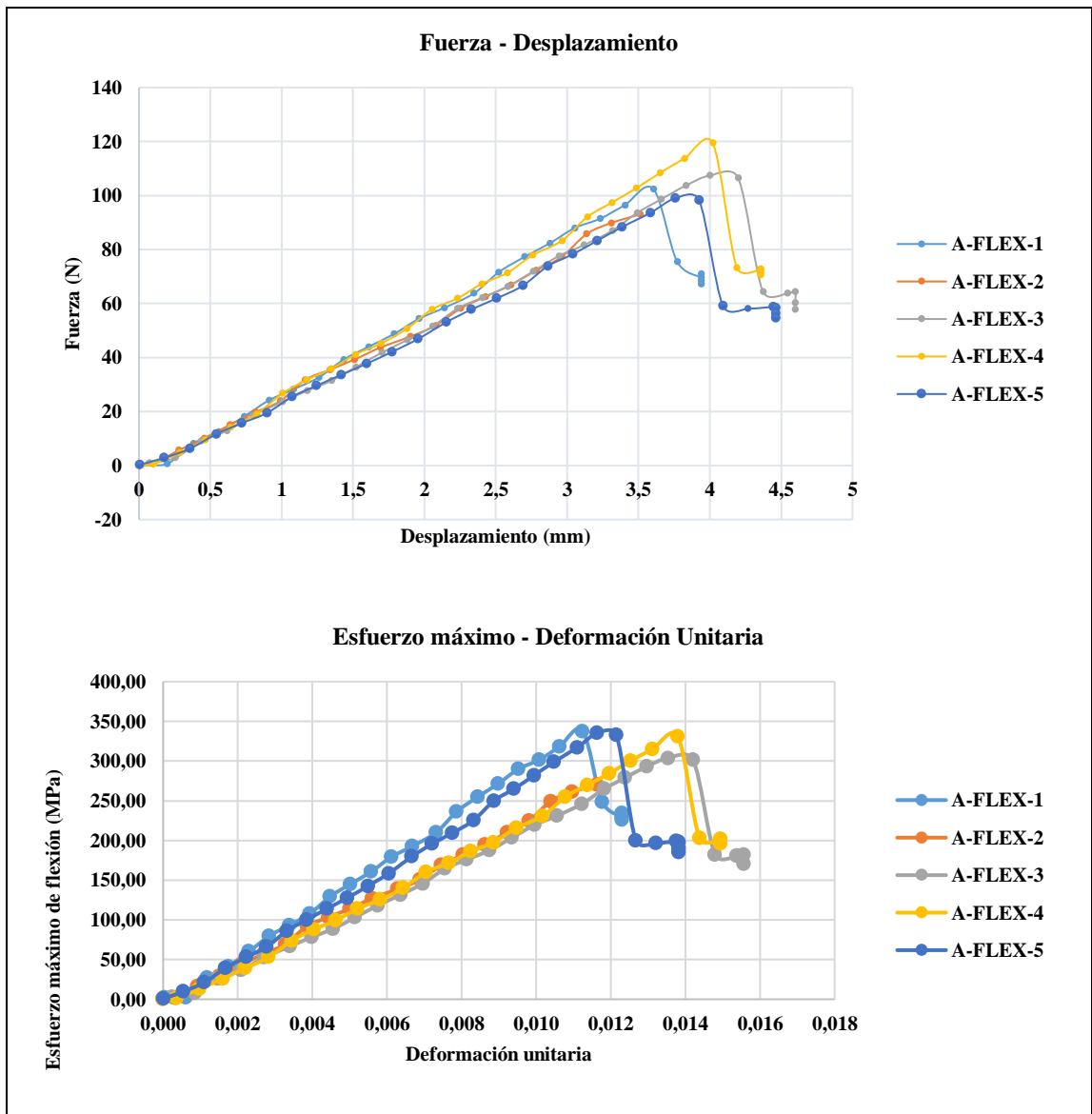
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE FLEXIÓN D 7264/D 7264M-07			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejercito (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de ensayos universales MTS TK/T5002 de 5 KN		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo: (sintéticas)	FV=F. de Vidrio FA =F. Aramida FC=F. de Carbono FCo=F. de Cobre.	Número de capas :	7

Configuración:	Tejido	Orden de capas:	2 FV+2 FA +2 FC +1 FCo		
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío		
Dimensiones de la probeta (mm):	160*13	Velocidad de ensayo:	10 mm/min		
N° de Probetas:	5	Humedad relativa:	50,8%		
Espesor promedio (mm):	1,36	Temperatura:	20° C		
Tabulación de datos:					
N° de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de flexión (MPa)	Módulo de flexión (MPa)	Deflexión (mm)	Tipo de falla
1	102,40	337,62	26091,00	3,60	OAB
2	92,99	270,27	20806,01	3,51	OAB
3	107,40	303,72	17444,86	4,00	OAB
4	119,40	330,75	17773,63	4,02	OAB
5	98,96	335,08	23826,53	3,76	OAB
Promedio:	104,23	315,49	21188,41	3,78	-
Desviación estándar:	9,97	28,68	3768,83	0,23	-
Fotografías del ensayo:					



Gráficas de resultados:







Observaciones:


Evaluación:

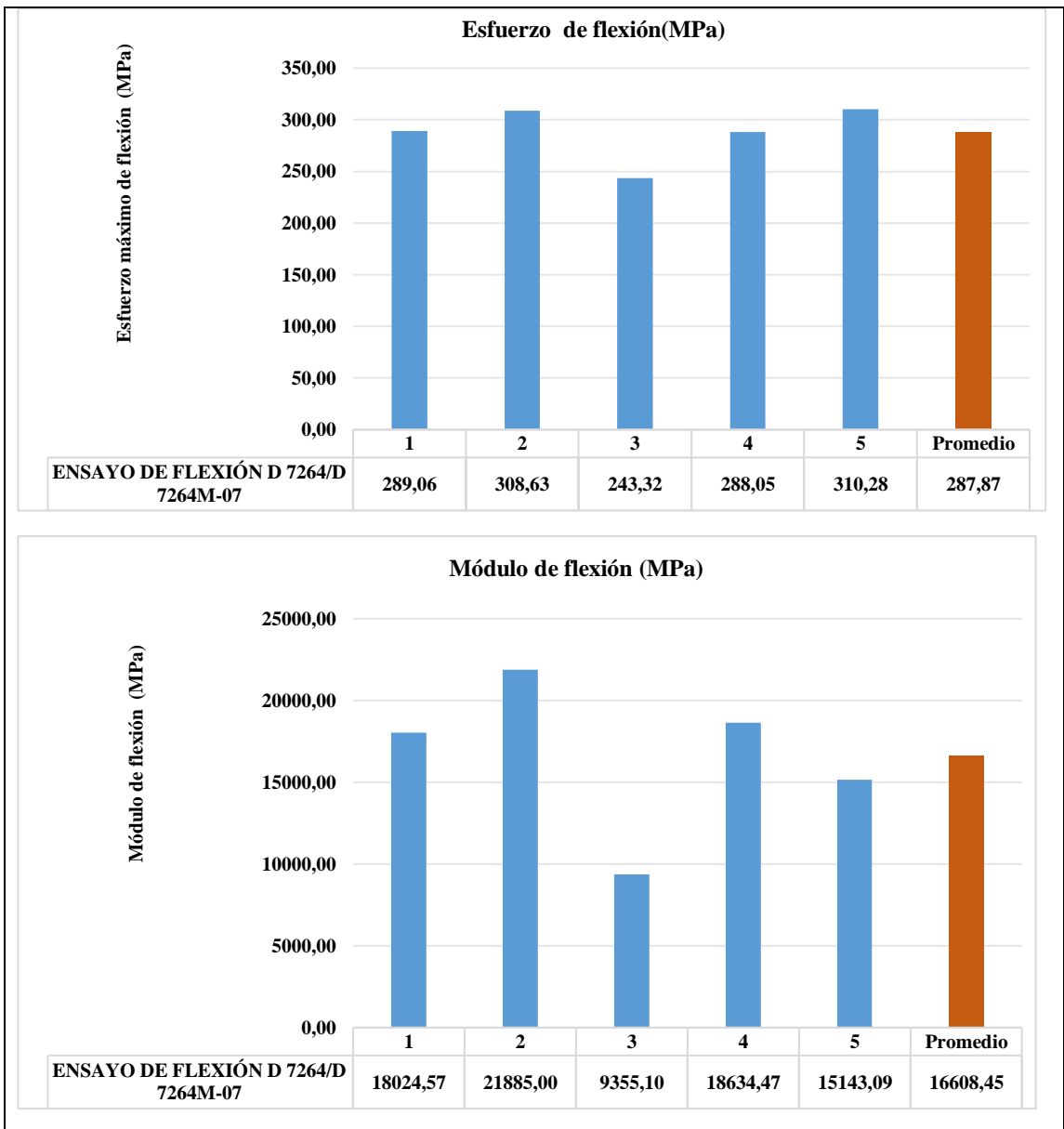
Esfuerzo máximo a la flexión promedio (MPa) :	315,49
Módulo de flexión promedio (MPa):	21188,41
Espesor real promedio (mm):	1,36
Deflexión promedio (mm):	3,78

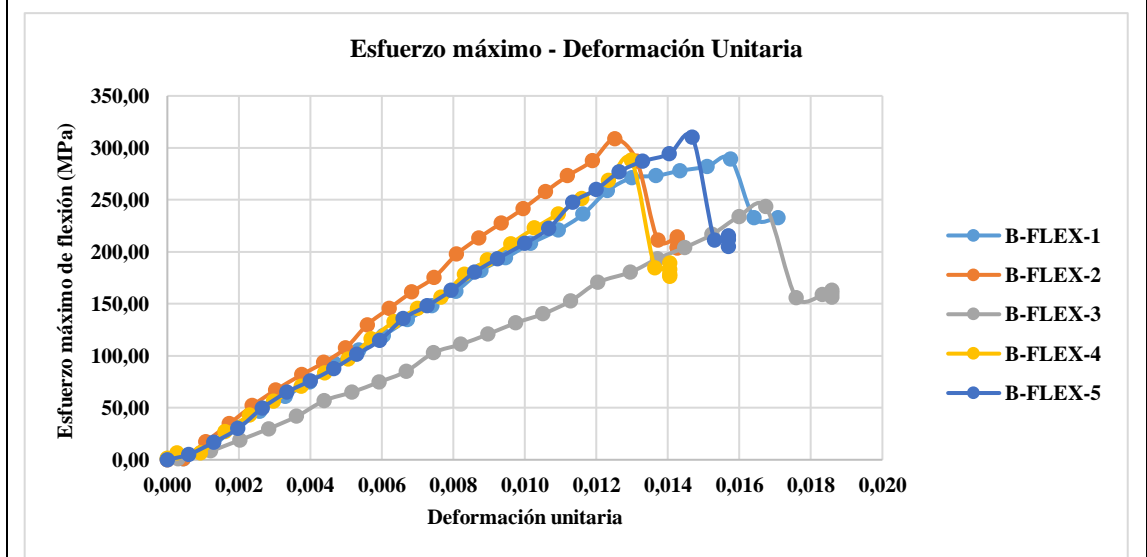
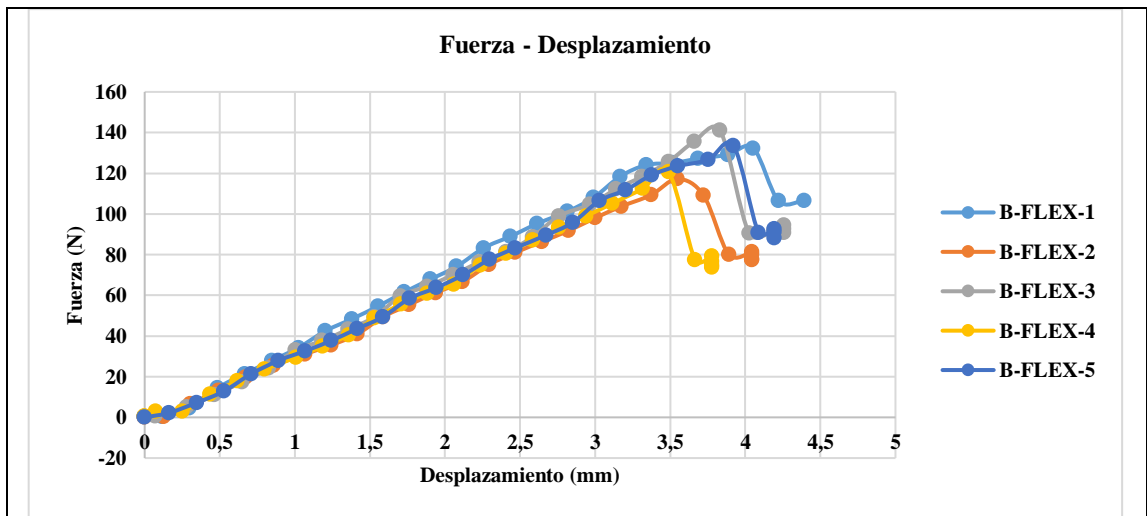
Fuente: El Autor

Tabla 14. Ficha Técnica 2 Ensayo de flexión probeta 3 FV+2 FA+2 FC +1 FCo

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE FLEXIÓN D 7264/D 7264M-07			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejercito (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de ensayos universales MTS TK/T5002 de 5 KN		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FV=F. de Vidrio FA =F. Aramida FC=F. de Carbono FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	8
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	3 FV+2 FA+2 FC +1 FCo
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	160*13	Velocidad de ensayo:	10 mm/min
Nº de Probetas:	5	Humedad relativa:	50,8%

Espesor promedio (mm):	1,60	Temperatura:	20° C		
Tabulación de datos:					
N° de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de flexión (MPa)	Módulo de flexión (MPa)	Deflexión (mm)	Tipo de falla
1	132,30	289,06	18024,57	4,05	OAB
2	117,20	308,63	21885,00	3,55	OAB
3	141,10	243,32	9355,10	3,83	OAB
4	120,60	288,05	18634,47	3,49	OAB
5	133,50	310,28	15143,09	3,92	OAB
Promedio:	128,94	287,87	16608,45	3,77	-
Desviación estándar:	9,84	27,01	4709,31	0,24	-
Fotografías del ensayo:					
					
Gráficas de resultados:					







Observaciones:

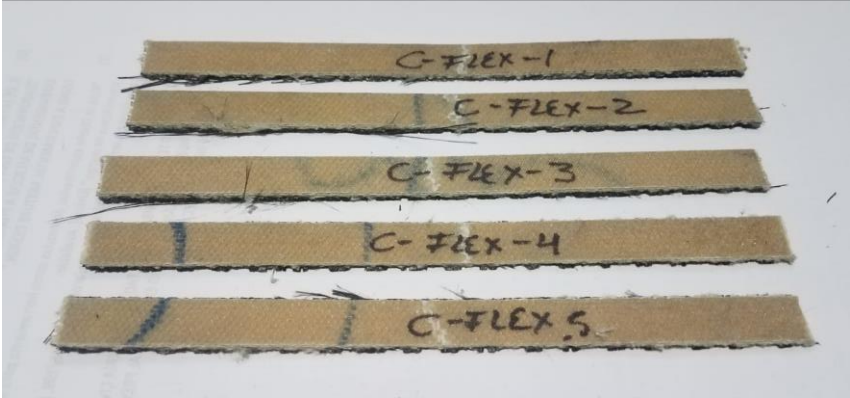
Evaluación:

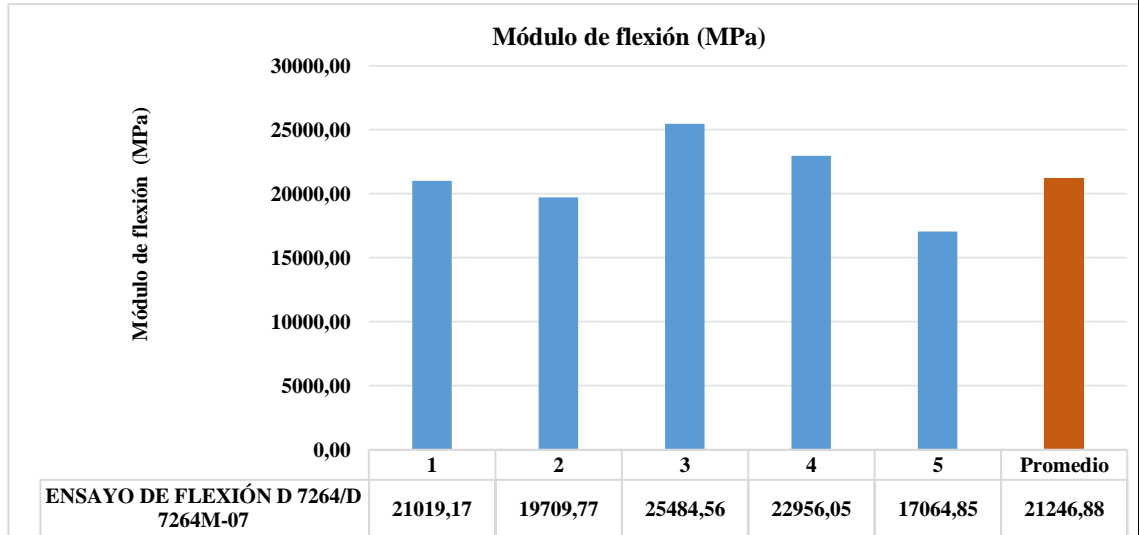
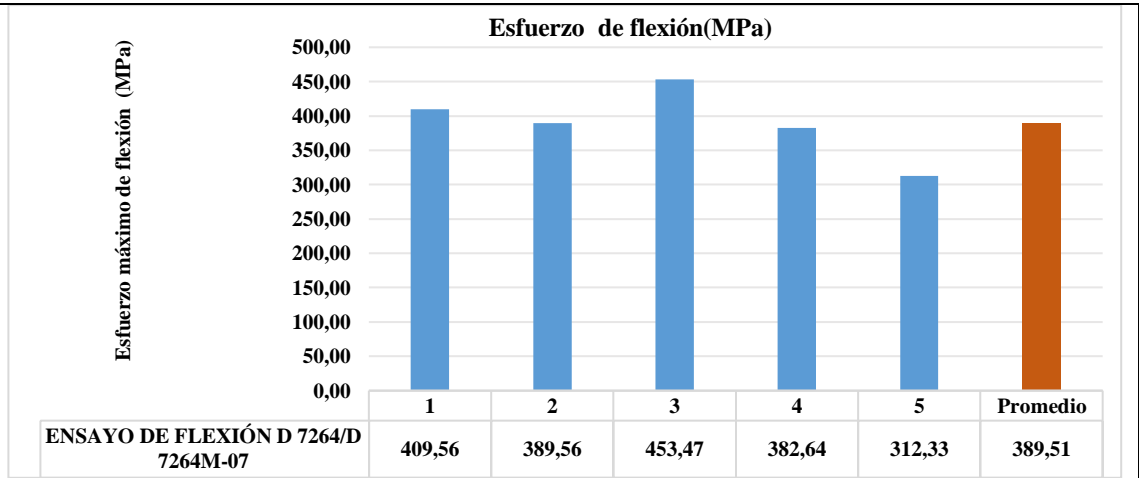
Esfuerzo máximo a la flexión promedio (MPa) :	287,87
Módulo de flexión promedio (MPa):	16608,45
Espesor real promedio (mm):	1,60
Deflexión promedio (mm):	3,77

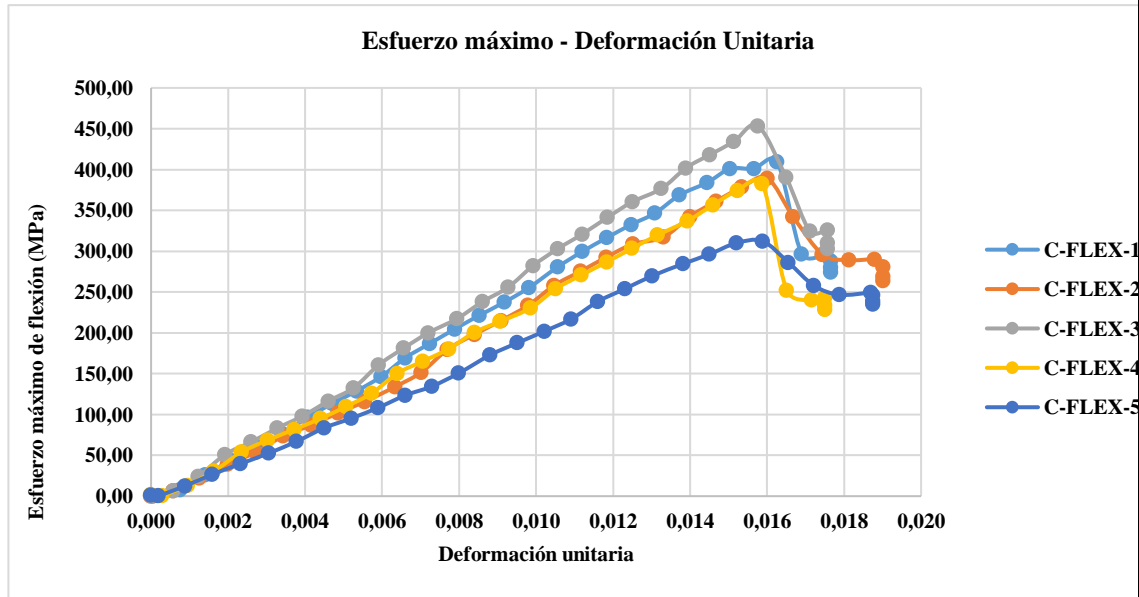
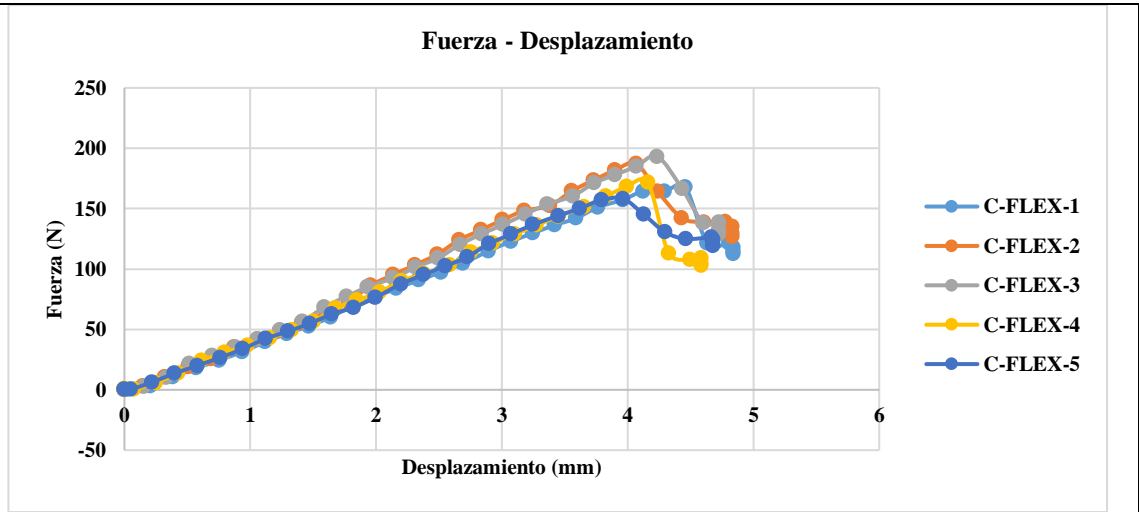
Fuente: El Autor

Tabla 15. Ficha Técnica 3 Ensayo de flexión probeta 2 FV+3 FA +2 FC +1 FCo.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE FLEXIÓN D 7264/D 7264M-07			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejército (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de ensayos universales MTS TK/T5002 de 5 KN		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FV=F. de Vidrio FA =F. Aramida FC=F. de Carbono FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	8
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	2 FV+3 FA +2 FC +1 FCo..
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	160*13	Velocidad de ensayo:	10 mm/min
Nº de Probetas:	5	Humedad relativa:	50,8%

Espesor promedio (mm):	1,59	Temperatura:	20° C		
Tabulación de datos:					
N° de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de flexión (MPa)	Módulo de flexión (MPa)	Deflexión (mm)	Tipo de falla
1	167,80	409,56	21019,17	4,46	OAB
2	187,20	389,56	19709,77	4,07	OAB
3	193,20	453,47	25484,56	4,24	OAB
4	171,80	382,64	22956,05	4,16	OAB
5	158,30	312,33	17064,85	3,96	OAB
Promedio:	175,66	389,51	21246,88	4,18	-
Desviación estándar:	14,31	51,23	3193,08	0,19	-
Fotografías del ensayo:					
					
Gráficas de resultados:					







Observaciones:


Evaluación:

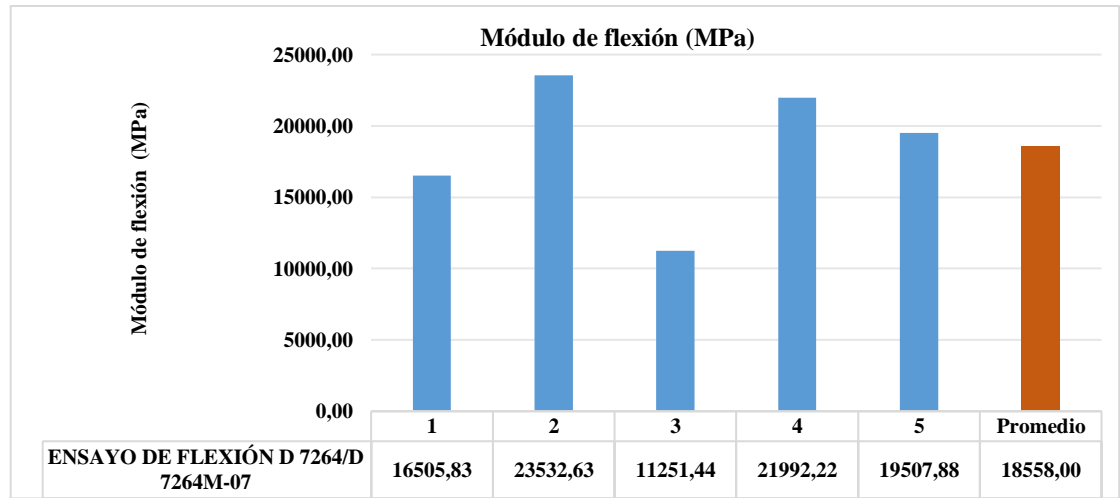
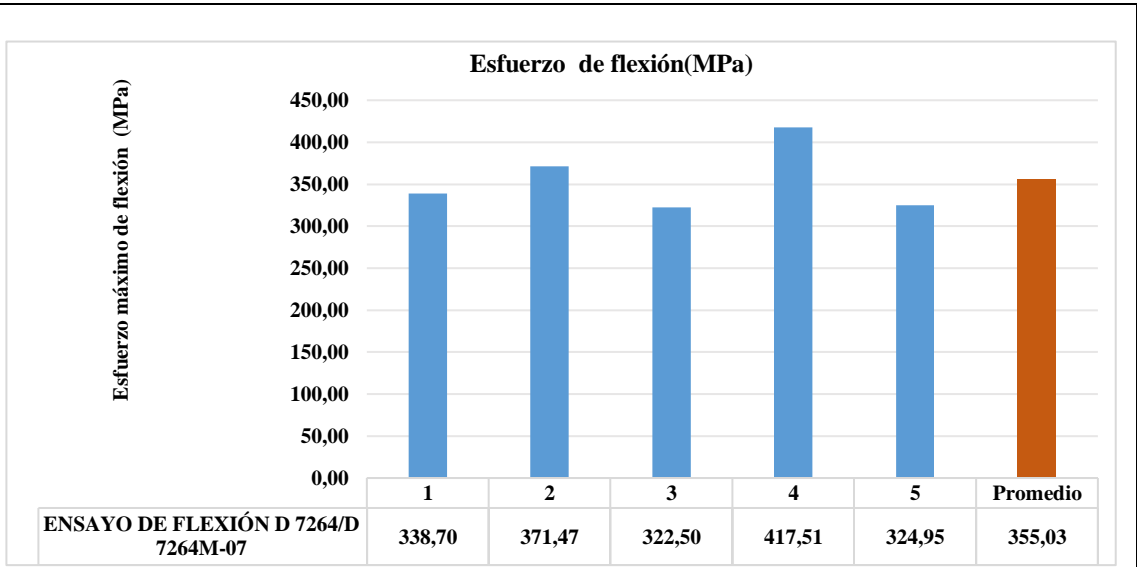
Esfuerzo máximo a la flexión promedio (MPa) :	389,51
Módulo de flexión promedio (MPa):	21246,88
Espesor real promedio (mm):	1,59
Deflexión promedio (mm):	4,18

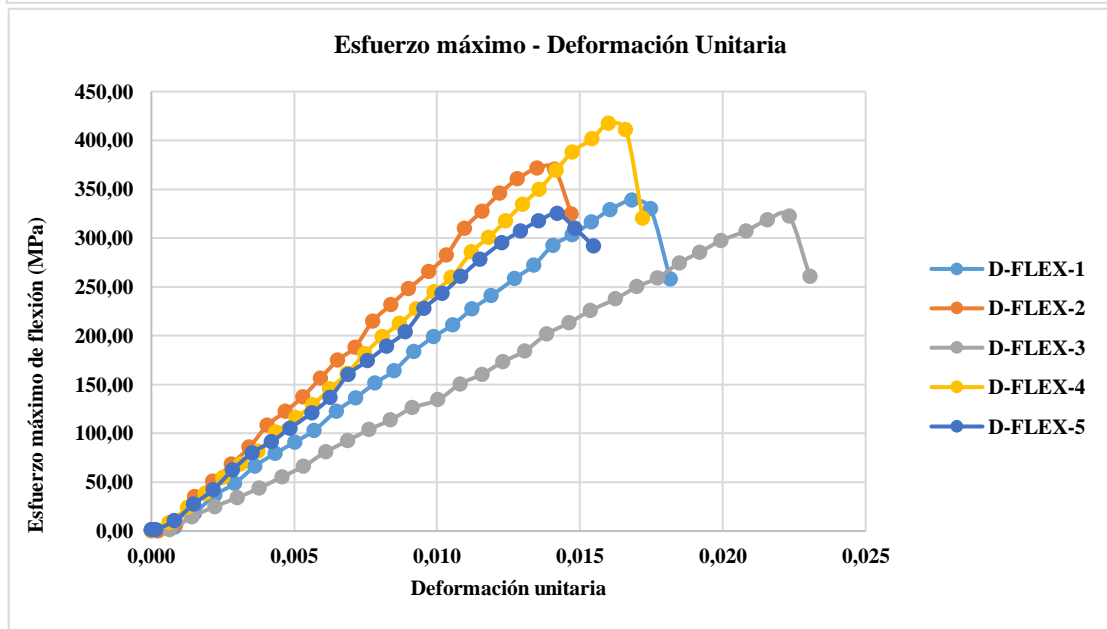
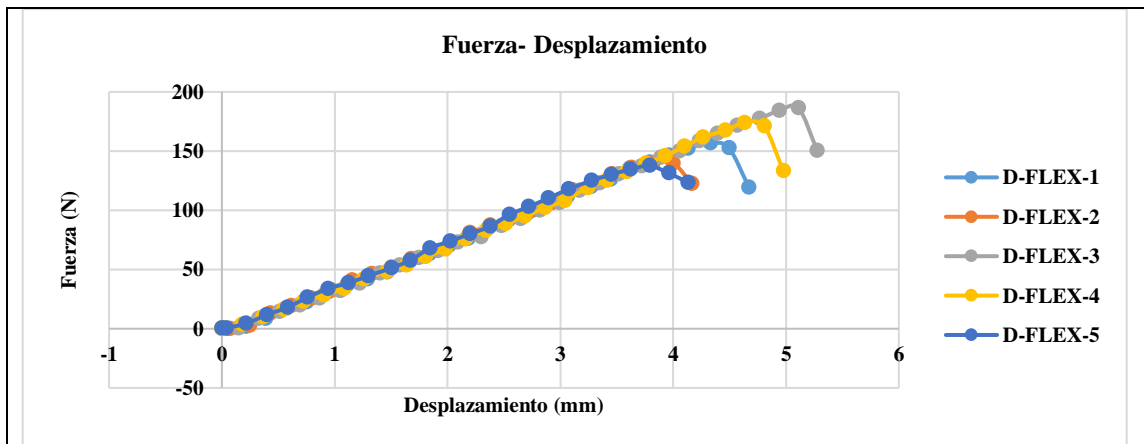
Fuente: Autor.

Tabla 16. Ficha Técnica 4 Ensayo de flexión probeta 2 FV+2 FA +3 FC +1 FCo.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE FLEXIÓN D 7264/D 7264M-07			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejército (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de ensayos universales MTS TK/T5002 de 5 KN		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FV=F. de Vidrio FA =F. Aramida FC=F. de Carbono FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	8
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	2 FV+2 FA +3 FC +1 FCo
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	160*13	Velocidad de ensayo:	10 mm/min
Nº de Probetas:	5	Humedad relativa:	50,8%

Espesor promedio (mm):	1,60	Temperatura:	20° C		
Tabulación de datos:					
N° de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de flexión (MPa)	Módulo de flexión (MPa)	Deflexión (mm)	Tipo de falla
1	156,80	338,70	16505,83	4,33	OAB
2	140,10	371,47	23532,63	3,83	OAB
3	186,30	322,50	11251,44	5,11	OAB
4	174,00	417,51	21992,22	4,63	OAB
5	137,60	324,95	19507,88	3,79	OAB
Promedio:	158,96	355,03	18558,00	4,34	-
Desviación estándar:	21,16	40,01	4874,43	0,56	-
Fotografías del ensayo:					
					
Gráficas de resultados:					







Observaciones:

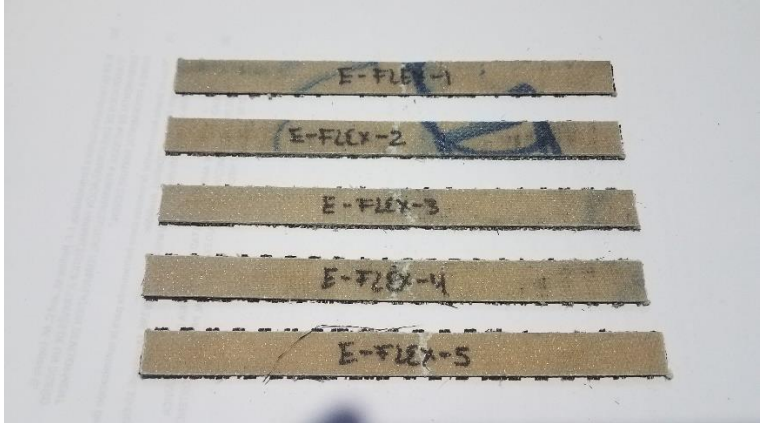
Evaluación:

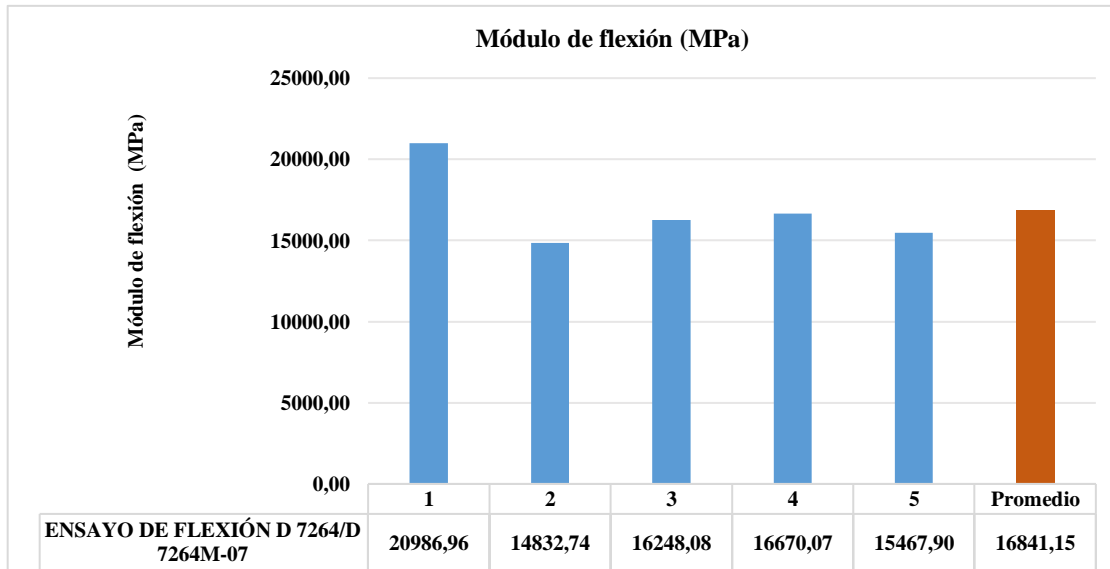
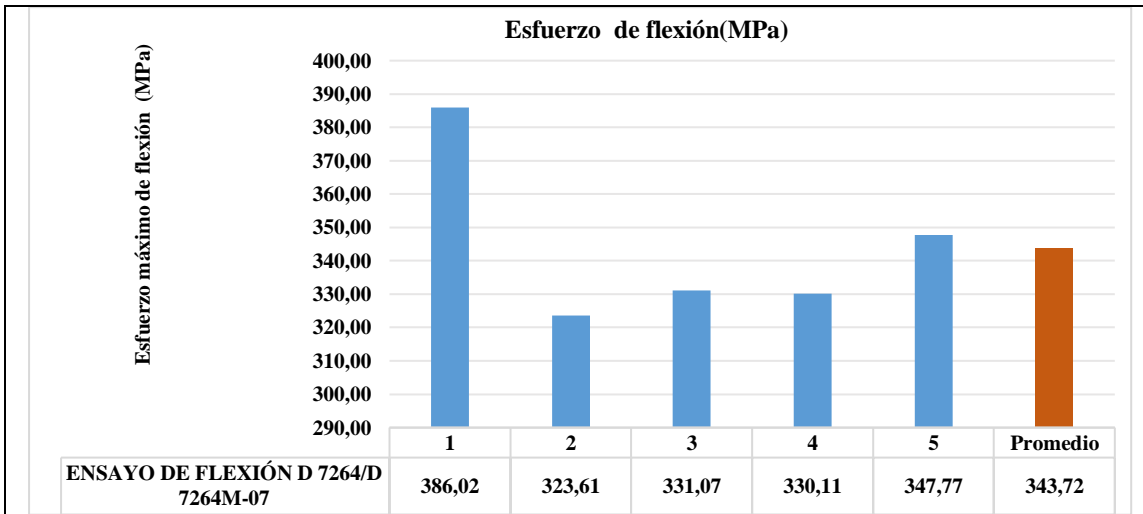
Esfuerzo máximo a la flexión promedio (MPa) :	355,03
Módulo de flexión promedio (MPa):	18558,00
Espesor real promedio (mm):	1,60
Deflexión promedio (mm):	4,34

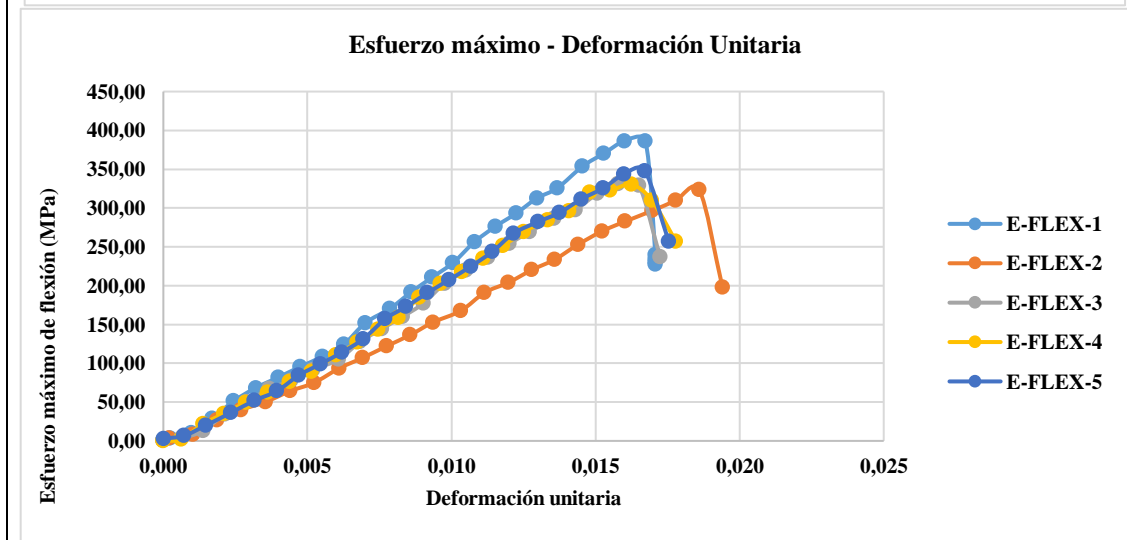
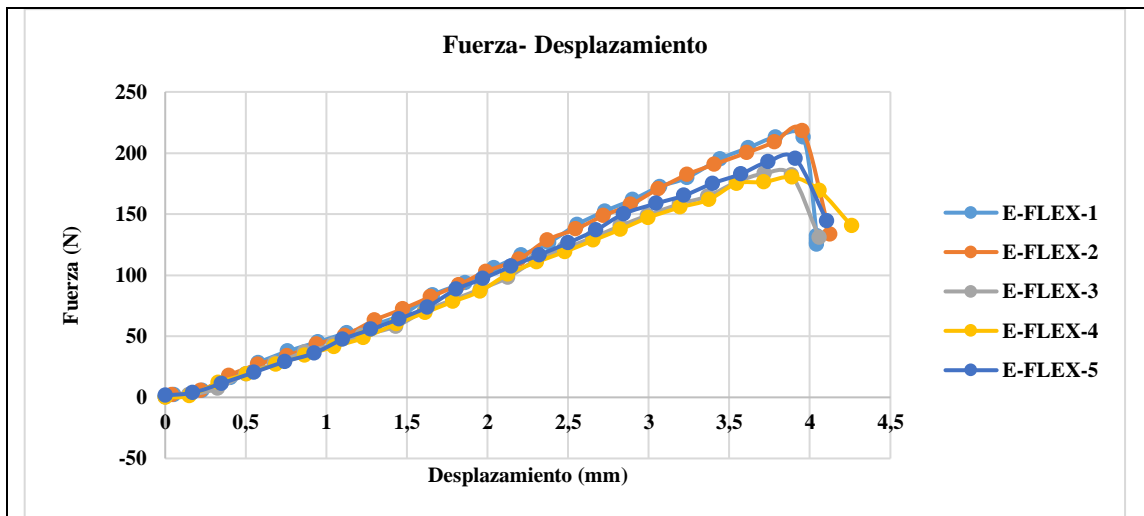
Fuente: Autor.

Tabla 17. Ficha Técnica 5 Ensayo de flexión probeta 3 FV+2 FA+3 FC +1 FCo.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE FLEXIÓN D 7264/D 7264M-07			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejército (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de ensayos universales MTS TK/T5002 de 5 KN		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FV=F. de Vidrio FA =F. Aramida FC=F. de Carbono FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	9
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	3 FV+2 FA +3 FC +1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	160*13	Velocidad de ensayo:	10 mm/min
Nº de Probetas:	5	Humedad relativa:	50,8%

Espesor promedio (mm):	1,80	Temperatura:	20° C		
Tabulación de datos:					
N° de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de flexión (MPa)	Módulo de flexión (MPa)	Deflexión (mm)	Tipo de falla
1	213,00	386,02	20986,96	3,79	OAB
2	218,30	323,61	14832,74	3,95	OAB
3	183,10	331,07	16248,08	3,72	OAB
4	180,30	330,11	16670,07	3,89	OAB
5	195,40	347,77	15467,90	3,91	OAB
Promedio:	198,02	343,72	16841,15	3,85	-
Desviación estándar:	17,17	25,28	2423,24	0,10	-
Fotografías del ensayo:					
					
Gráficas de resultados:					





Observaciones:

Evaluación:

Esfuerzo máximo a la flexión promedio (MPa) :

343,72

Módulo de flexión promedio (MPa):

16841,15

Espesor real promedio (mm):



1,80


Deflexión promedio (mm):

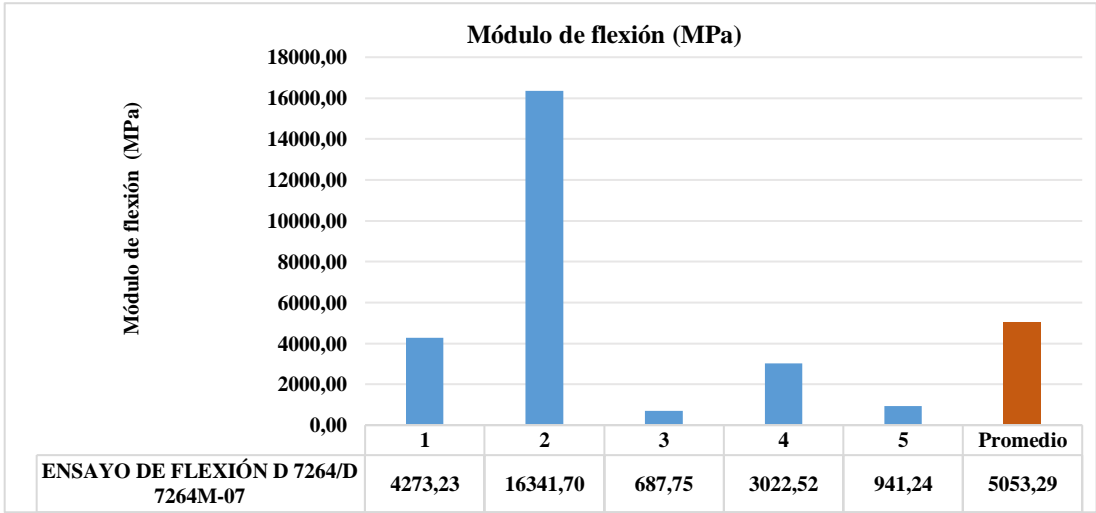
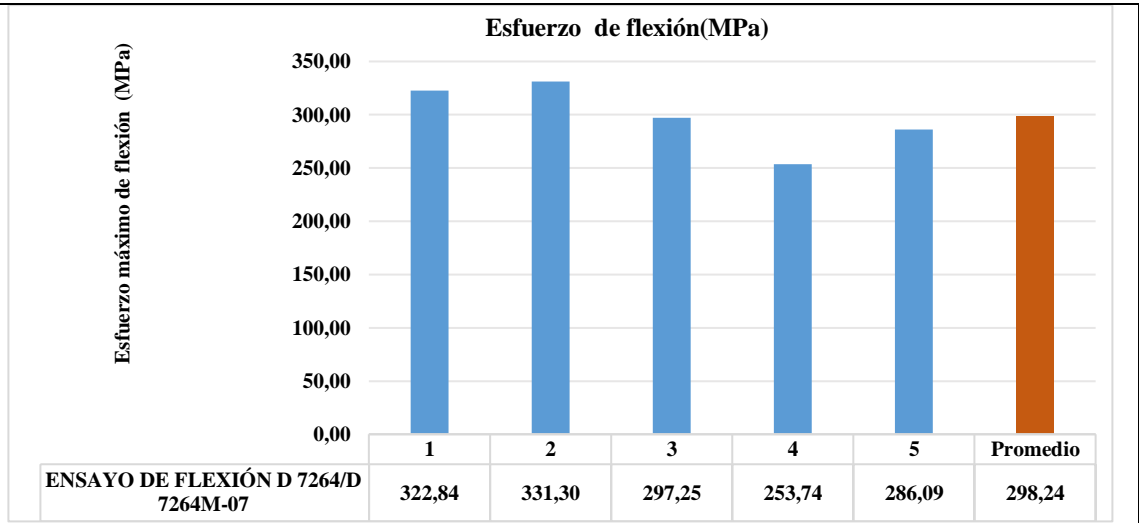
3,85

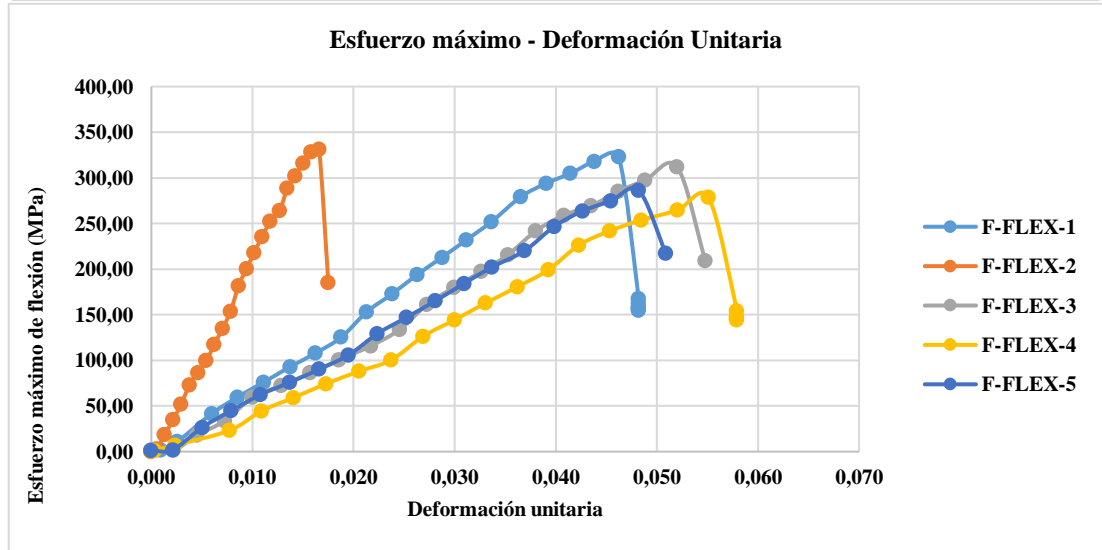
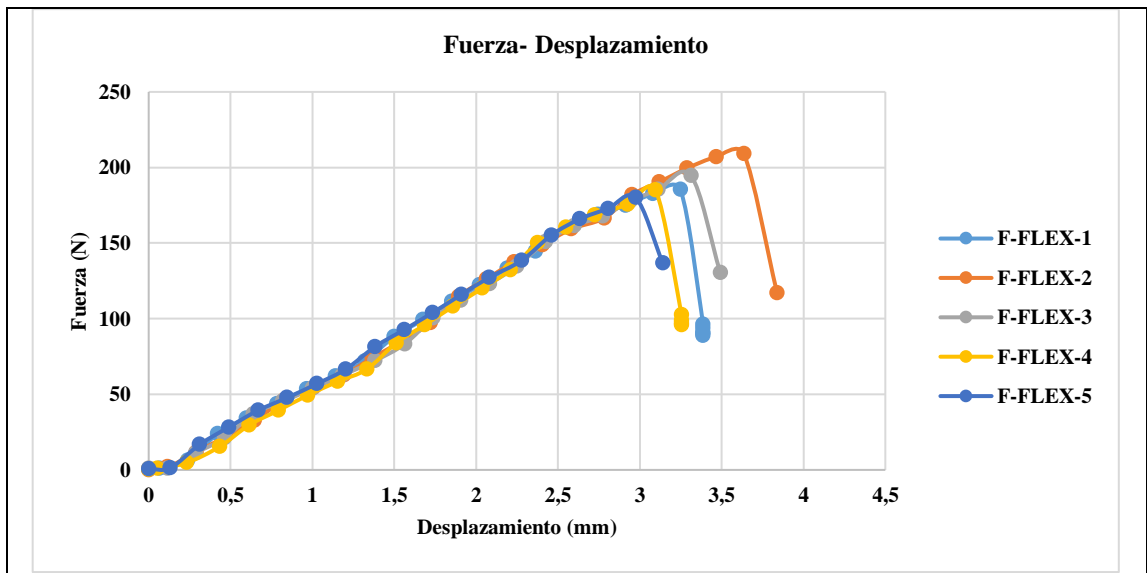
Fuente: Autor.

Tabla 18. Ficha Técnica 6 Ensayo de flexión probeta 3 FV+3 FA +2 FC +1 FCo.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE FLEXIÓN D 7264/D 7264M-07			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejercito (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de ensayos universales MTS TK/T5002 de 5 KN		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FV=F. de Vidrio FA =F. Aramida FC=F. de Carbono FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	9
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	3 FV+3 FA +2 FC +1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	160*13	Velocidad de ensayo:	10 mm/min
Nº de Probetas:	5	Humedad relativa:	50,8%

Espesor promedio (mm):	1,88	Temperatura:	20° C		
Tabulación de datos:					
N° de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de flexión (MPa)	Módulo de flexión (MPa)	Deflexión (mm)	Tipo de falla
1	185,30	322,84	4273,23	3,25	OAB
2	208,90	331,30	16341,70	3,64	OAB
3	185,30	297,25	687,75	3,11	OAB
4	168,40	253,74	3022,52	2,72	OAB
5	180,00	286,09	941,24	2,98	OAB
Promedio:	185,58	298,24	5053,29	3,14	-
Desviación estándar:	14,75	30,93	6483,20	0,34	-
Fotografías del ensayo:					
					
Gráficas de resultados:					







Observaciones:


Evaluación:

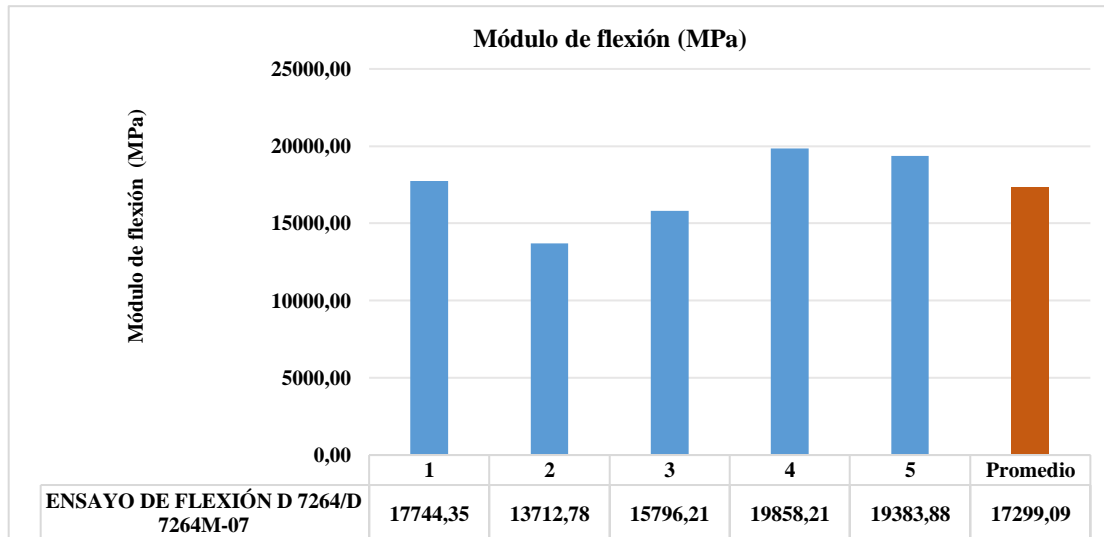
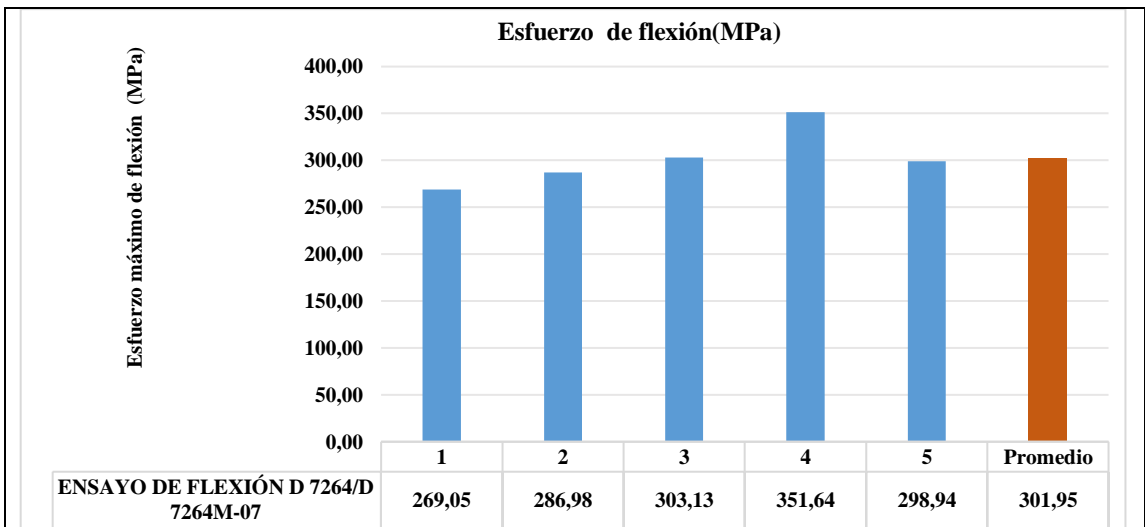
Esfuerzo máximo a la flexión promedio (MPa) :	298,24
Módulo de flexión promedio (MPa):	5053,29
Espesor real promedio (mm):	1,88
Deflexión promedio (mm):	3,14

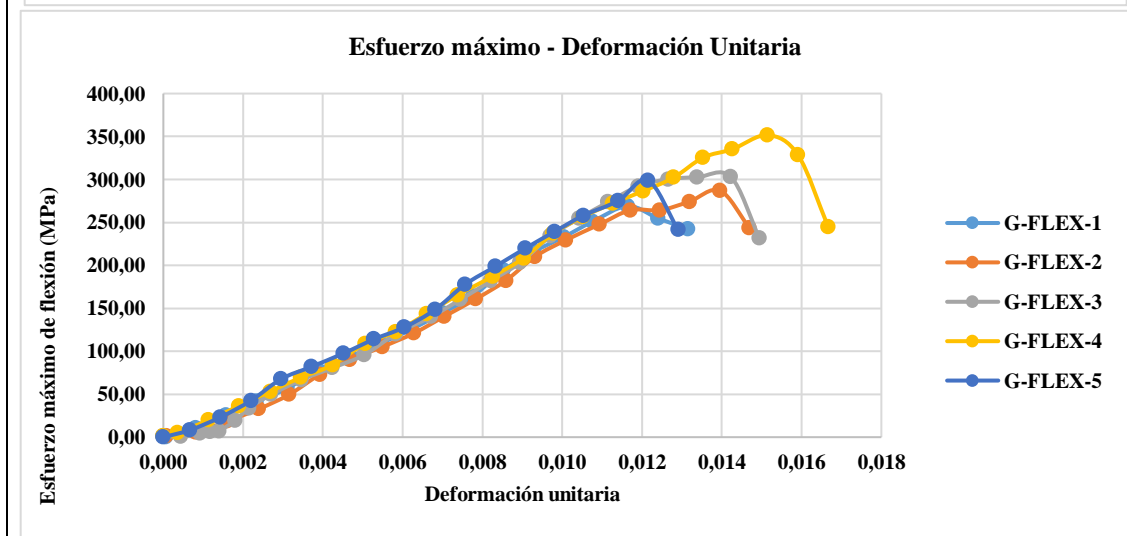
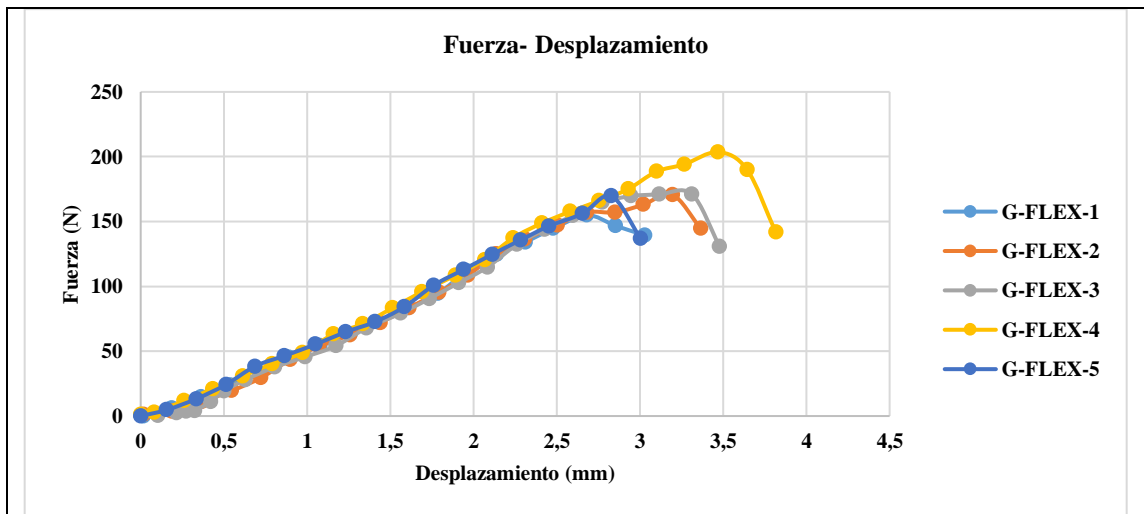
Fuente: Autor.

Tabla 19. Ficha Técnica 7 Ensayo de flexión probeta 2 FV+3 FA +3 FC +1 FCo.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE FLEXIÓN D 7264/D 7264M-07			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejército (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de ensayos universales MTS TK/T5002 de 5 KN		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FV=F. de Vidrio FA =F. Aramida FC=F. de Carbono FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	9
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	2 FV+3 FA +3 FC +1 FCo
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	160*13	Velocidad de ensayo:	10 mm/min
Nº de Probetas:	5	Humedad relativa:	50,8%

Espesor promedio (mm):	1,81	Temperatura:	20° C		
Tabulación de datos:					
N° de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de flexión (MPa)	Módulo de flexión (MPa)	Deflexión (mm)	Tipo de falla
1	154,90	269,05	17744,35	2,68	OAB
2	170,60	286,98	13712,78	3,20	OAB
3	171,20	303,13	15796,21	3,31	OAB
4	203,60	351,64	19858,21	3,47	OAB
5	169,60	298,94	19383,88	2,83	OAB
Promedio:	173,98	301,95	17299,09	3,10	-
Desviación estándar:	17,89	30,76	2559,98	0,33	-
Fotografías del ensayo:					
					
Gráficas de resultados:					







Observaciones:

Evaluación:

Esfuerzo máximo a la flexión promedio (MPa) :	301,95
Módulo de flexión promedio (MPa):	17299,09
Espesor real promedio (mm):	1,81
Deflexión promedio (mm):	3,10

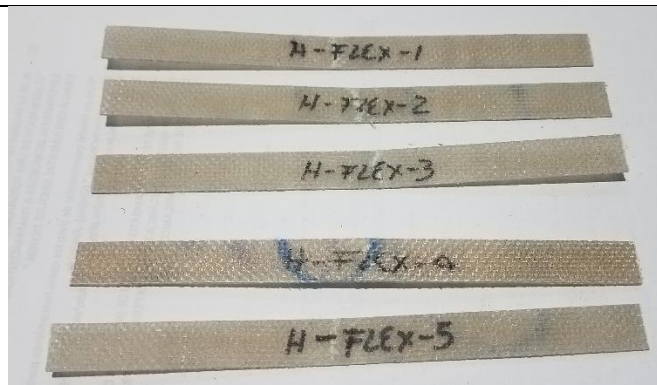
Fuente: Autor.

Tabla 20. Ficha Técnica 8 Ensayo de flexión probeta 6 FV+1 FCo.

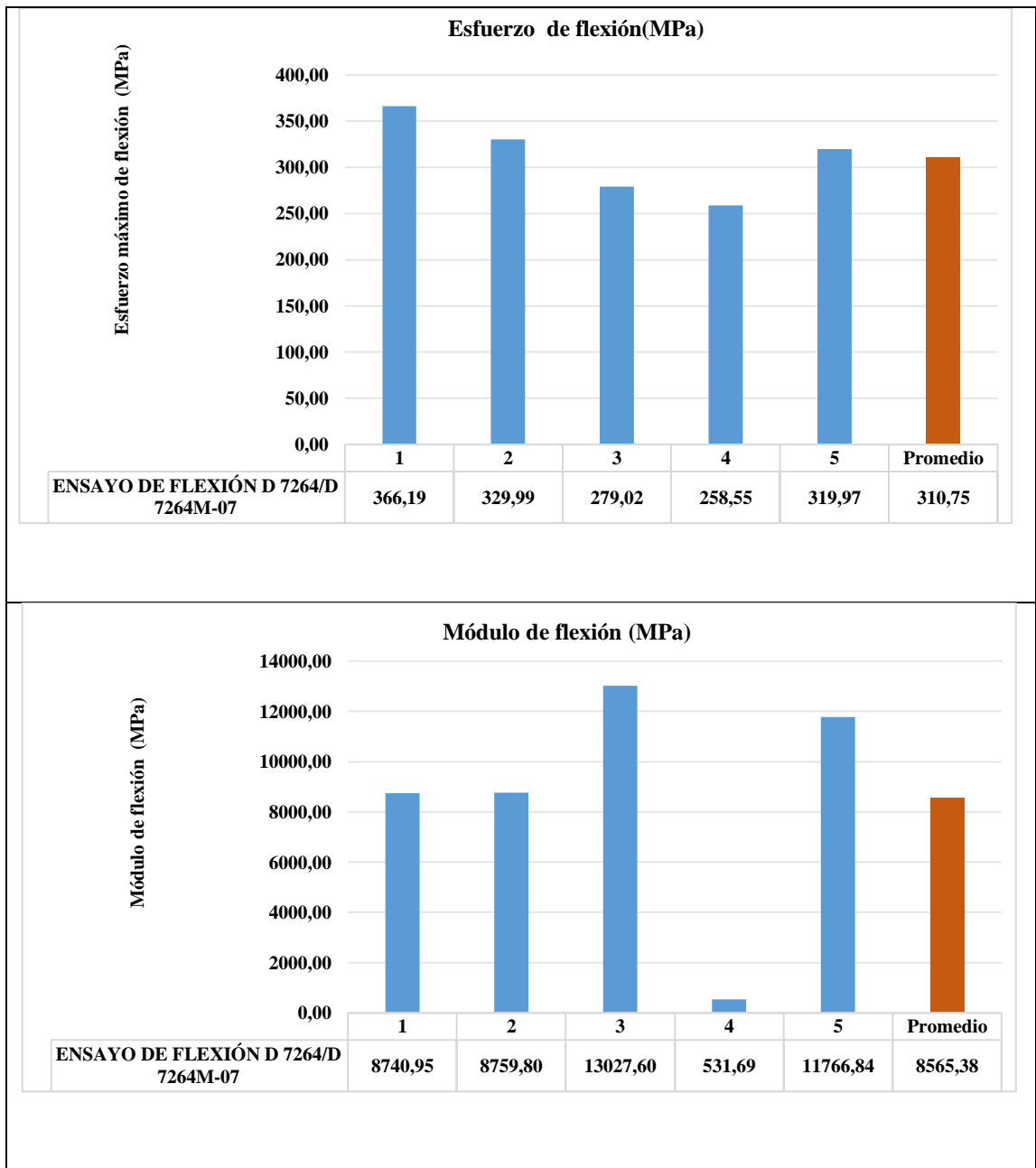
	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</p> <p>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p>		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE FLEXIÓN D 7264/D 7264M-07			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejercito (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de ensayos universales MTS TK/T5002 de 5 KN		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FV=F. de Vidrio FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	7
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	6 FV+1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	160*13	Velocidad de ensayo:	10 mm/min
Nº de Probetas:	5	Humedad relativa:	50,8%
Espesor promedio (mm):	1,21	Temperatura:	20° C
Tabulación de datos:			

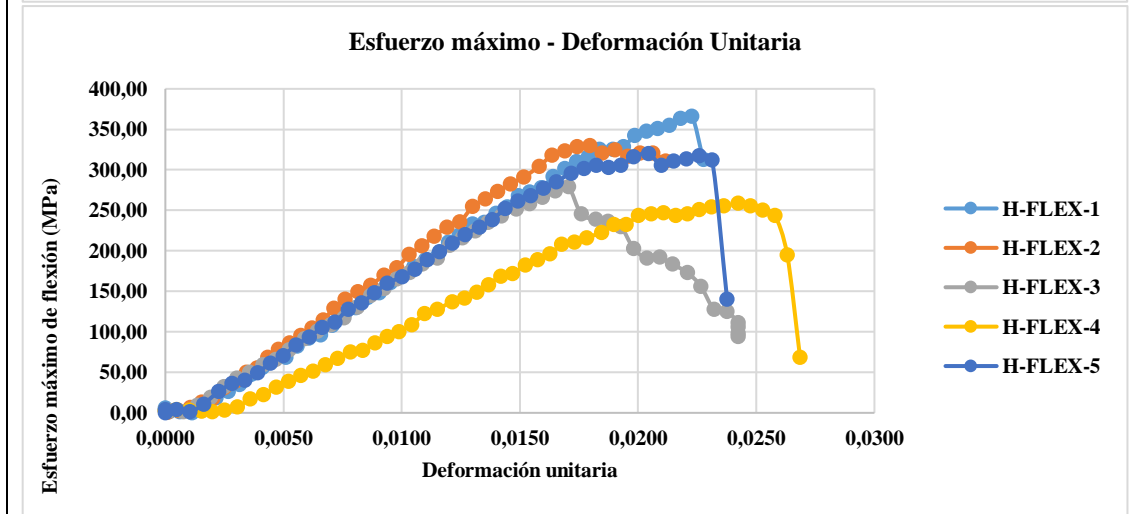
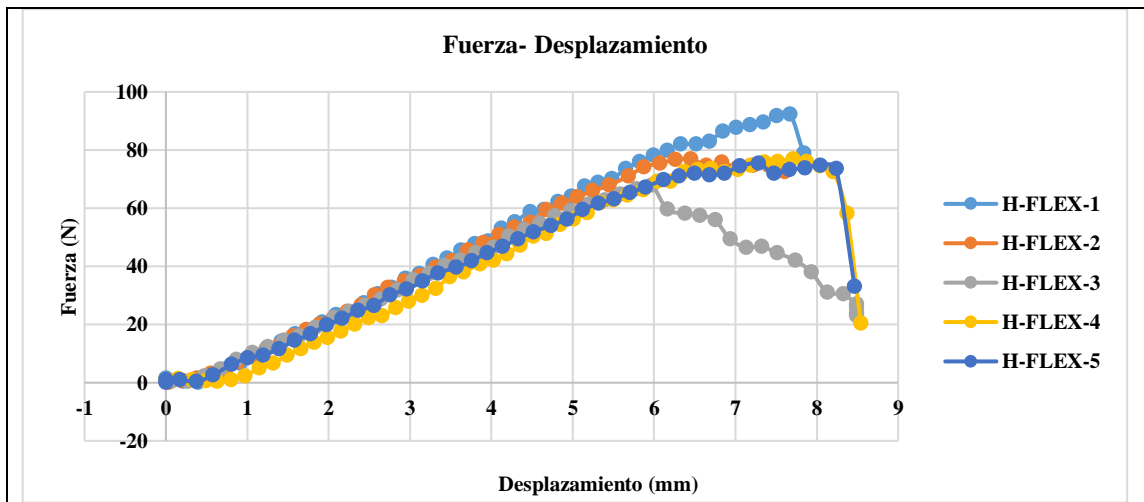
N° de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de flexión (MPa)	Módulo de flexión (MPa)	Deflexión (mm)	Tipo de falla
1	92,36	366,19	8740,95	7,67	OAB
2	76,97	329,99	8759,80	6,45	OAB
3	67,86	279,02	13027,60	5,97	OAB
4	76,97	258,55	531,69	7,71	OAB
5	75,40	319,97	11766,84	7,28	OAB
Promedio:	77,91	310,75	8565,38	7,02	-
Desviación estándar:	8,92	42,61	4867,48	0,77	-

Fotografías del ensayo:



Gráficas de resultados:







Observaciones:

Evaluación:

Esfuerzo máximo a la flexión promedio (MPa) :	310,75
Módulo de flexión promedio (MPa):	8565,38
Espesor real promedio (mm):	1,21
Deflexión promedio (mm):	7,02

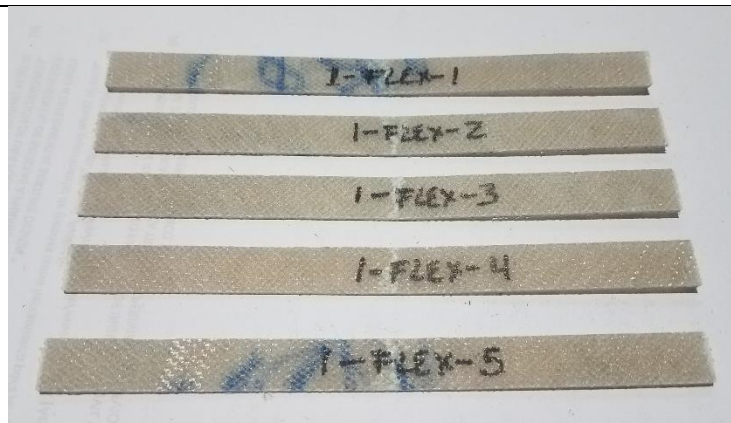
Fuente: Autor.

Tabla 21. Ficha Técnica 9 Ensayo de flexión probeta 7 FV+1 FCo.

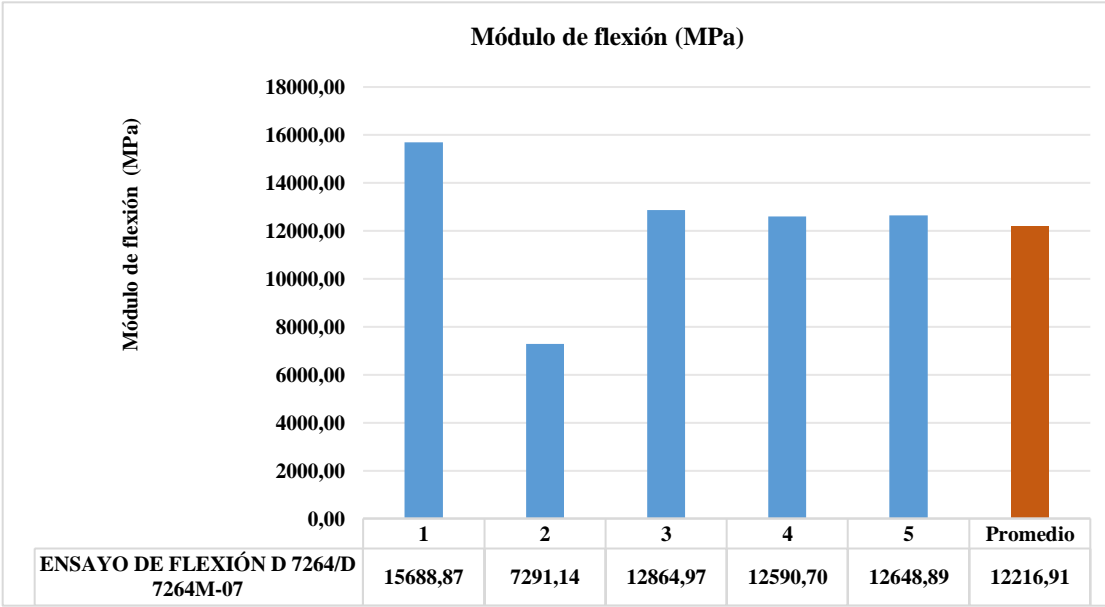
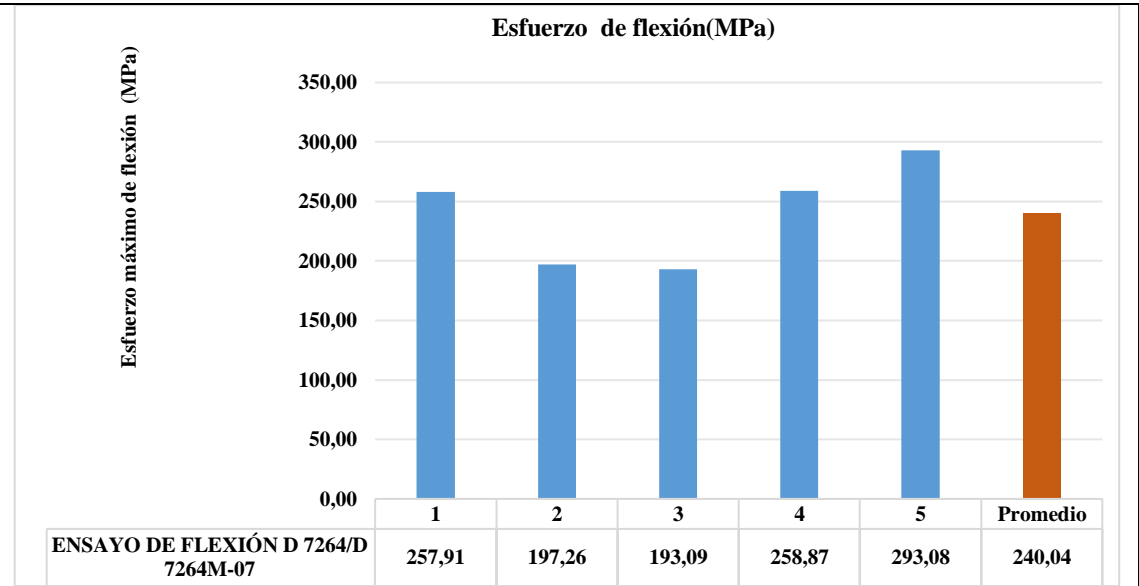
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE FLEXIÓN D 7264/D 7264M-07			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejercito (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de ensayos universales MTS TK/T5002 de 5 KN		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FV=F. de Vidrio FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	8
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	7 FV+1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	160*13	Velocidad de ensayo:	10 mm/min
Nº de Probetas:	5	Humedad relativa:	50,8%
Espesor promedio (mm):	1,42	Temperatura:	20° C
Tabulación de datos:			

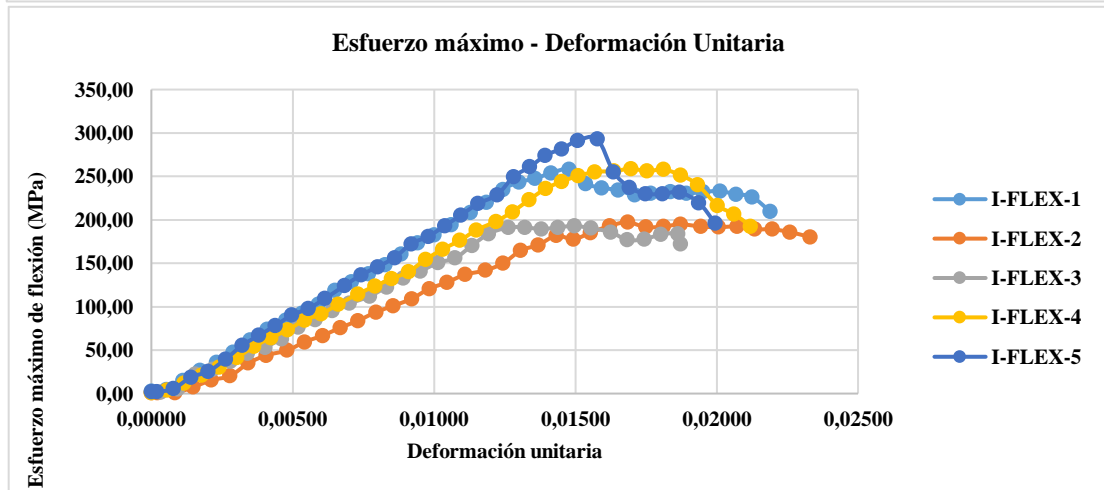
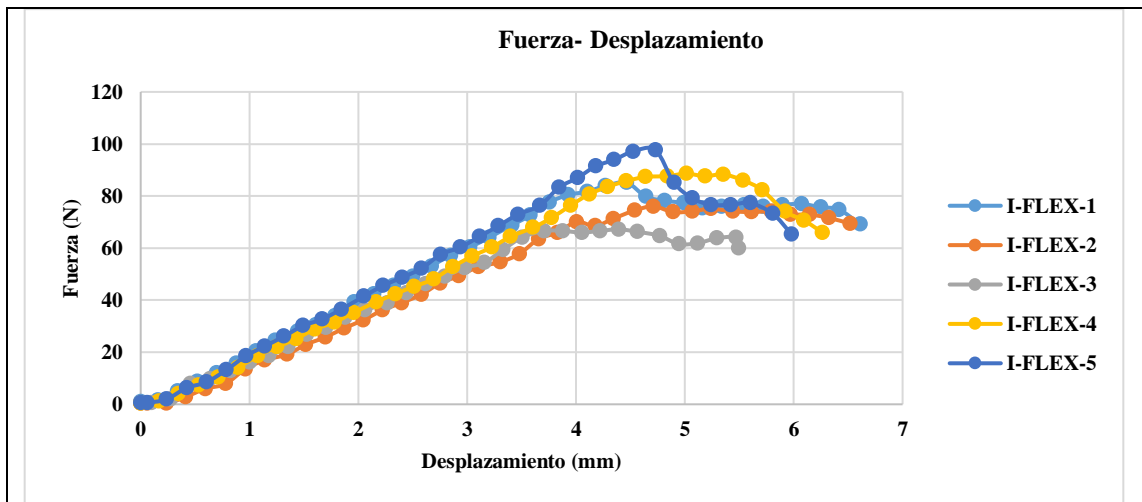
N° de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de flexión (MPa)	Módulo de flexión (MPa)	Deflexión (mm)	Tipo de falla
1	85,13	257,91	15688,87	4,46	OAB
2	76,02	197,26	7291,14	4,71	OAB
3	67,23	193,09	12864,97	4,39	OAB
4	88,59	258,87	12590,70	5,01	OAB
5	97,70	293,08	12648,89	4,73	OAB
Promedio:	82,94	240,04	12216,91	4,66	-
Desviación estándar:	11,72	43,37	3044,01	0,25	-

Fotografías del ensayo:



Gráficas de resultados:







Observaciones:

Evaluación:

Esfuerzo máximo a la flexión promedio (MPa) :	240,04
Módulo de flexión promedio (MPa):	12216,91
Espesor real promedio (mm):	1,42
Deflexión promedio (mm):	4,66

Fuente: Autor.

Tabla 22. Ficha Técnica 10 Ensayo de flexión probeta 7 FV+1 FCo.

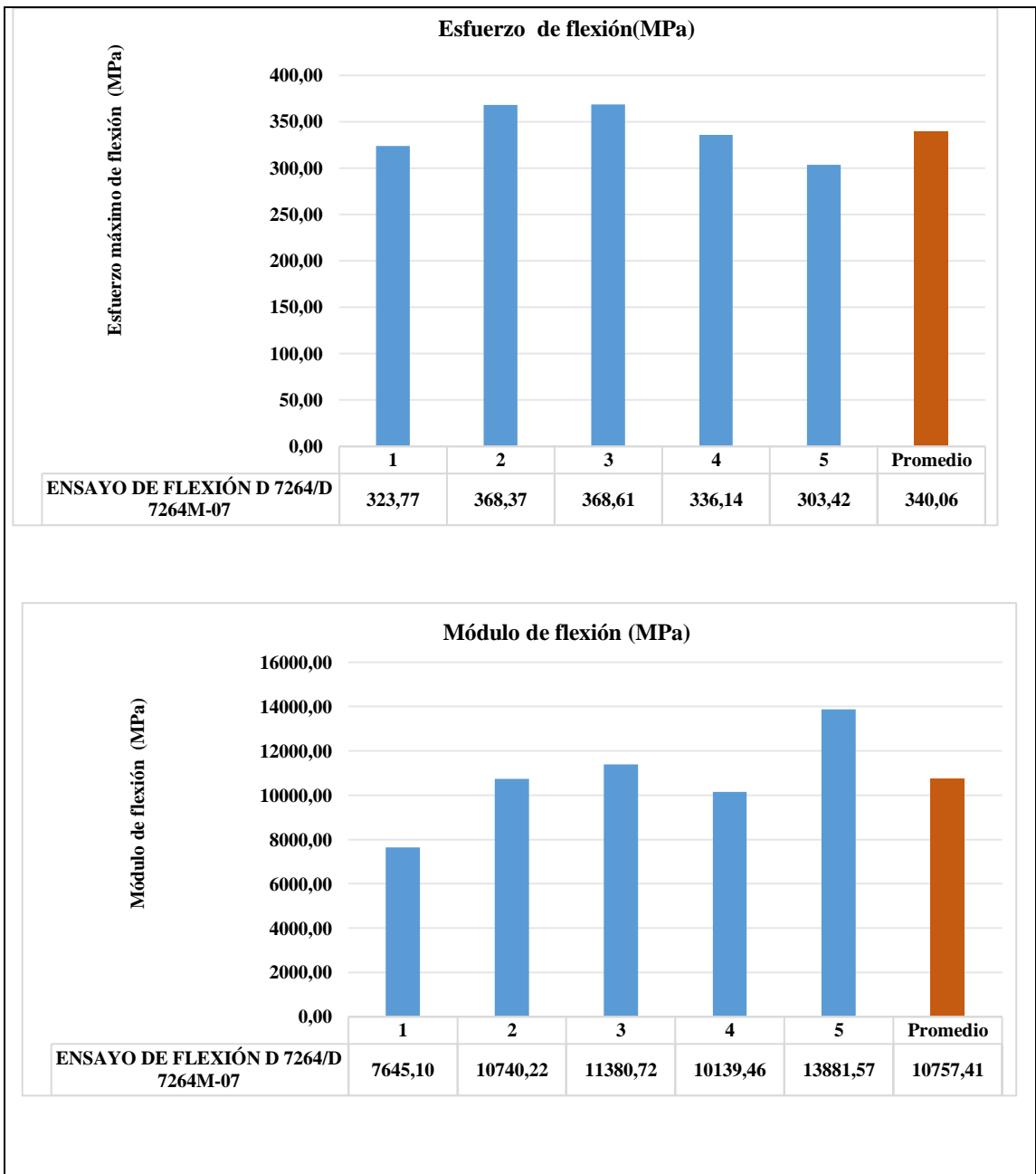
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE FLEXIÓN D 7264/D 7264M-07			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejercito (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de ensayos universales MTS TK/T5002 de 5 KN		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FV=F. de Vidrio FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	8
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	7 FV+1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	160*13	Velocidad de ensayo:	10 mm/min
Nº de Probetas:	5	Humedad relativa:	50,8%
Espesor promedio (mm):	1,33	Temperatura:	20° C
Tabulación de datos:			

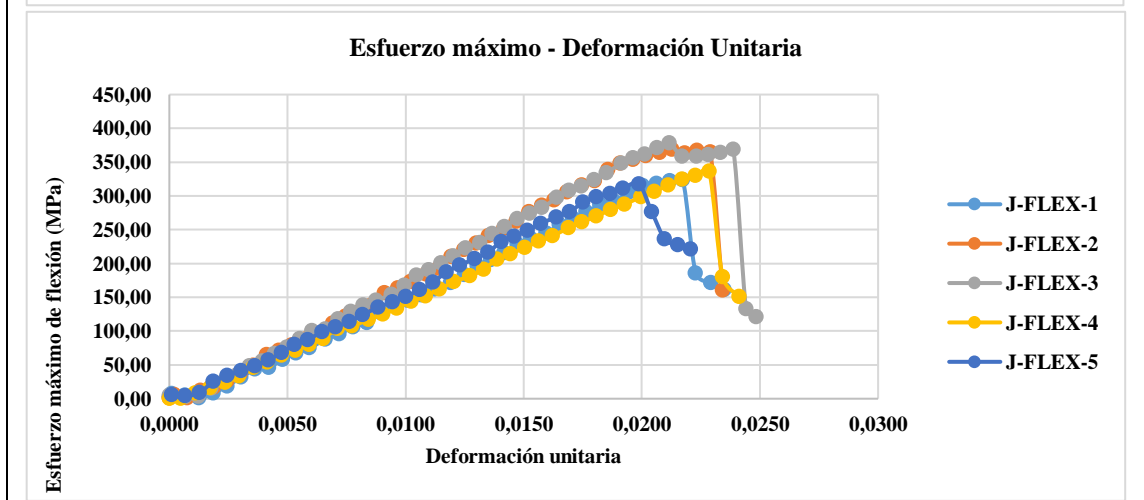
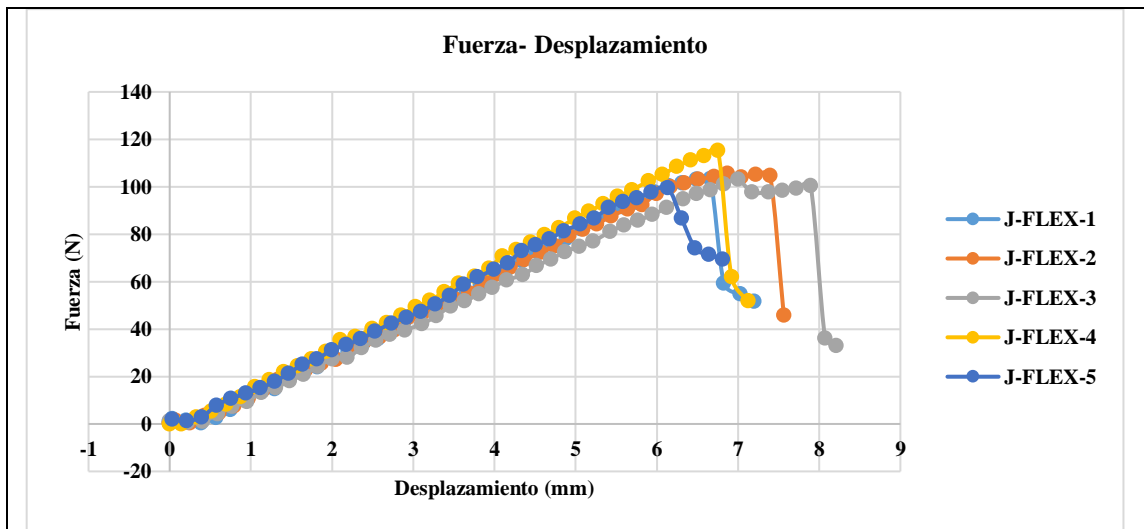
N° de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de flexión (MPa)	Módulo de flexión (MPa)	Deflexión (mm)	Tipo de falla
1	103,40	323,77	7645,10	6,66	OAB
2	105,60	368,37	10740,22	6,87	OAB
3	100,50	368,61	11380,72	7,89	OAB
4	115,30	336,14	10139,46	6,75	OAB
5	95,19	303,42	13881,57	5,76	OAB
Promedio:	104,00	340,06	10757,41	6,79	-
Desviación estándar:	7,43	28,46	2248,19	0,76	-

Fotografías del ensayo:



Gráficas de resultados:







Observaciones:

Evaluación:

Esfuerzo máximo a la flexión promedio (MPa) :	340,06
Módulo de flexión promedio (MPa):	10757,41
Espesor real promedio (mm):	1,33
Deflexión promedio (mm):	6,79

Fuente: Autor.

Tabla 23. Ficha Técnica 11 Ensayo de flexión probeta 8 FV+1 FCo.

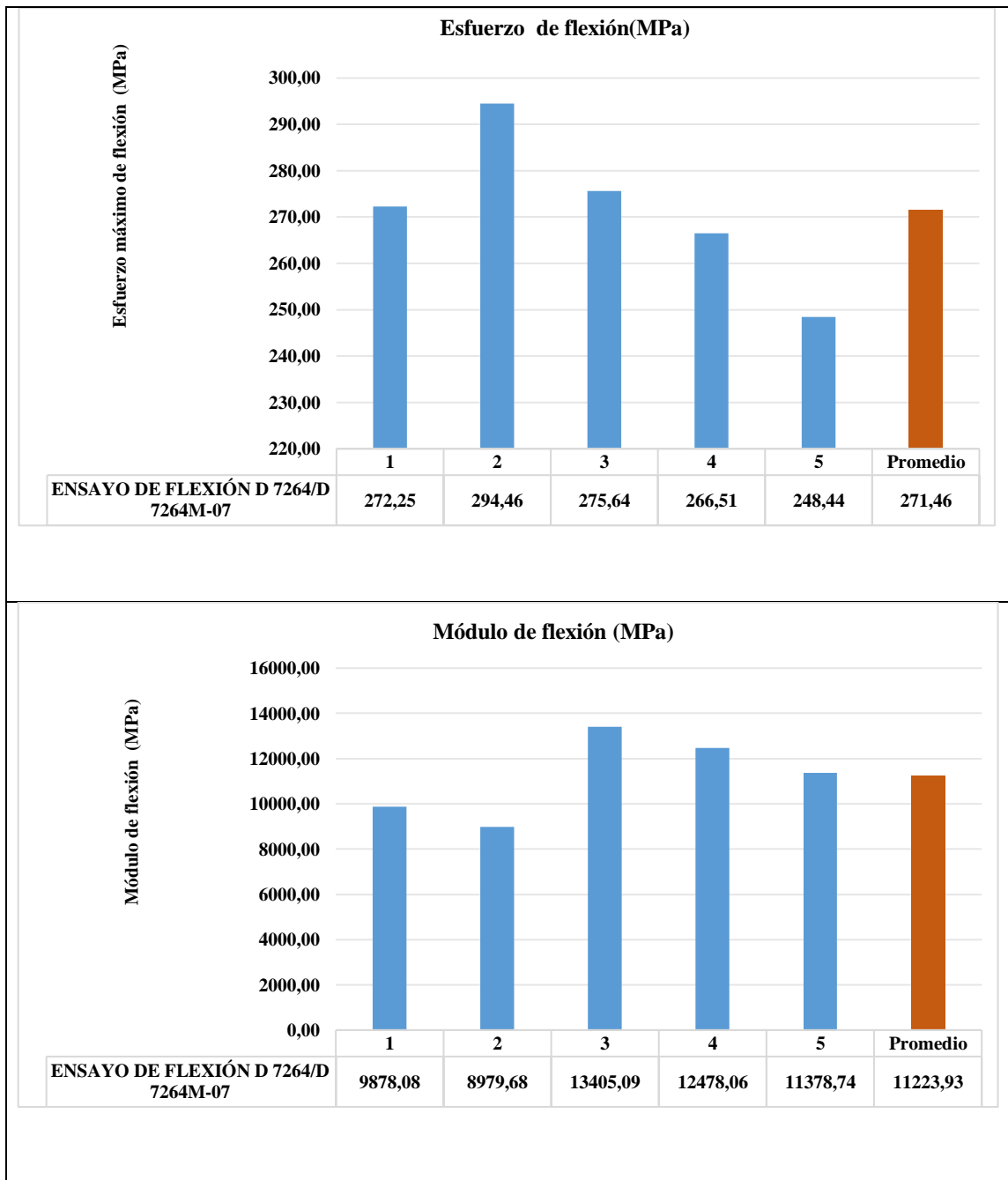
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE FLEXIÓN D 7264/D 7264M-07			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejército (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de ensayos universales MTS TK/T5002 de 5 KN		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FV=F. de Vidrio FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	9
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	8 FV+1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	160*13	Velocidad de ensayo:	10 mm/min
Nº de Probetas:	5	Humedad relativa:	50,8%
Espesor promedio (mm):	1,51	Temperatura:	20° C
Tabulación de datos:			

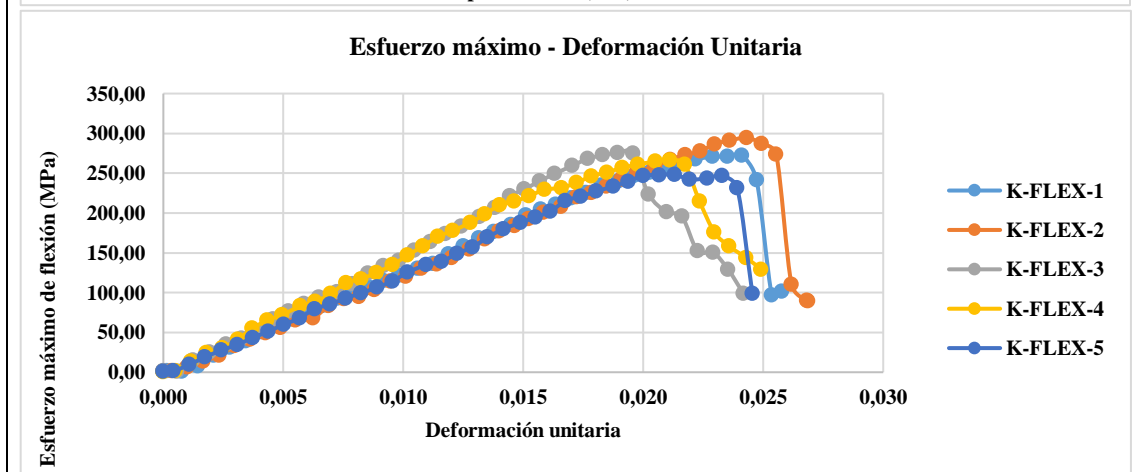
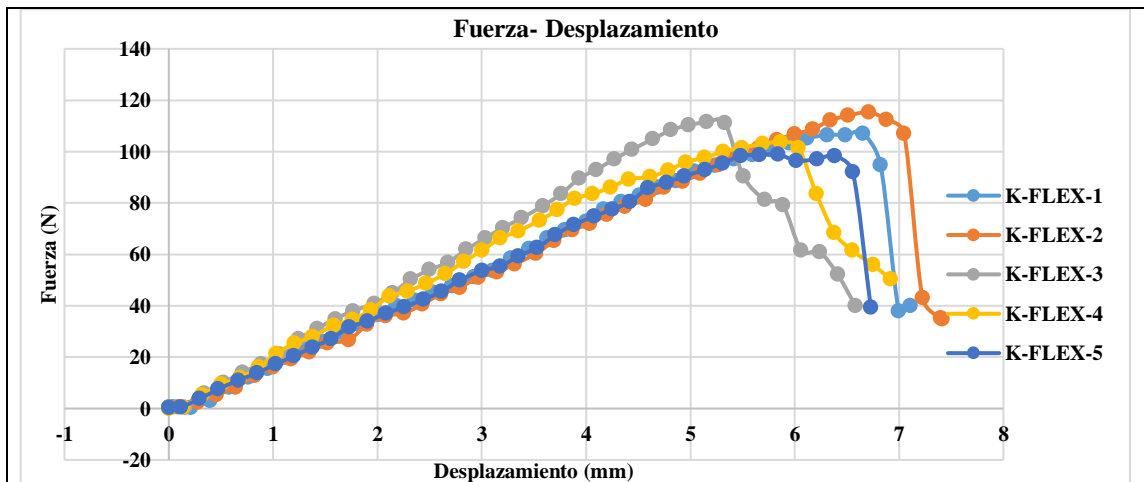
Nº de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de flexión (MPa)	Módulo de flexión (MPa)	Deflexión (mm)	Tipo de falla
1	107,10	272,25	9878,08	6,65	OAB
2	115,30	294,46	8979,68	6,71	OAB
3	111,50	275,64	13405,09	5,16	OAB
4	103,70	266,51	12478,06	5,87	OAB
5	98,96	248,44	11378,74	5,84	OAB
Promedio:	107,31	271,46	11223,93	6,05	-
Desviación estándar:	6,41	16,59	1816,74	0,65	-

Fotografías del ensayo:



Gráficas de resultados:






Observaciones:

Evaluación:

Esfuerzo máximo a la flexión promedio (MPa) :	271,46
Módulo de flexión promedio (MPa):	11223,93
Espesor real promedio (mm):	1,51
Deflexión promedio (mm):	6,05

Fuente: Autor.

Tabla 24. Ficha Técnica 12 Ensayo de flexión probeta 8 FV+1 FCo.

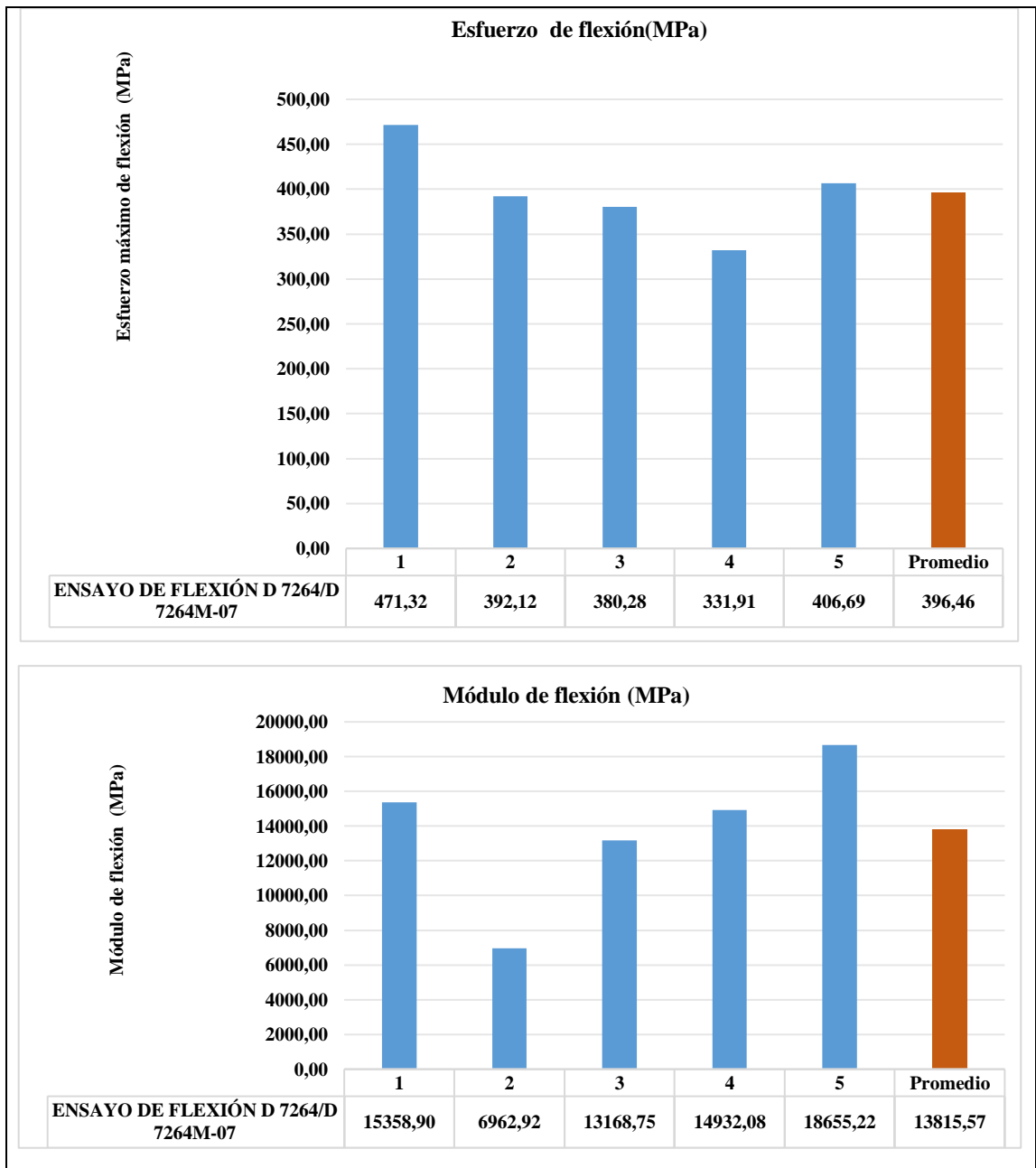
	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</p> <p>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p>		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE FLEXIÓN D 7264/D 7264M-07			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejército (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de ensayos universales MTS TK/T5002 de 5 KN		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FV=F. de Vidrio FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	9
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	8 FV+1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	160*13	Velocidad de ensayo:	10 mm/min
Nº de Probetas:	5	Humedad relativa:	50,8%
Espesor promedio (mm):	1,44	Temperatura:	20° C
Tabulación de datos:			

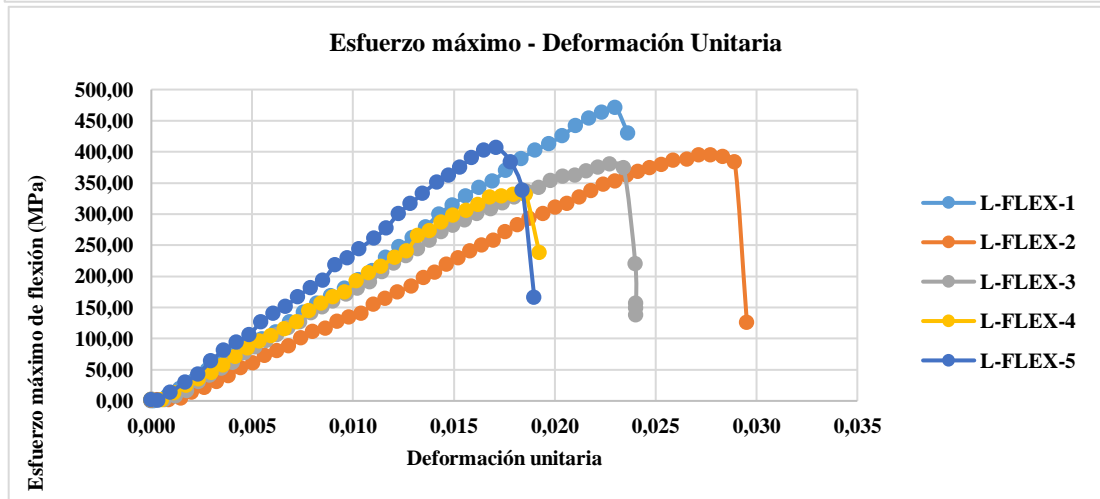
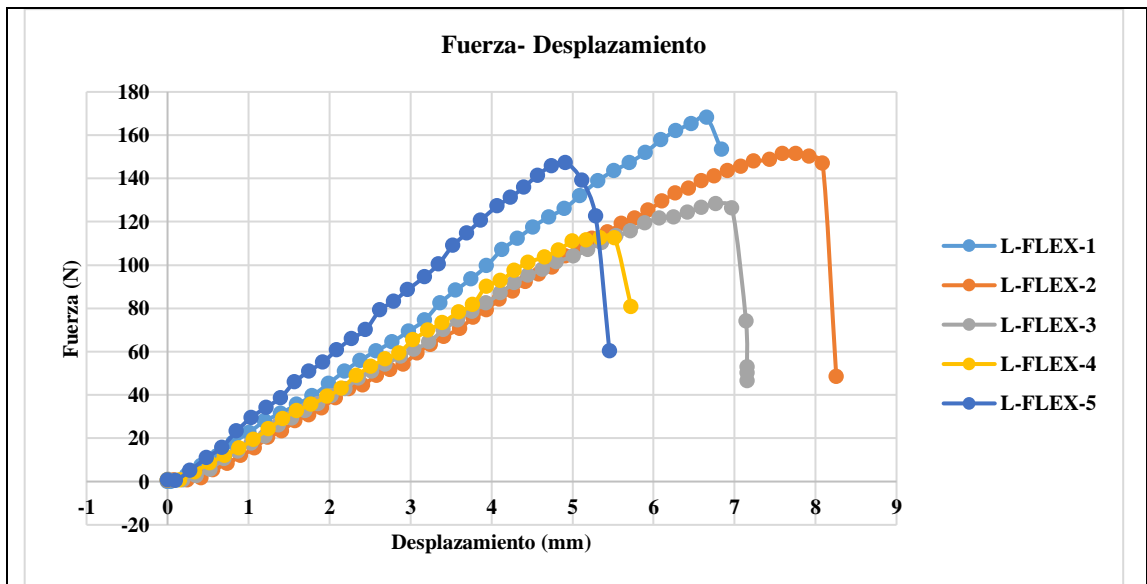
N° de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de flexión (MPa)	Módulo de flexión (MPa)	Deflexión (mm)	Tipo de falla
1	168,10	471,32	15358,90	6,65	OAB
2	150,20	392,12	6962,92	7,92	OAB
3	128,20	380,28	13168,75	6,77	OAB
4	112,50	331,91	14932,08	5,52	OAB
5	147,30	406,69	18655,22	4,91	OAB
Promedio:	141,26	396,46	13815,57	6,35	-
Desviación estándar:	21,42	50,39	4313,58	1,17	-

Fotografías del ensayo:



Gráficas de resultados:





Observaciones:

Evaluación:

Esfuerzo máximo a la flexión promedio (MPa) :

396,46

Módulo de flexión promedio (MPa):

13815,57

Espesor real promedio (mm):



1,44

Deflexión promedio (mm):

6,35

Fuente: Autor.

Tabla 25. Ficha Técnica 13 Ensayo de flexión probeta 6 FA +1 FCo.

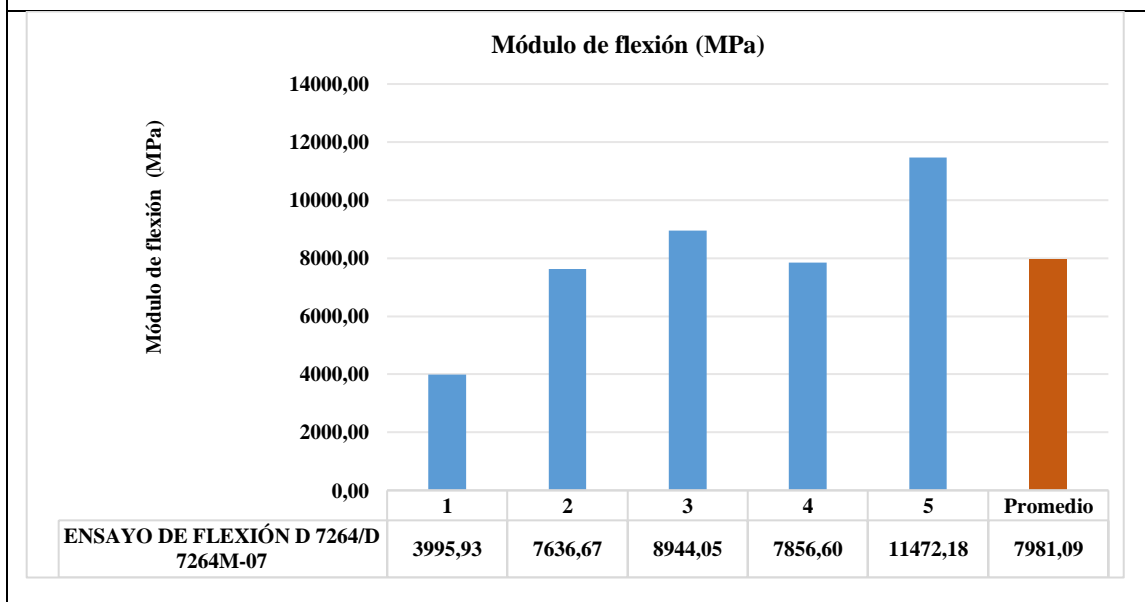
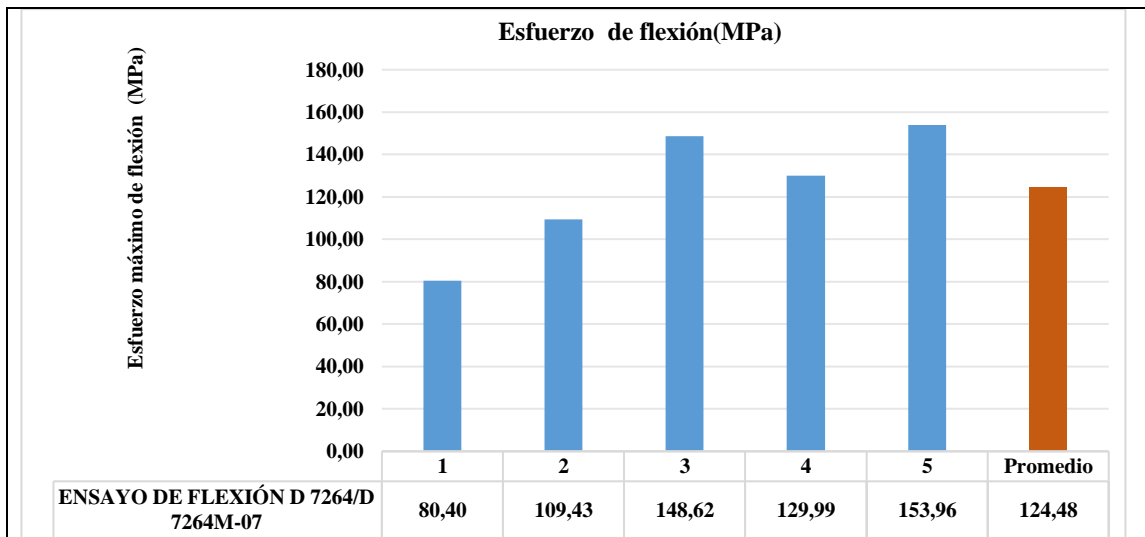
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE FLEXIÓN D 7264/D 7264M-07			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejercito (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de ensayos universales MTS TK/T5002 de 5 KN		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FA =F. Aramida FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	7
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	6 FA +1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	160*13	Velocidad de ensayo:	10 mm/min
Nº de Probetas:	5	Humedad relativa:	50,8%
Espesor promedio (mm):	1,98	Temperatura:	20° C
Tabulación de datos:			

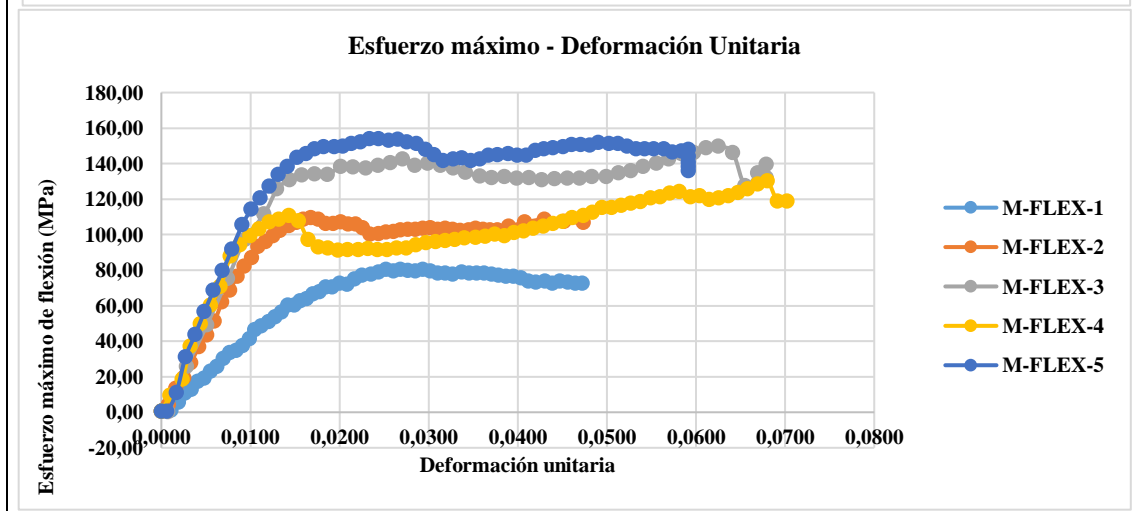
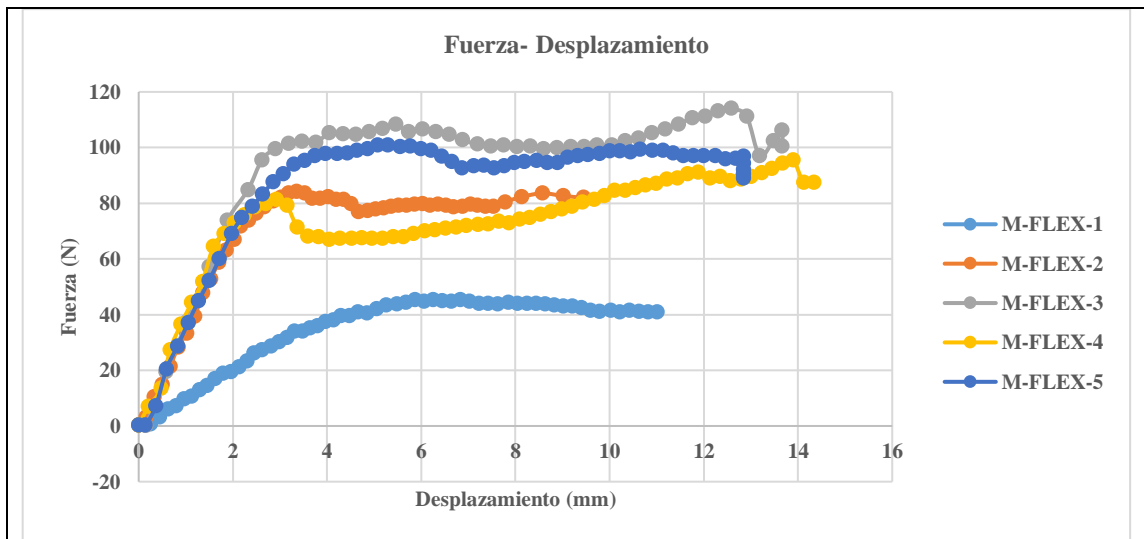
N° de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de flexión (MPa)	Módulo de flexión (MPa)	Deflexión (mm)	Tipo de falla
1	45,24	80,40	3995,93	6,83	OAB
3	113,10	148,62	8944,05	12,30	OAB
4	95,50	129,99	7856,60	13,90	OAB
5	100,80	153,96	11472,18	5,08	OAB
Promedio:	87,77	124,48	7981,09	8,29	-
Desviación estándar:	25,95	30,21	2698,64	4,59	-

Fotografías del ensayo:



Gráficas de resultados:







Observaciones:

Evaluación:

Esfuerzo máximo a la flexión promedio (MPa) :	124,48
Módulo de flexión promedio (MPa):	7981,09
Espesor real promedio (mm):	1,98
Deflexión promedio (mm):	8,29

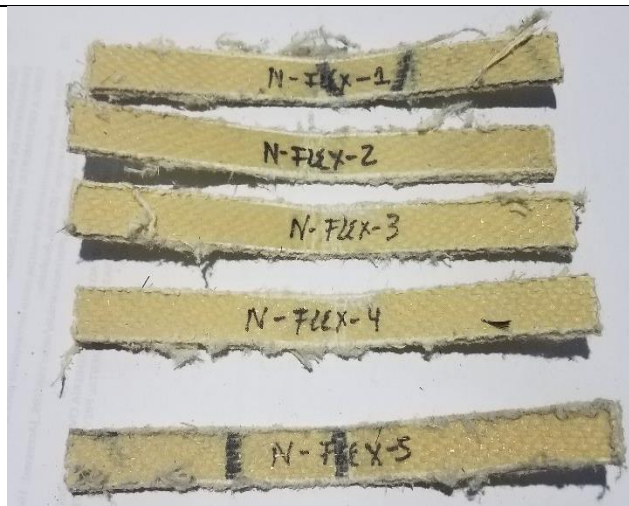
Fuente: Autor.

Tabla 26. Ficha Técnica 14 Ensayo de flexión probeta 7 FA +1 FCo.

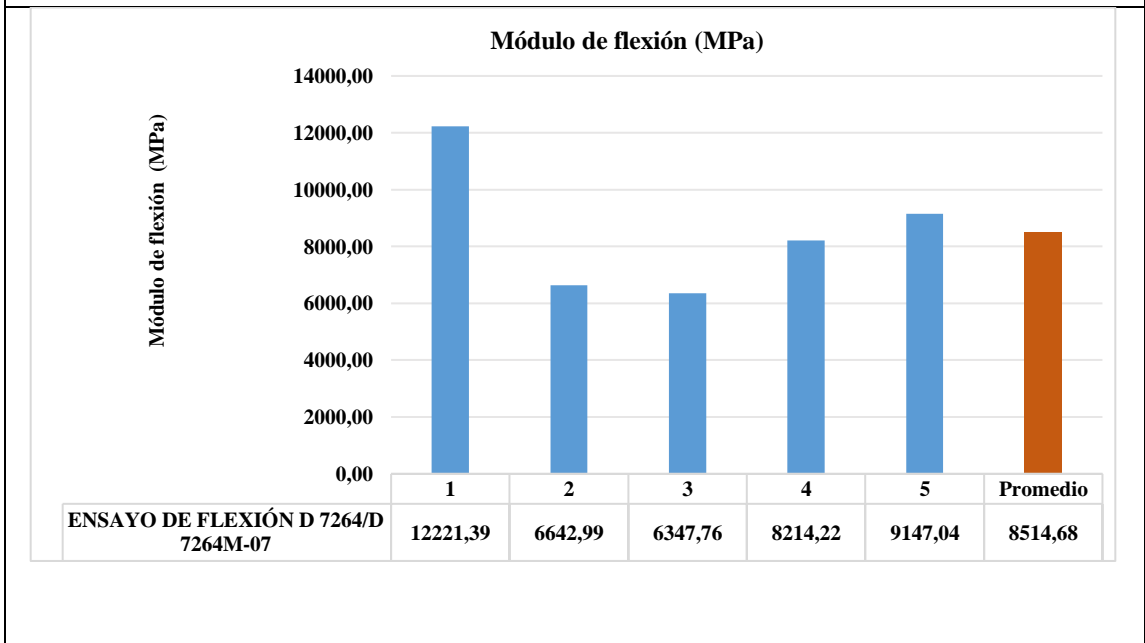
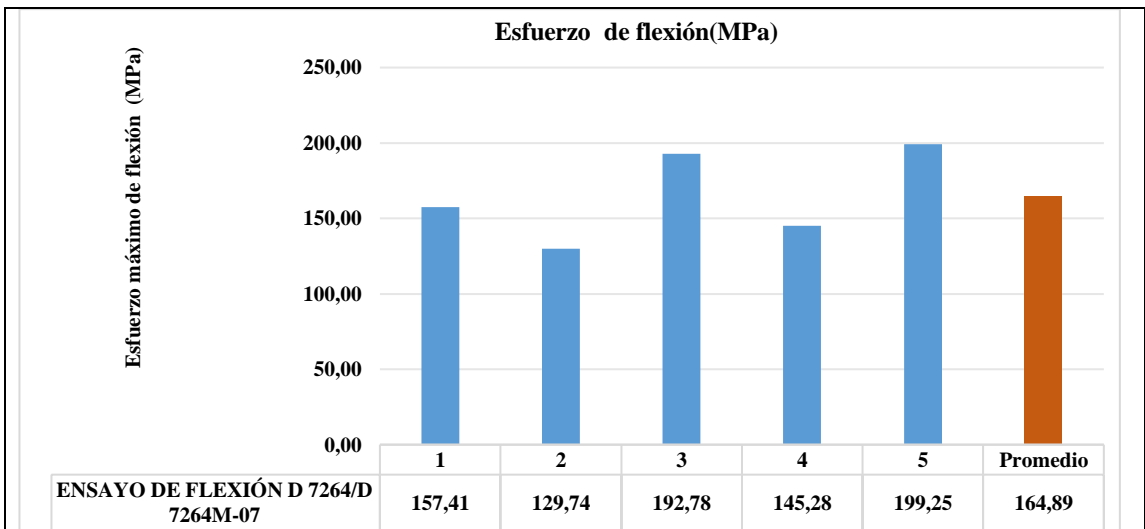
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE FLEXIÓN D 7264/D 7264M-07			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejercito (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de ensayos universales MTS TK/T5002 de 5 KN		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FA =F. Aramida FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	8
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	7 FA +1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	160*13	Velocidad de ensayo:	10 mm/min
Nº de Probetas:	5	Humedad relativa:	50,8%
Espesor promedio (mm):	2,28	Temperatura:	20° C
Tabulación de datos:			

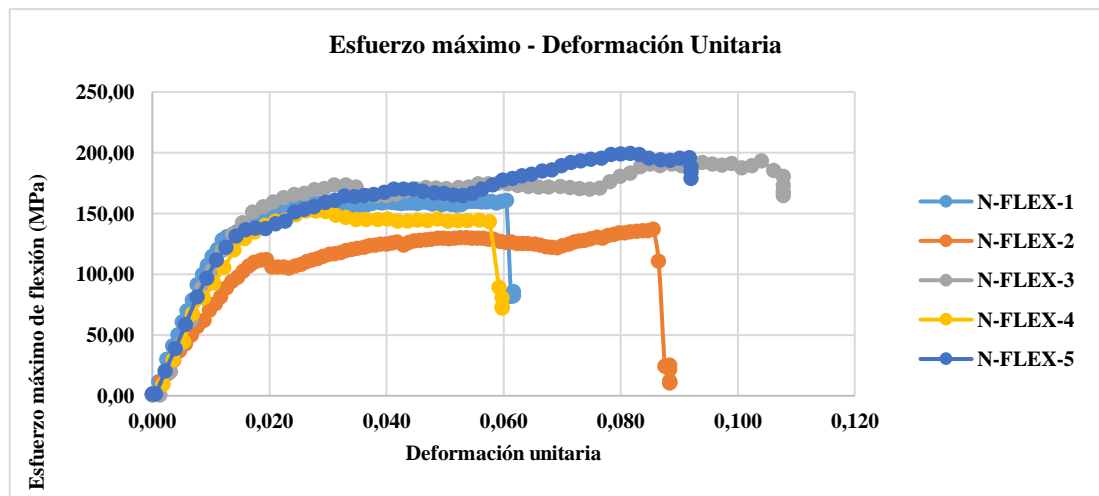
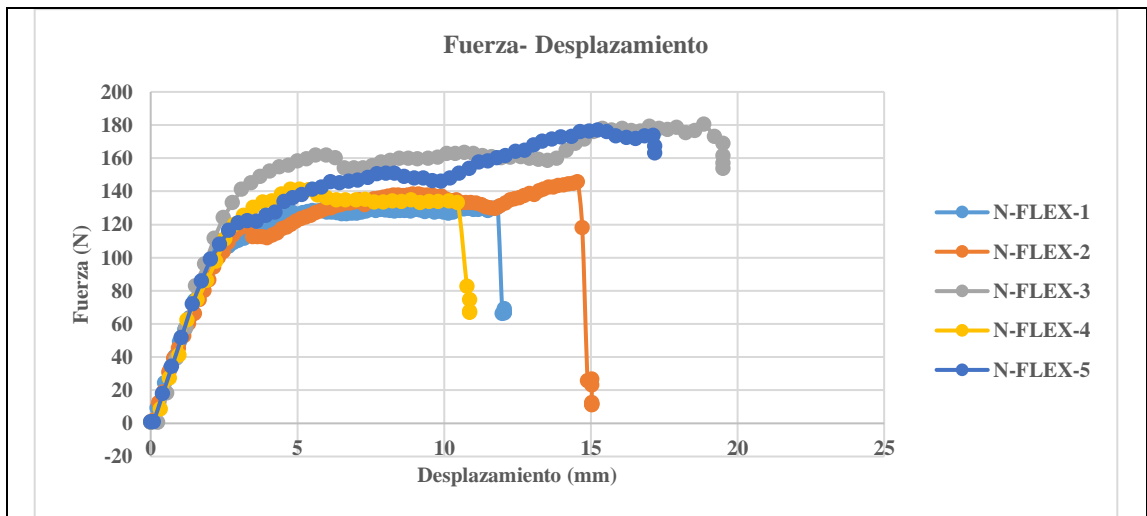
N° de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de flexión (MPa)	Módulo de flexión (MPa)	Deflexión (mm)	Tipo de falla
1	127,50	157,41	12221,39	4,67	OAB
2	138,20	129,74	6642,99	8,94	OAB
3	180,30	192,78	6347,76	18,86	OAB
4	135,10	145,28	8214,22	7,31	OAB
5	176,90	199,25	9147,04	15,25	OAB
Promedio:	151,60	164,89	8514,68	11,01	-
Desviación estándar:	24,98	30,15	2367,94	5,87	-

Fotografías del ensayo:



Gráficas de resultados:







Observaciones:

Evaluación:

Esfuerzo máximo a la flexión promedio (MPa) :	164,89
Módulo de flexión promedio (MPa):	8514,68
Espesor real promedio (mm):	2,28
Deflexión promedio (mm):	11,01

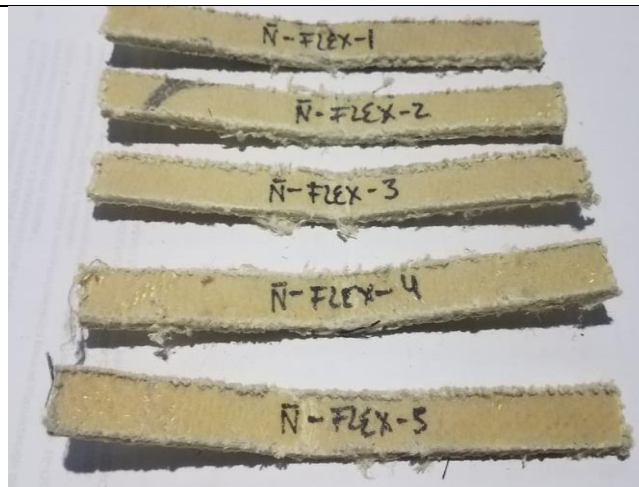
Fuente: Autor.

Tabla 27. Ficha Técnica 15 Ensayo de flexión probeta 7 FA +1 FCo.

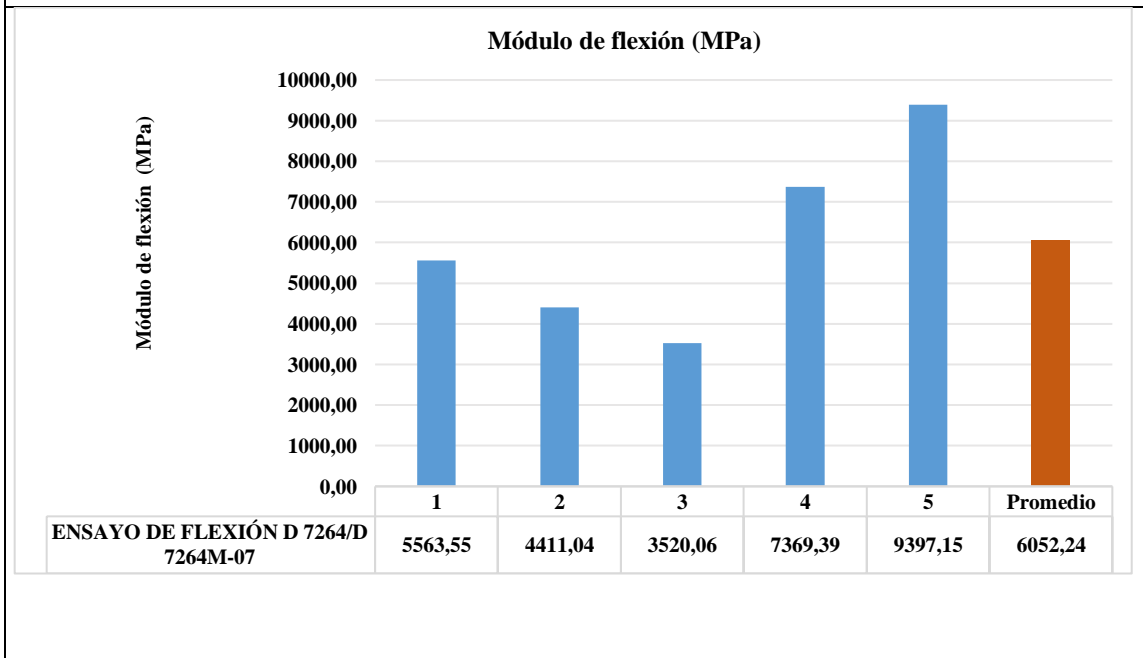
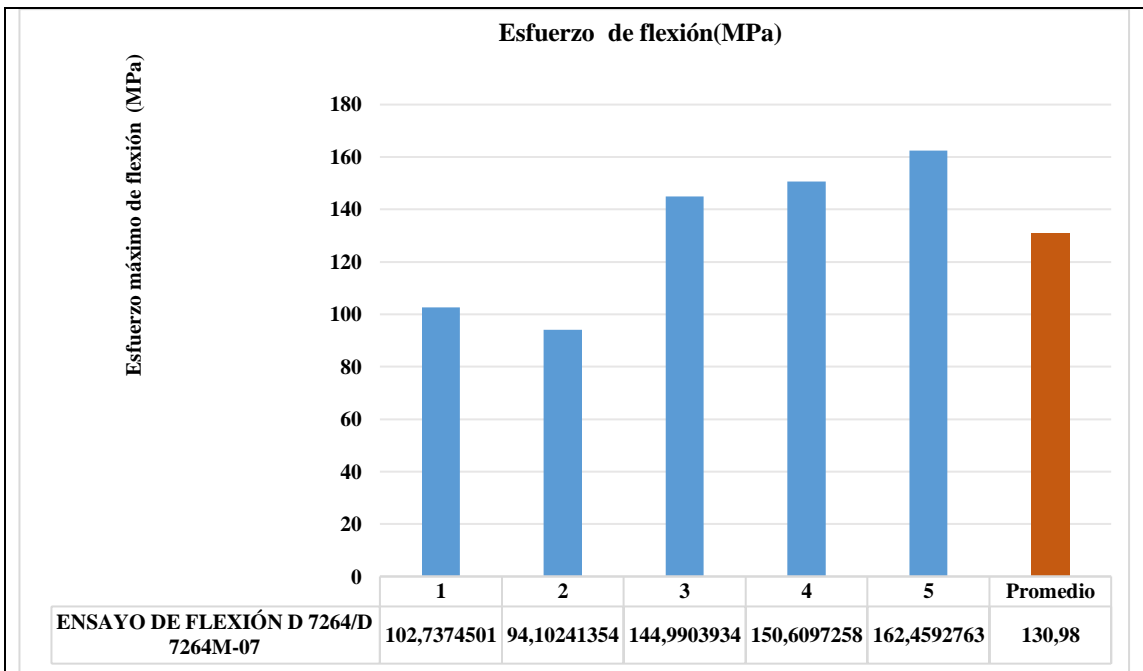
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE FLEXIÓN D 7264/D 7264M-07			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejército (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de ensayos universales MTS TK/T5002 de 5 KN		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FA =F. Aramida FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	8
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	7 FA +1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	160*13	Velocidad de ensayo:	10 mm/min
Nº de Probetas:	5	Humedad relativa:	50,8%
Espesor promedio (mm):	2,40	Temperatura:	20° C
Tabulación de datos:			

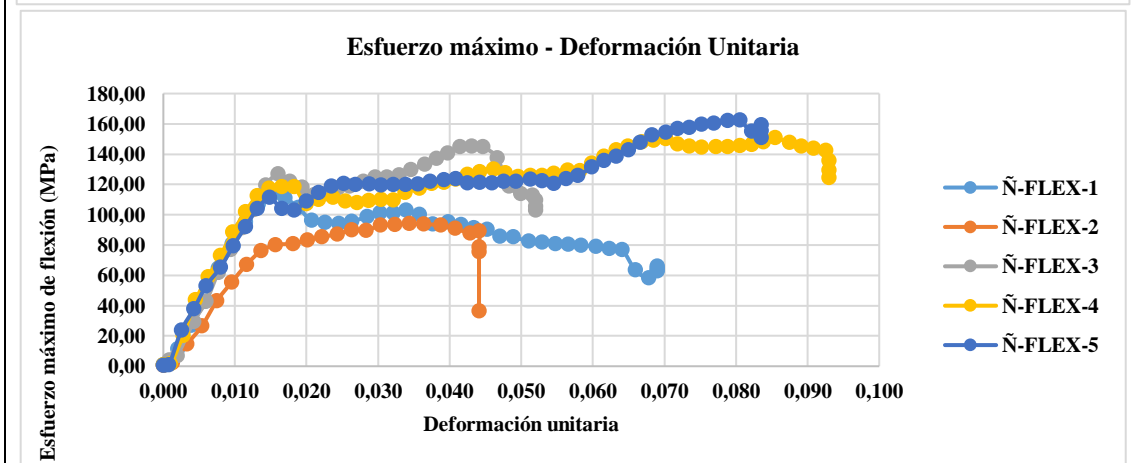
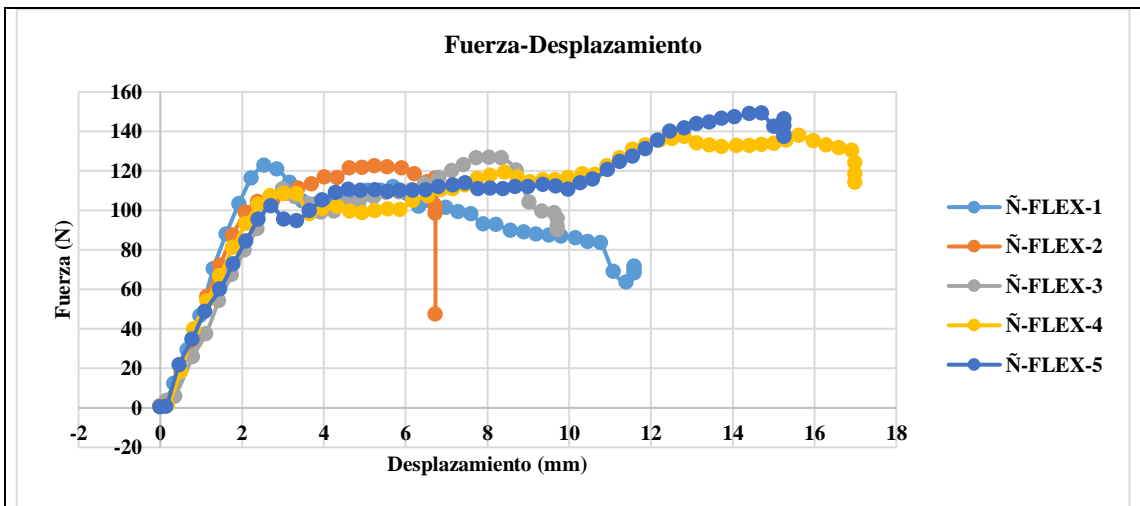
Nº de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de flexión (MPa)	Módulo de flexión (MPa)	Deflexión (mm)	Tipo de falla
1	111,80	102,73745	5563,55	5,70	OAB
2	122,50	94,1024135	4411,04	5,24	OAB
3	126,90	144,990393	3520,06	8,04	OAB
4	137,90	150,609726	7369,39	15,62	OAB
5	149,20	162,459276	9397,15	14,71	OAB
Promedio:	129,66	130,98	6052,24	9,86	-
Desviación estándar:	14,38	30,54	2359,43	4,97	-

Fotografías del ensayo:



Gráficas de resultados:







Observaciones:

Evaluación:

Esfuerzo máximo a la flexión promedio (MPa) :	130,98
Módulo de flexión promedio (MPa):):	6052,24
Espesor real promedio (mm):	2,40
Deflexión promedio (mm):	9,86

Fuente: Autor.

Tabla 28. Ficha Técnica 16 Ensayo de flexión probeta 8 FA +1 FCo.

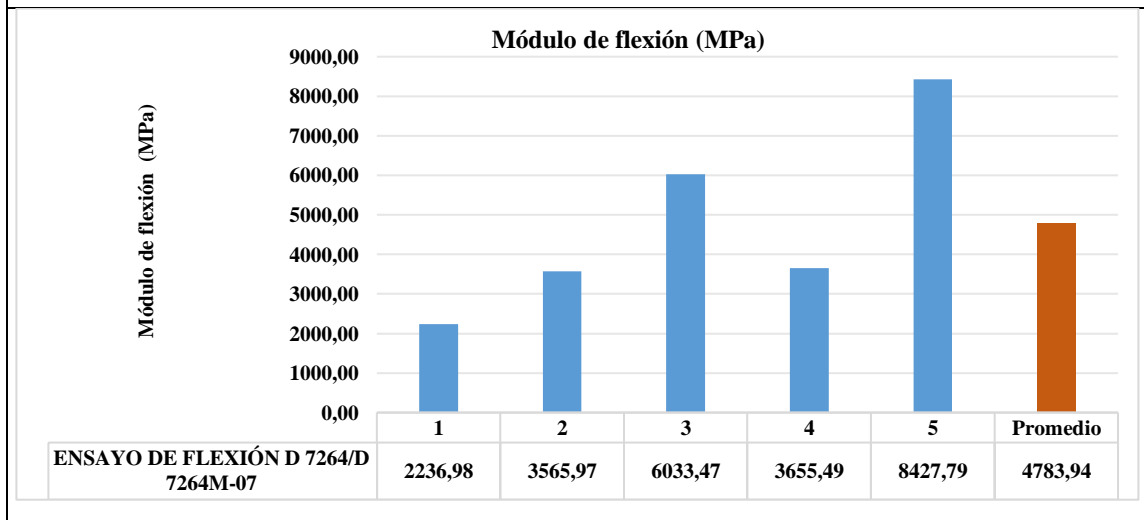
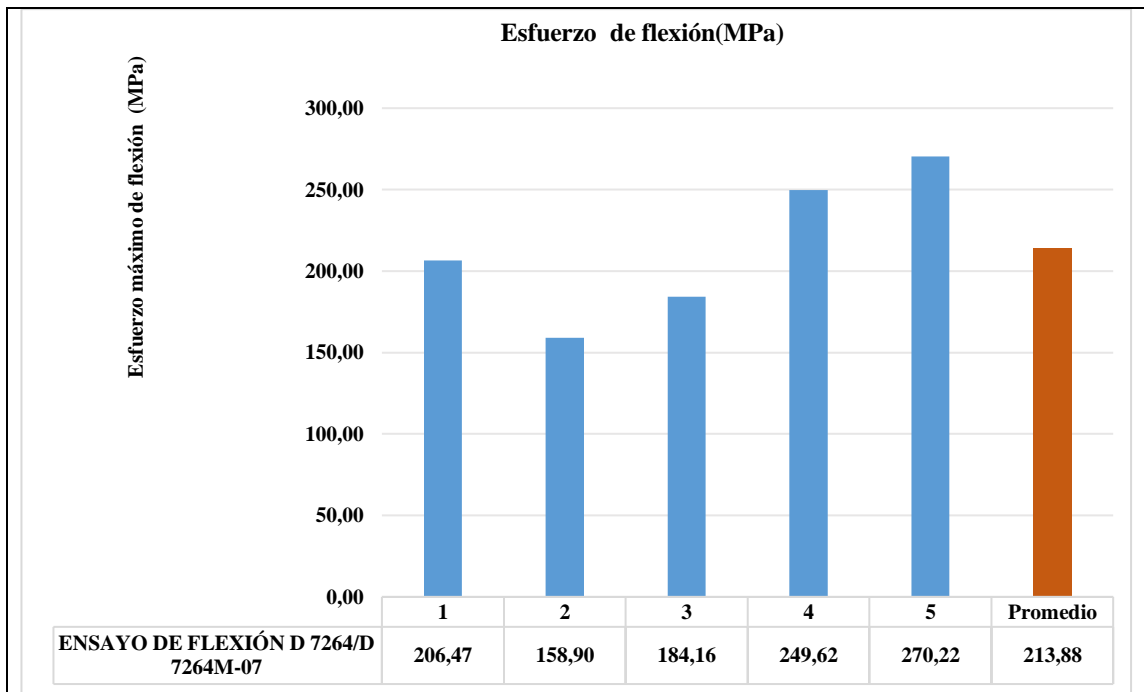
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE FLEXIÓN D 7264/D 7264M-07			
Datos informativos:			
Lugar:		Escuela Superior Politécnica del Ejército (ESPE)	
Fecha:		Sangolquí 27/1/2020	
Tipo de máquina:		Máquina de ensayos universales MTS TK/T5002 de 5 KN	
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FA =F. Aramida FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	9
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	8 FA +1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	160*13	Velocidad de ensayo:	10 mm/min
Nº de Probetas:	5	Humedad relativa:	50,8%
Espesor promedio (mm):	2,71	Temperatura:	20° C
Tabulación de datos:			

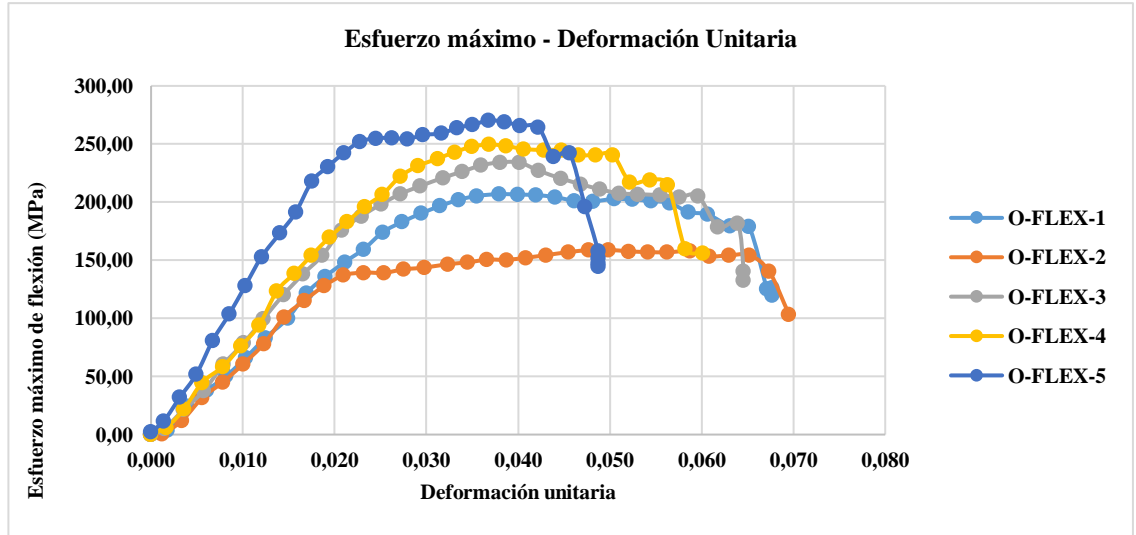
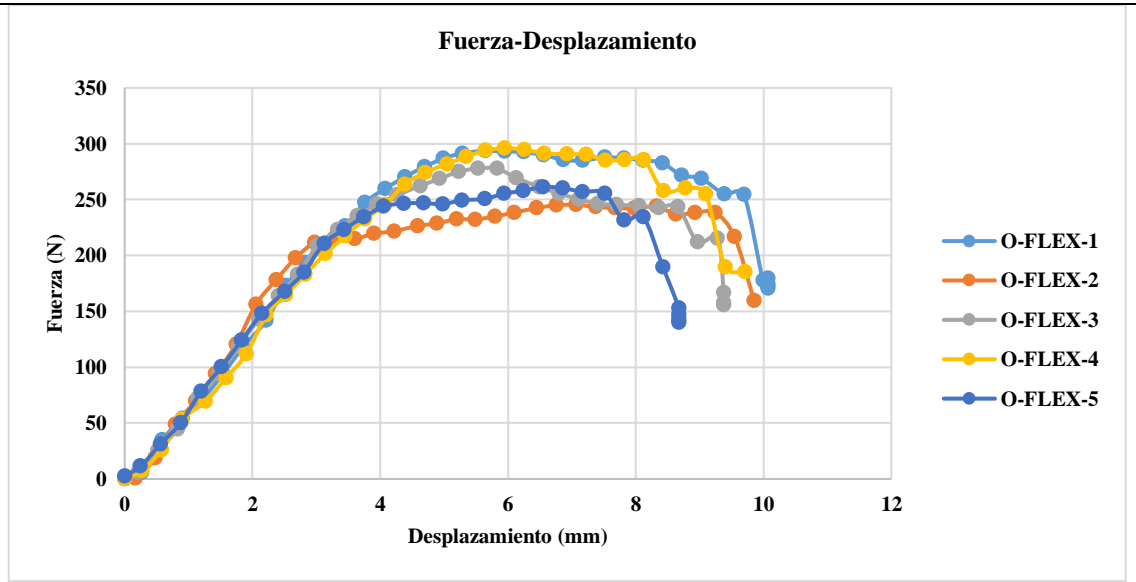
Nº de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de flexión (MPa)	Módulo de flexión (MPa)	Deflexión (mm)	Tipo de falla
1	293,10	206,47	2236,98	5,95	OAB
2	245,40	158,90	3565,97	7,07	OAB
3	277,70	184,16	6033,47	5,83	OAB
4	296,20	249,62	3655,49	5,95	OAB
5	261,40	270,22	8427,79	6,55	OAB
Promedio:	274,76	213,88	4783,94	6,27	-
Desviación estándar:	21,48	45,86	2453,71	0,53	-

Fotografías del ensayo:



Gráficas de resultados:







Observaciones:

Evaluación:

Esfuerzo máximo a la flexión promedio (MPa) :	213,88
Módulo de flexión promedio (MPa):	4783,94
Espesor real promedio (mm):	2,71
Deflexión promedio (mm):	6,27

Fuente: Autor.

Tabla 29. Ficha Técnica 17 Ensayo de flexión probeta 8 FA +1 FCo.

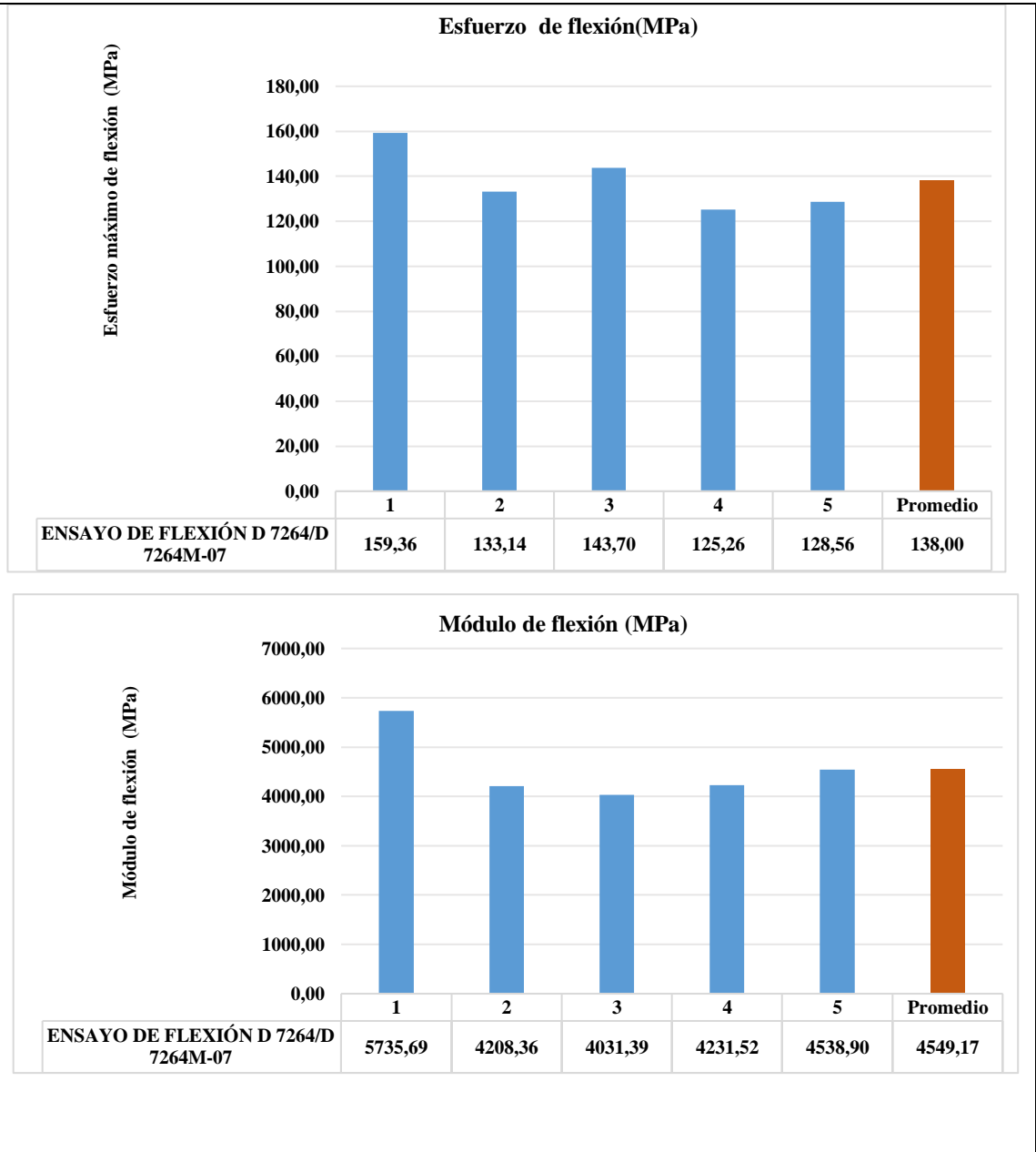
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE FLEXIÓN D 7264/D 7264M-07			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejercito (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de ensayos universales MTS TK/T5002 de 5 KN		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FA =F. Aramida FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	9
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	8 FA +1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	160*13	Velocidad de ensayo:	10 mm/min
Nº de Probetas:	5	Humedad relativa:	50,8%
Espesor promedio (mm):	2,97	Temperatura:	20° C
Tabulación de datos:			

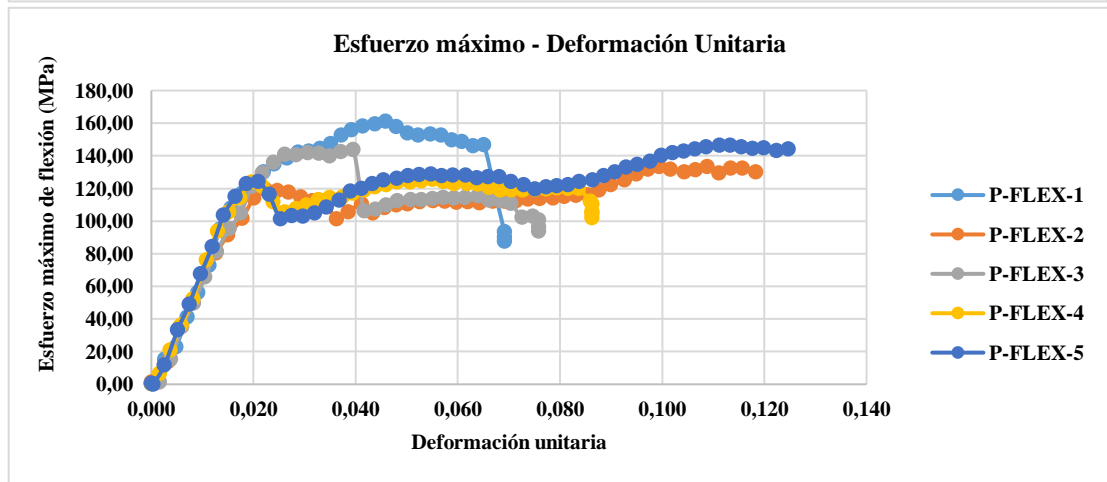
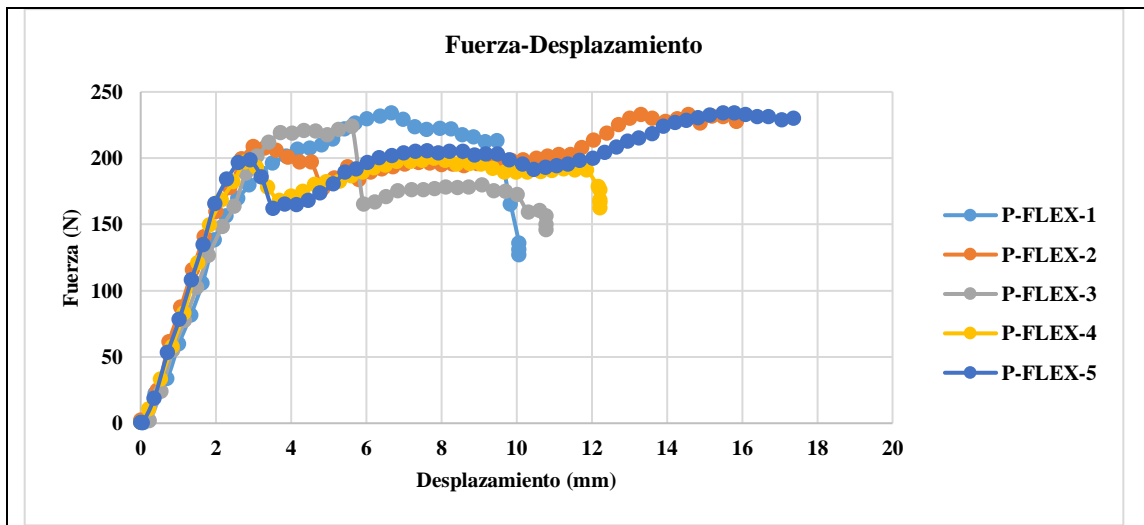
N° de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de flexión (MPa)	Módulo de flexión (MPa)	Deflexión (mm)	Tipo de falla
1	231,50	159,36	5735,69	6,38	OAB
2	232,80	133,14	4208,36	13,30	OAB
3	223,70	143,70	4031,39	5,62	OAB
4	199,50	125,26	4231,52	7,80	OAB
5	205,50	128,56	4538,90	7,62	OAB
Promedio:	218,60	138,00	4549,17	8,14	-
Desviación estándar:	15,25	13,82	687,95	3,02	-

Fotografías del ensayo:



Gráficas de resultados:







Observaciones:

Evaluación:

Esfuerzo máximo a la flexión promedio (MPa) :	138,00
Módulo de flexión promedio (MPa):	4549,17
Espesor real promedio (mm):	2,97
Deflexión promedio (mm):	8,14

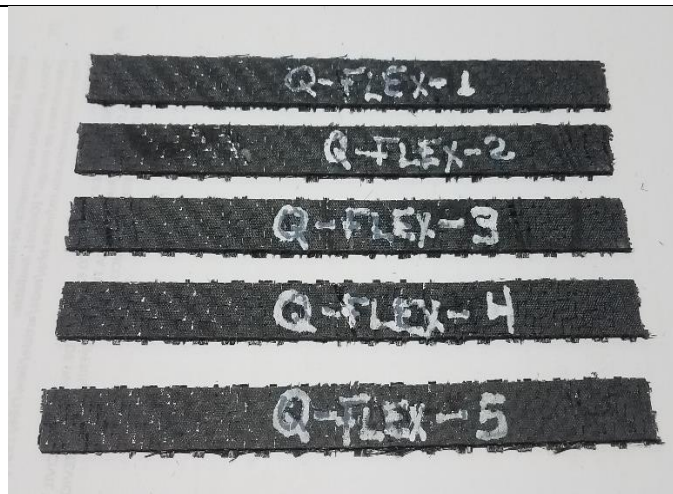
Fuente: Autor.

Tabla 30. Ficha Técnica 18 Ensayo de flexión probeta 6 C. +1 FCo.

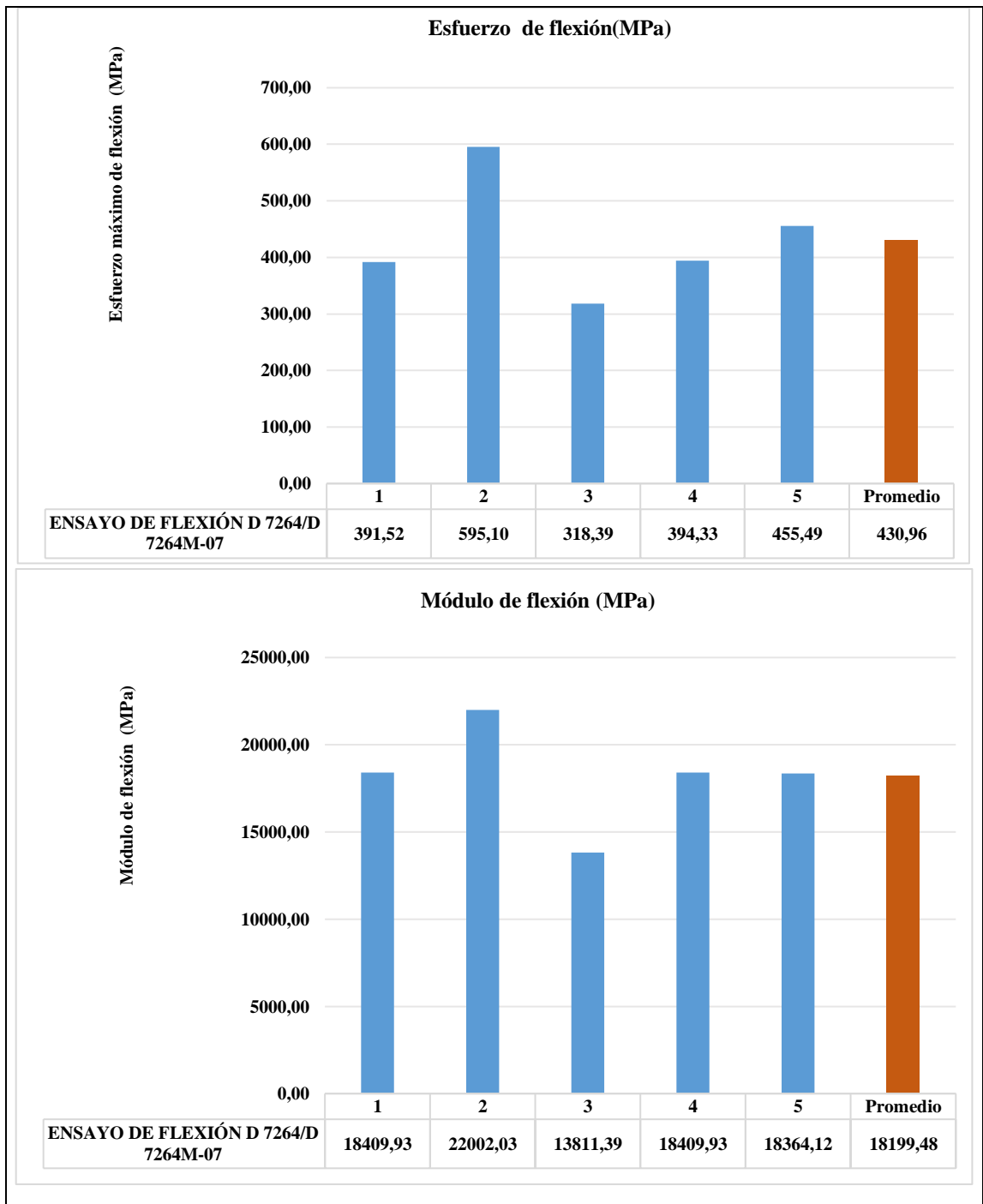
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE FLEXIÓN D 7264/D 7264M-07			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejército (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de ensayos universales MTS TK/T5002 de 5 KN		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FC=F. de Carbono FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	7
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	6 C. +1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	160*13	Velocidad de ensayo:	10 mm/min
Nº de Probetas:	5	Humedad relativa:	50,8%
Espesor promedio (mm):	1,60	Temperatura:	20° C
Tabulación de datos:			

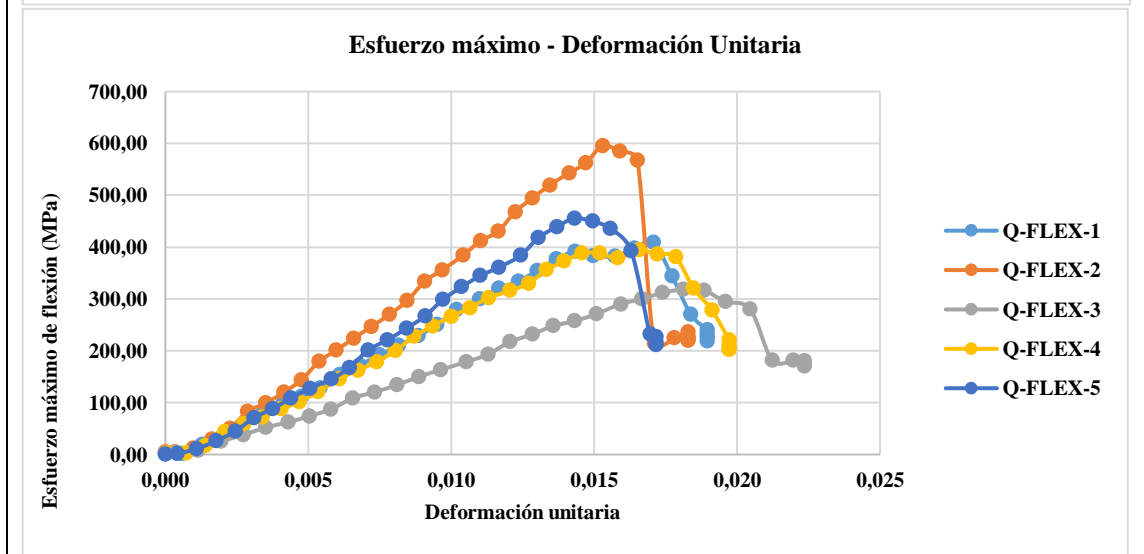
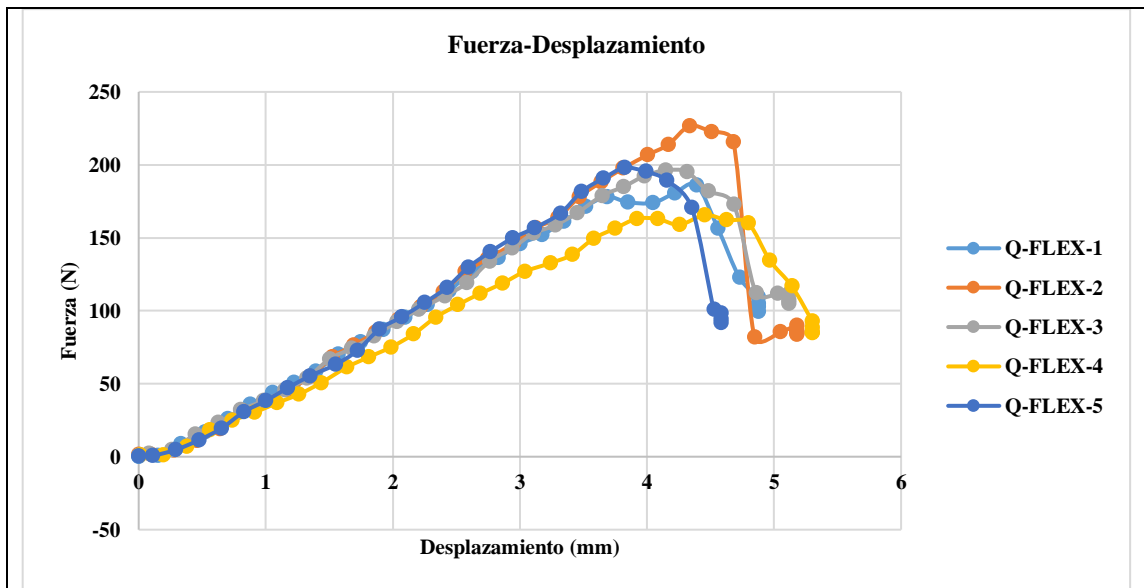
N° de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de flexión (MPa)	Módulo de flexión (MPa)	Deflexión (mm)	Tipo de falla
1	178,10	391,518061	18409,93	3,69	OAB
2	226,50	595,102785	22002,03	4,34	OAB
3	196,30	318,385564	13811,39	4,15	OAB
4	165,60	394,326086	18409,93	4,46	OAB
5	197,90	455,488361	18364,12	3,82	OAB
Promedio:	192,88	430,96	18199,48	4,09	-
Desviación estándar:	23,08	103,82	2908,20	0,33	-

Fotografías del ensayo:



Gráficas de resultados:







Observaciones:

Evaluación:

Esfuerzo máximo a la flexión promedio (MPa) :	430,96
Módulo de flexión promedio (MPa):	18199,48
Espesor real promedio (mm):	1,60
Deflexión promedio (mm):	4,09

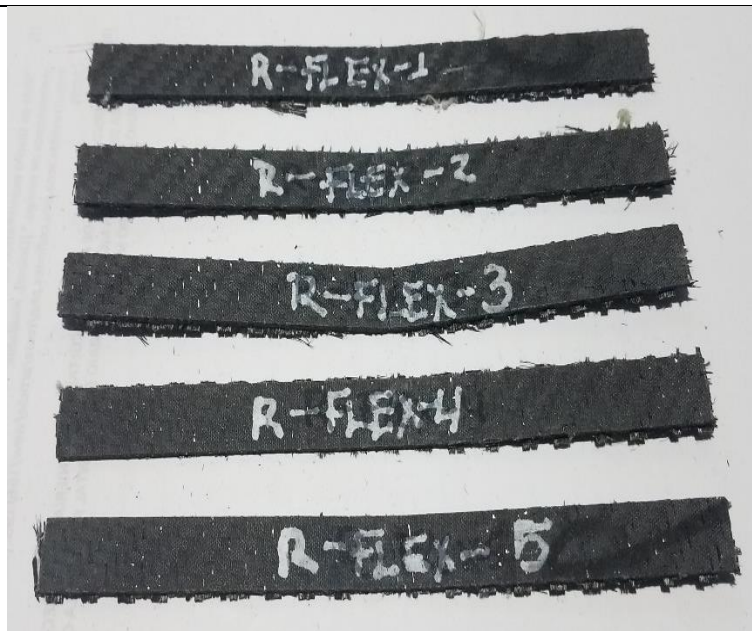
Fuente: Autor.

Tabla 31. Ficha Técnica 19 Ensayo de flexión probeta 7 FC+1 FCo.

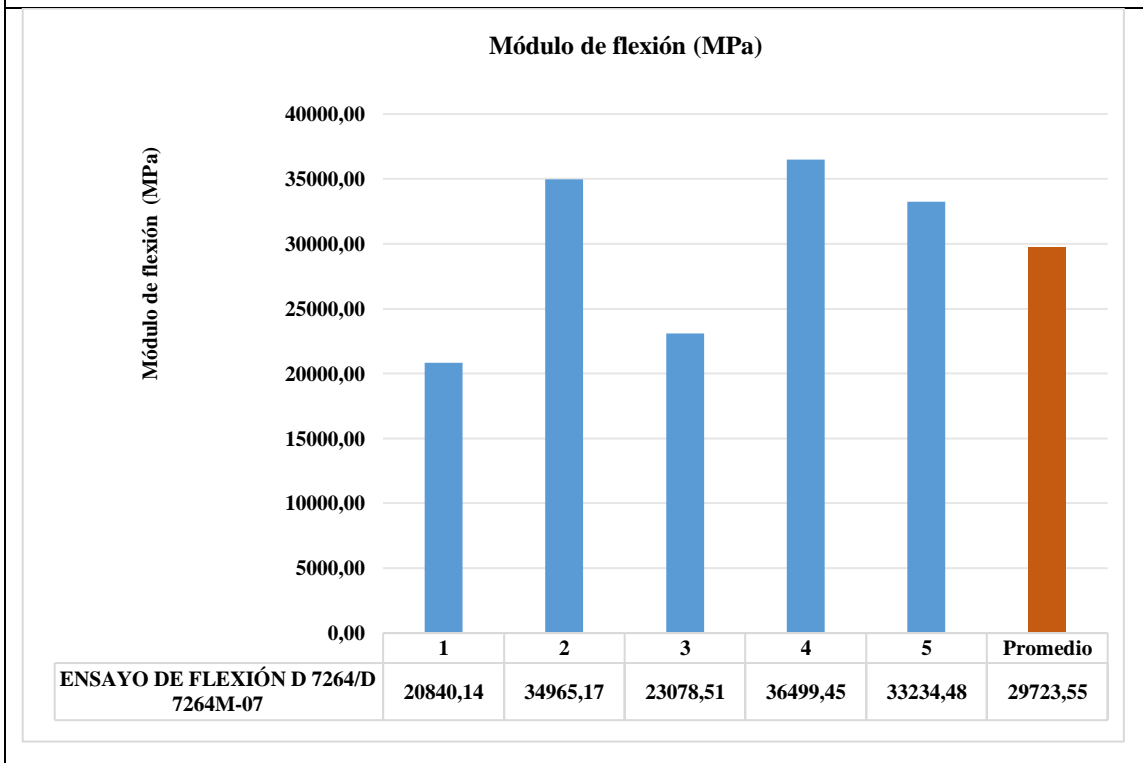
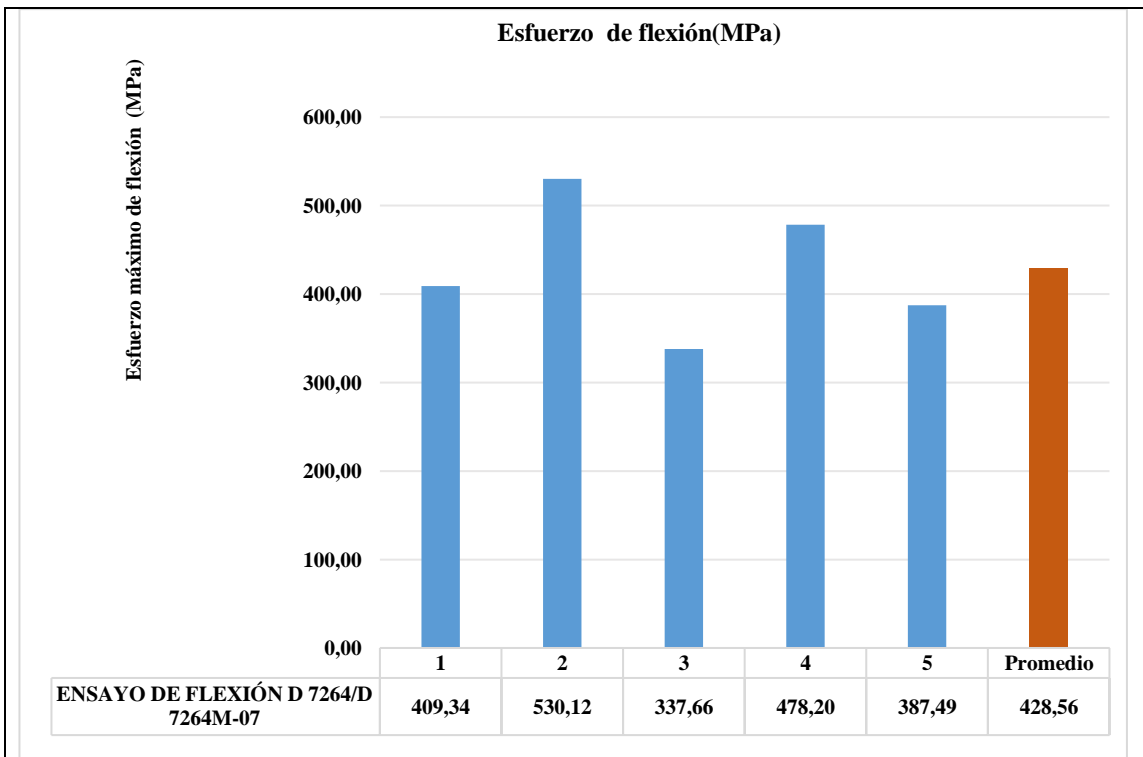
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE FLEXIÓN D 7264/D 7264M-07			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejército (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de ensayos universales MTS TK/T5002 de 5 KN		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FC=F. de Carbono FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	8
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	7 FC+1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	160*13	Velocidad de ensayo:	10 mm/min
Nº de Probetas:	5	Humedad relativa:	50,8%
Espesor promedio (mm):	1,60	Temperatura:	20° C
Tabulación de datos:			

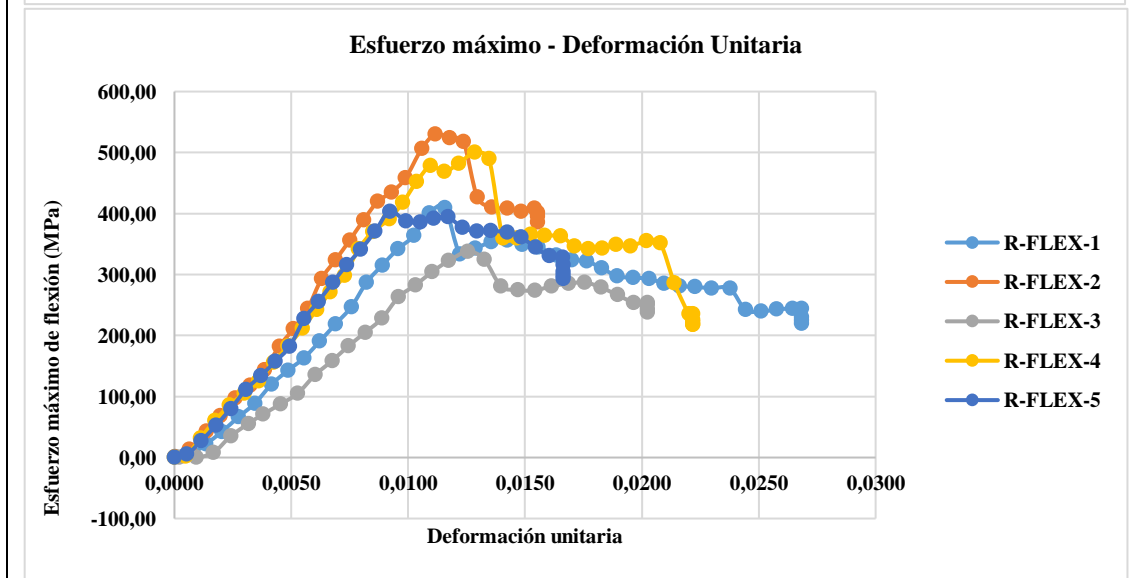
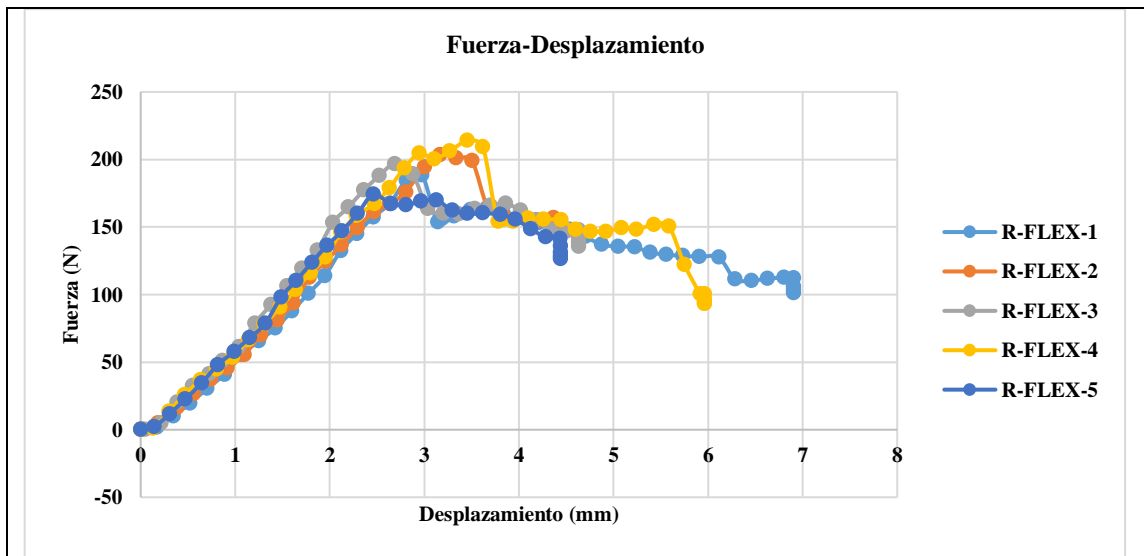
Nº de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de flexión (MPa)	Módulo de flexión (MPa)	Deflexión (mm)	Tipo de falla
1	188,50	409,34	20840,14	2,98	OAB
2	203,60	530,12	34965,17	3,16	OAB
3	196,70	337,66	23078,51	2,69	OAB
4	204,50	478,20	36499,45	2,95	OAB
5	167,10	387,49	33234,48	2,65	OAB
Promedio:	192,08	428,56	29723,55	2,88	-
Desviación estándar:	15,37	75,99	7224,71	0,22	-

Fotografías del ensayo:



Gráficas de resultados:







Observaciones:

Evaluación:

Esfuerzo máximo a la flexión promedio (MPa) :	428,56
Módulo de flexión promedio (MPa):	29723,55
Espesor real promedio (mm):	1,60
Deflexión promedio (mm):	2,88

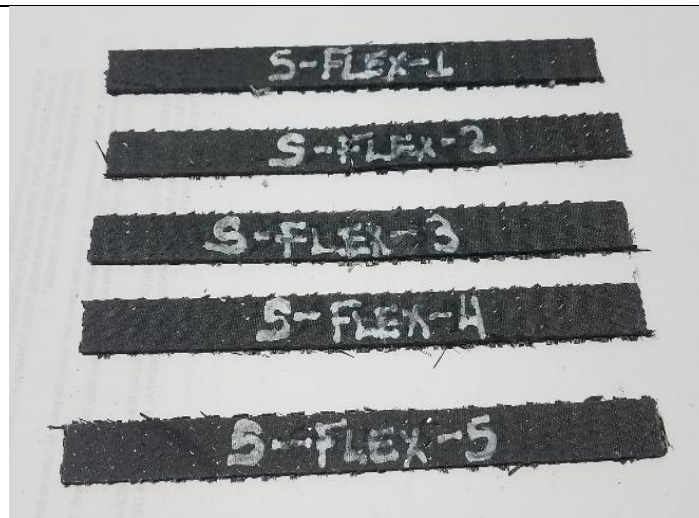
Fuente: Autor.

Tabla 32. Ficha Técnica 20 Ensayo de flexión probeta 7 FC +1 FCo.

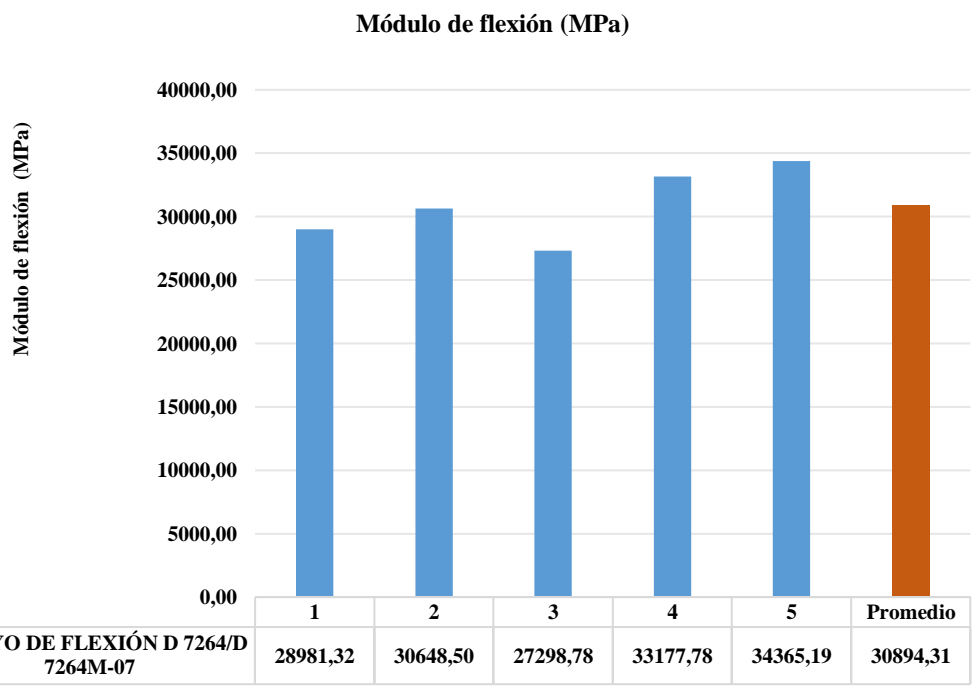
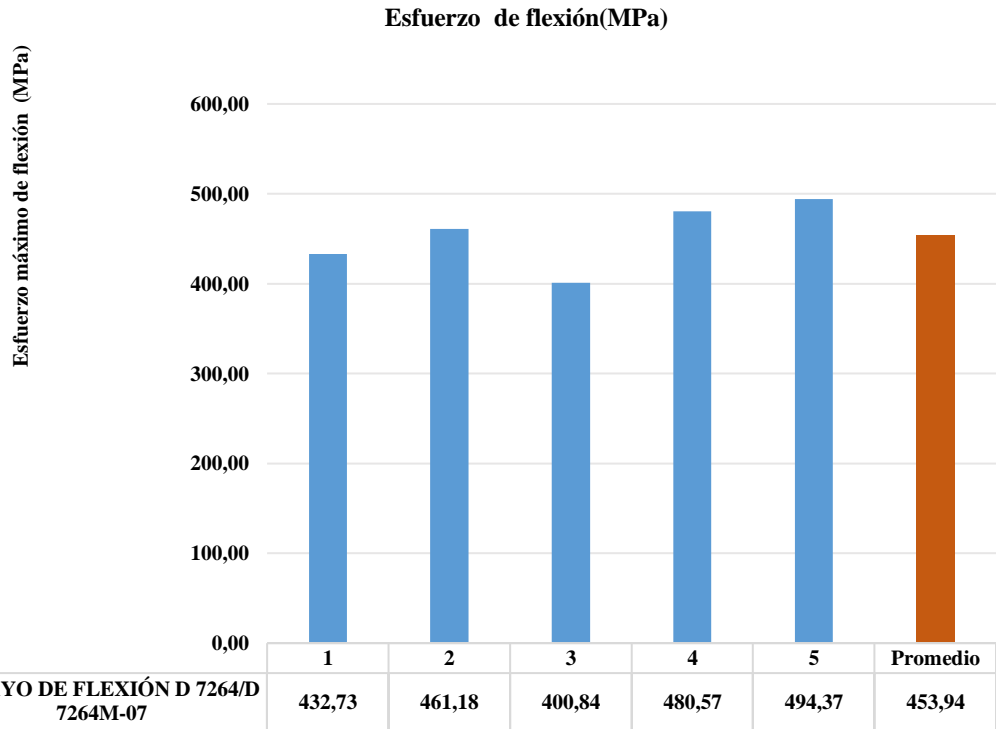
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
Ficha de recolección de datos					
ENSAYO DE FLEXIÓN D 7264/D 7264M-07					
Datos informativos:					
Lugar:			Escuela Superior Politécnica del Ejercito (ESPE)		
Fecha:			Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:			Máquina de ensayos universales MTS TK/T5002 de 5 KN		
Realizó: Sr. Vinicio Silva		Revisó: Ing. Juan Paredes		Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:					
Matriz:	Resina Epoxi		Código de ensayo:	-	
Refuerzo:	FC=F. de Carbono FCo=F. de Cobre.		Número de capas:	8	
Configuración:	Tejido		Orden de capas:	7 FC +1 FCo.	
Orientación:	Según Tabla 8		Estratificación:	Al vacío	
Dimensiones de la probeta (mm):	160*13		Velocidad de ensayo:	10 mm/min	
Nº de Probetas:	5		Humedad relativa:	50,8%	
Espesor promedio (mm):	1,63		Temperatura:	20° C	
Tabulación de datos:					
Nº de Probeta	Carga máxima	Esfuerzo de	Módulo de	Deflexión	Tipo de falla

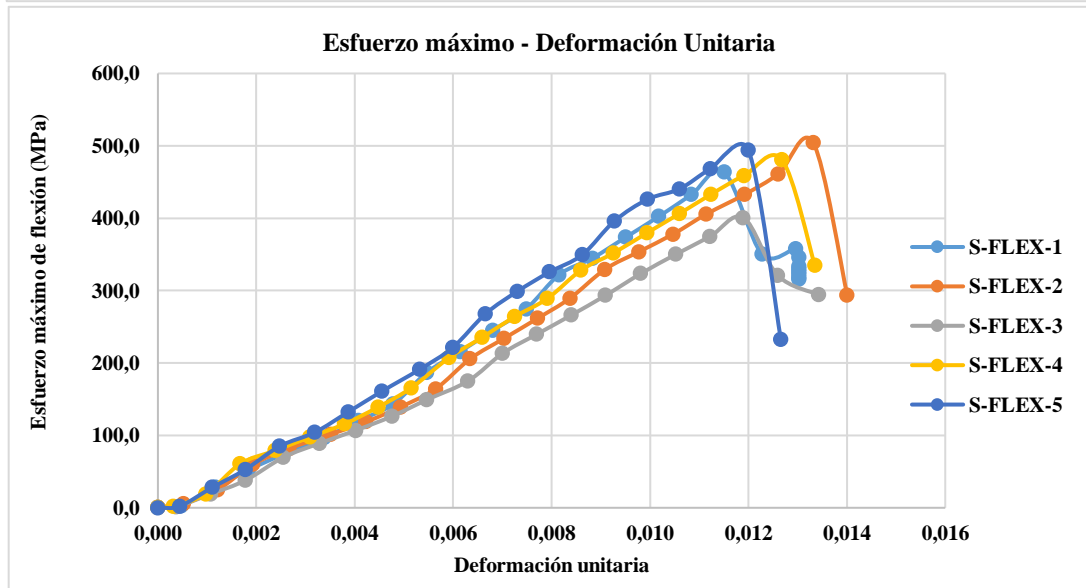
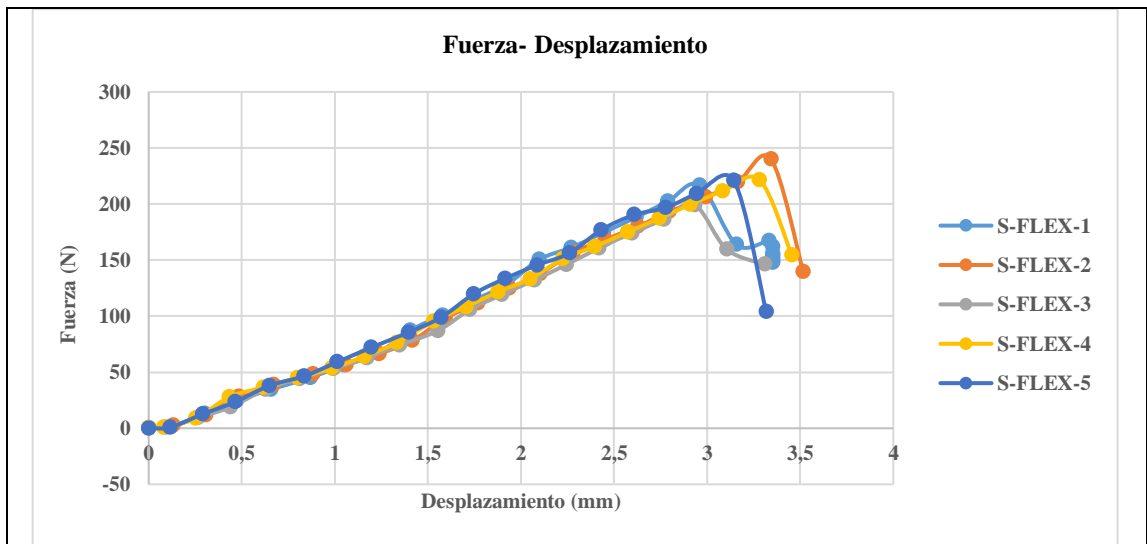
	(N)	flexión (MPa)	flexión (MPa)	(mm)	
1	202,30	432,73	28981,32	2,79	OAB
2	219,60	461,18	30648,50	3,17	OAB
3	199,20	400,84	27298,78	2,93	OAB
4	221,40	480,57	33177,78	3,08	OAB
5	220,80	494,37	34365,19	3,14	OAB
Promedio:	212,66	453,94	30894,31	3,02	-
Desviación estándar:	10,95	37,64	2911,58	0,16	-

Fotografías del ensayo:



Gráficas de resultados:







Observaciones:

Evaluación:

Esfuerzo máximo a la flexión promedio (MPa) :	453,94
Módulo de flexión promedio (MPa):	30894,31
Espesor real promedio (mm):	1,63
Deflexión promedio (mm):	3,02

Fuente: Autor.

Tabla 33. Ficha Técnica 21 Ensayo de flexión probeta 8 FC +1 FCo.

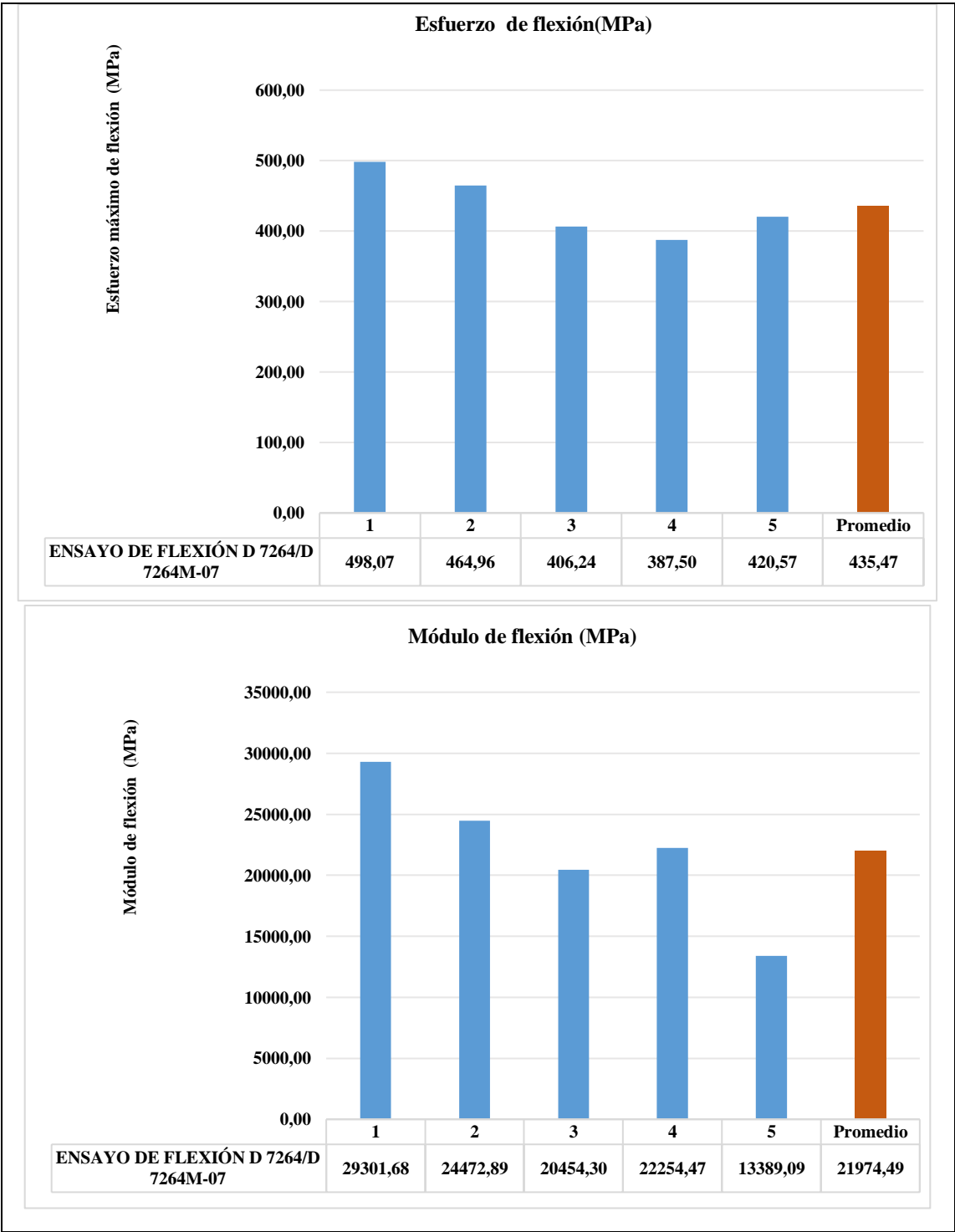
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE FLEXIÓN D 7264/D 7264M-07			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejército (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de ensayos universales MTS TK/T5002 de 5 KN		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FC=F. de Carbono FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	9
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	8 FC +1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	160*13	Velocidad de ensayo:	10 mm/min
Nº de Probetas:	5	Humedad relativa:	50,8%
Espesor promedio (mm):	1,81	Temperatura:	20° C
Tabulación de datos:			

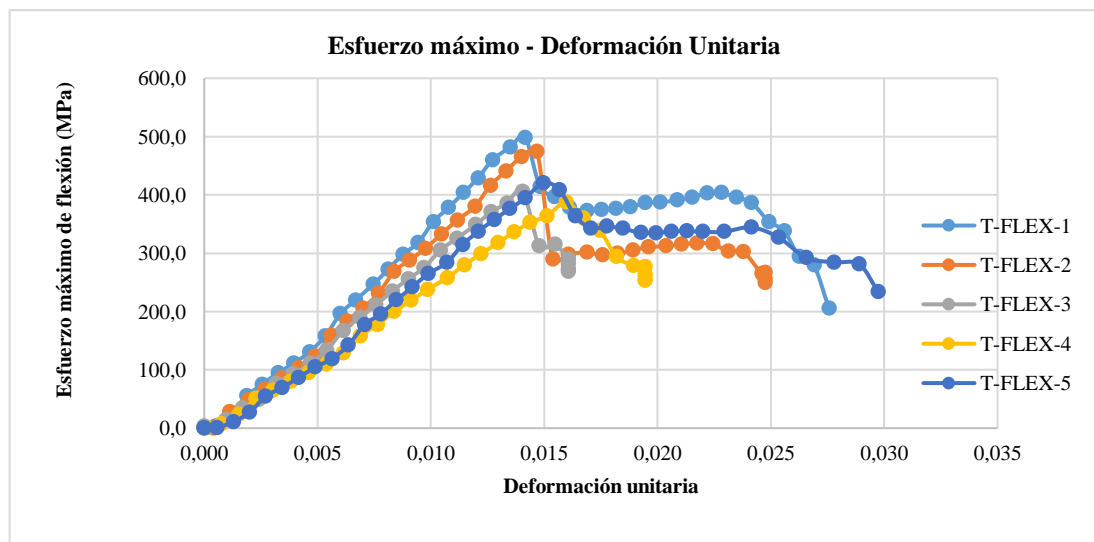
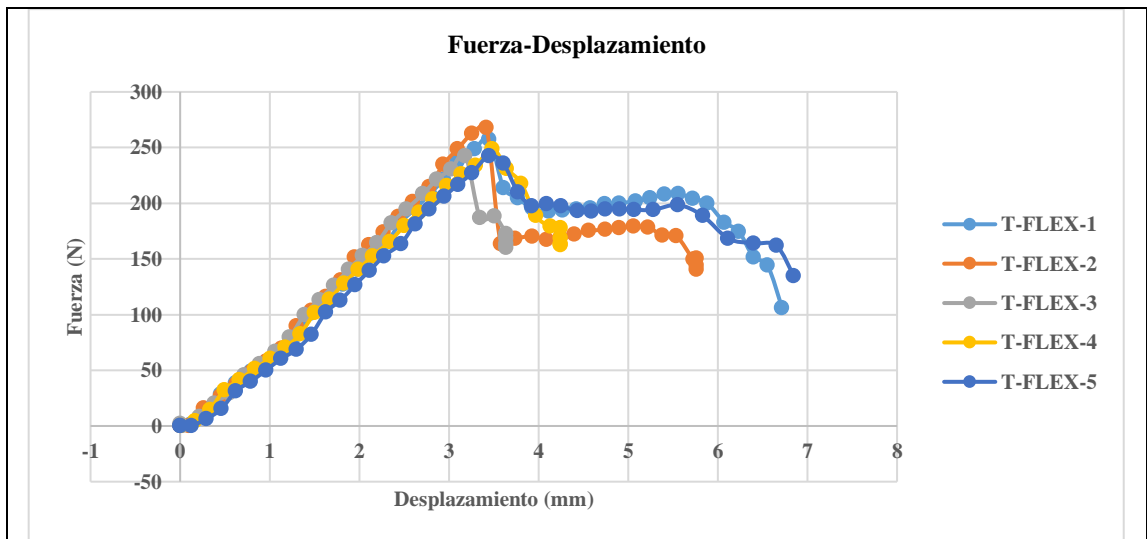
Nº de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de flexión (MPa)	Módulo de flexión (MPa)	Deflexión (mm)	Tipo de falla
1	257,30	498,07	29301,68	3,45	OAB
2	262,60	464,96	24472,89	3,26	OAB
3	242,80	406,24	20454,30	3,18	OAB
4	248,80	387,50	22254,47	3,49	OAB
5	242,50	420,57	13389,09	3,45	OAB
Promedio:	250,80	435,47	21974,49	3,36	-
Desviación estándar:	8,92	45,18	5831,56	0,14	-

Fotografías del ensayo:



Gráficas de resultados:





Observaciones:

Evaluación:

Esfuerzo máximo a la flexión promedio (MPa) :

435,47

Módulo de flexión promedio (MPa):

21974,49

Espesor real promedio (mm):



1,81

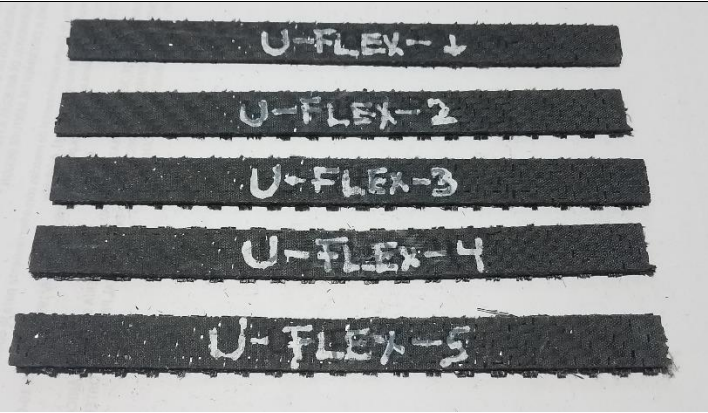
Deflexión promedio (mm):

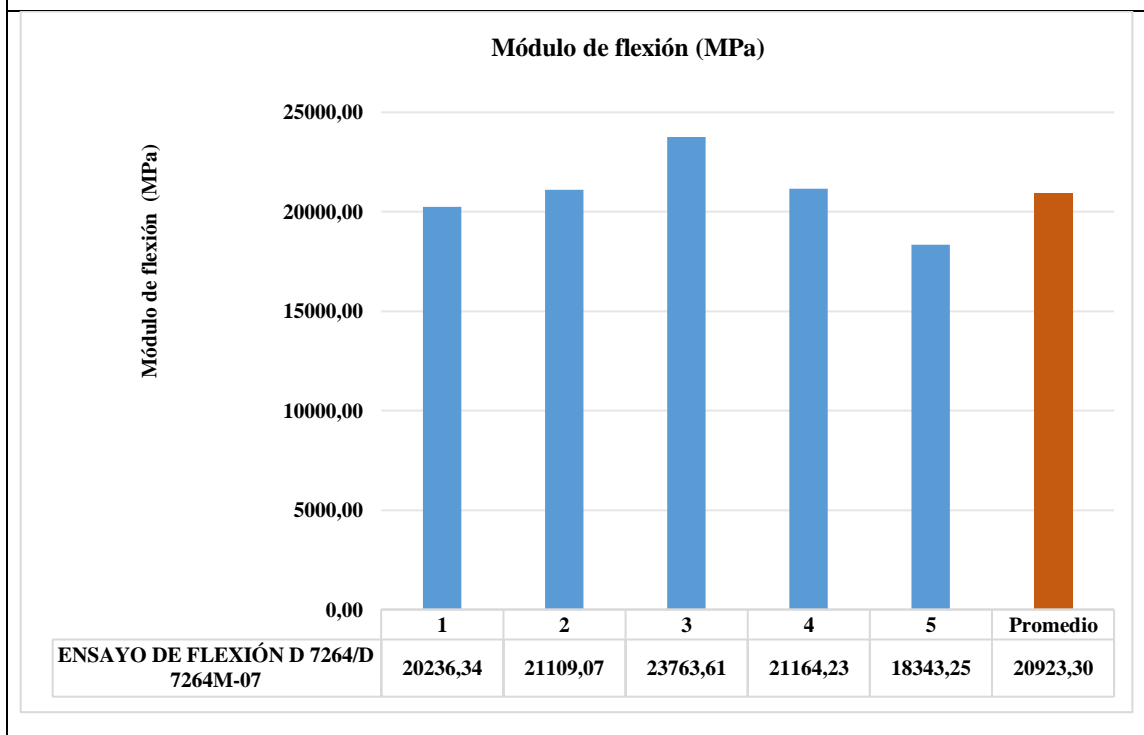
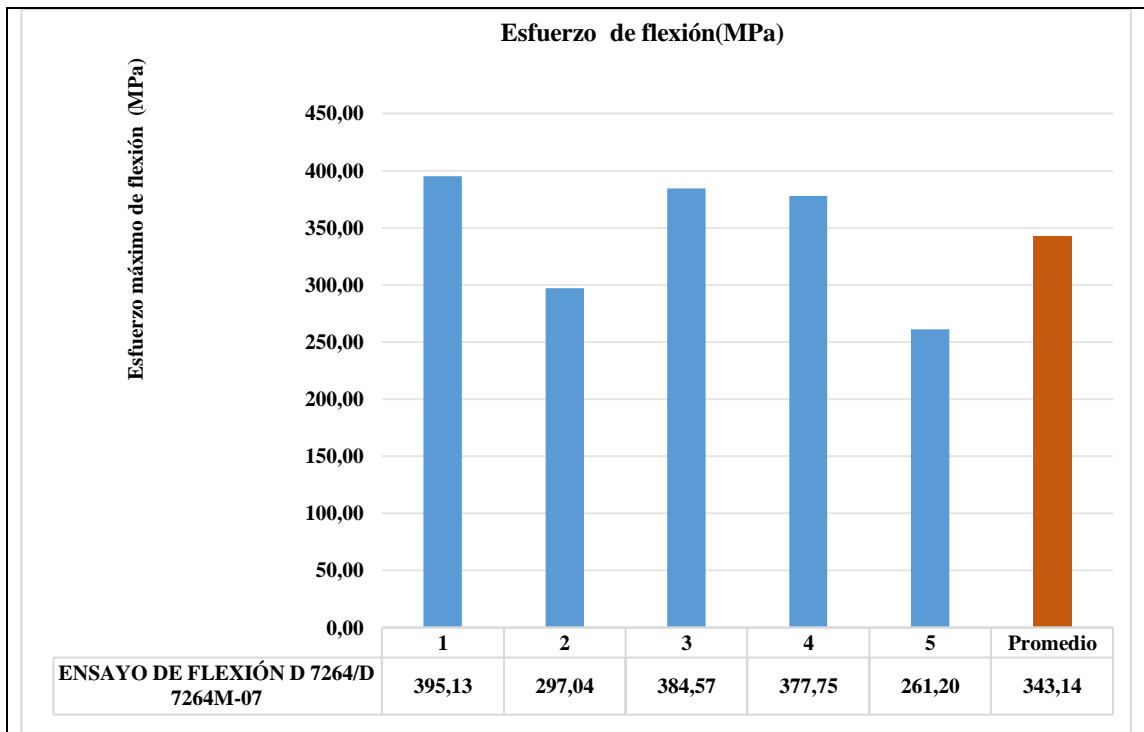
3,36

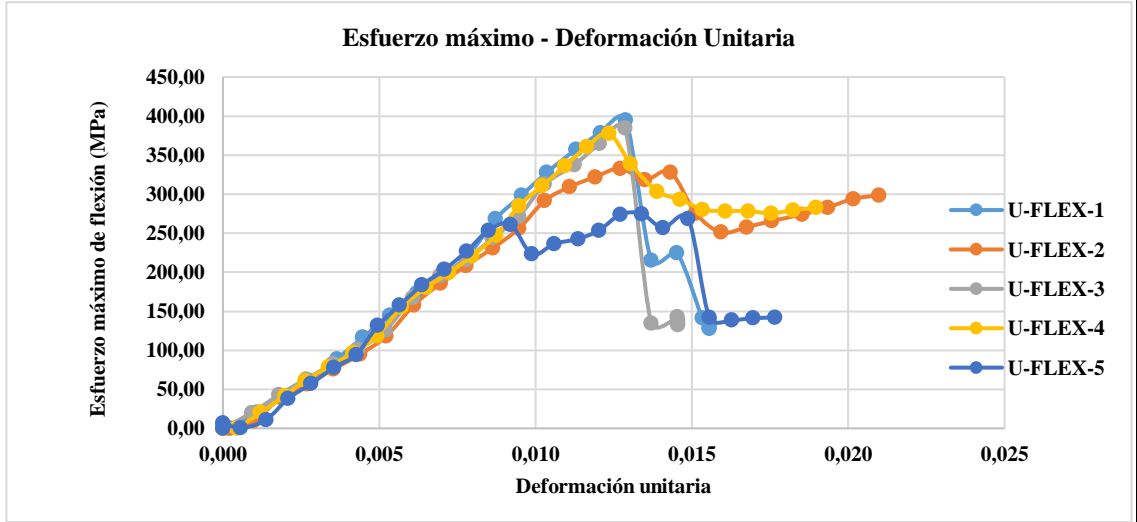
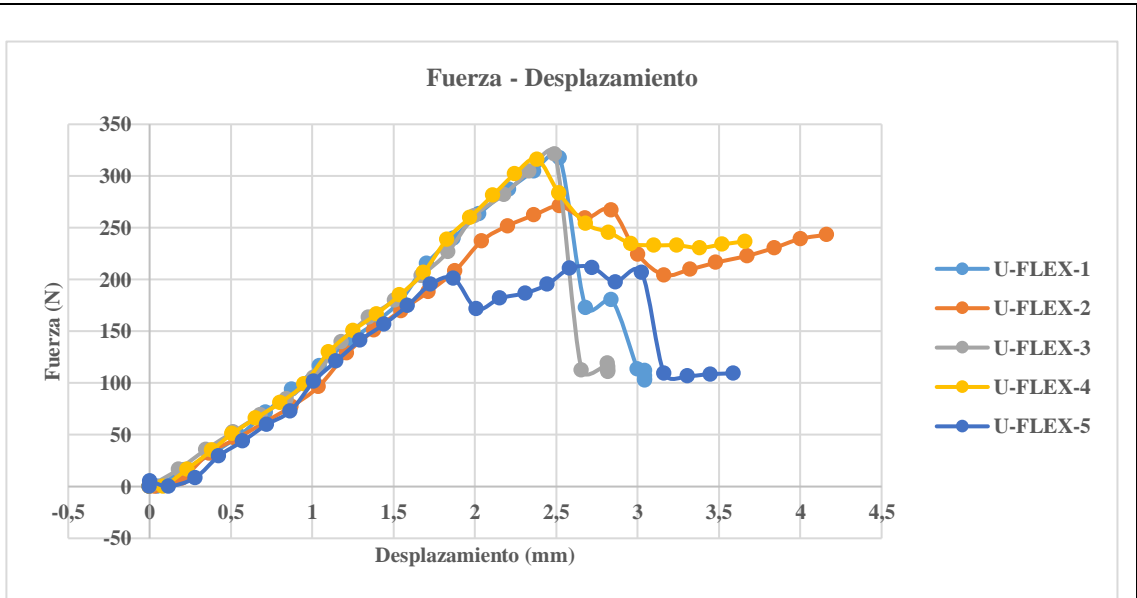
Fuente: Autor.

Tabla 34. Ficha Técnica 22 Ensayo de flexión probeta 8 FC +1 FCo.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE FLEXIÓN D 7264/D 7264M-07			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejército (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de ensayos universales MTS TK/T5002 de 5 KN		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FC=F. de Carbono FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	9
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	8 FC +1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	160*13	Velocidad de ensayo:	10 mm/min
Nº de Probetas:	5	Humedad relativa:	50,8%
Espesor promedio (mm):	2,12	Temperatura:	20° C

Tabulación de datos:					
Nº de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de flexión (MPa)	Módulo de flexión (MPa)	Deflexión (mm)	Tipo de falla
1	317,90	395,13	20236,34	2,52	OAB
2	241,90	297,04	21109,07	4,49	OAB
3	321,40	384,57	23763,61	2,49	OAB
4	316,30	377,75	21164,23	2,38	OAB
5	201,10	261,20	18343,25	1,87	OAB
Promedio:	279,72	343,14	20923,30	2,75	-
Desviación estándar:	55,10	60,12	1955,03	1,01	-
Fotografías del ensayo:					
					
Gráficas de resultados:					





Observaciones:

Evaluación:



Esfuerzo máximo a la flexión promedio (MPa) :	343,14
Módulo de flexión promedio (MPa):	20923,30
Espesor real promedio (mm):	2,12
Deflexión promedio (mm):	2,75

Fuente: Autor.

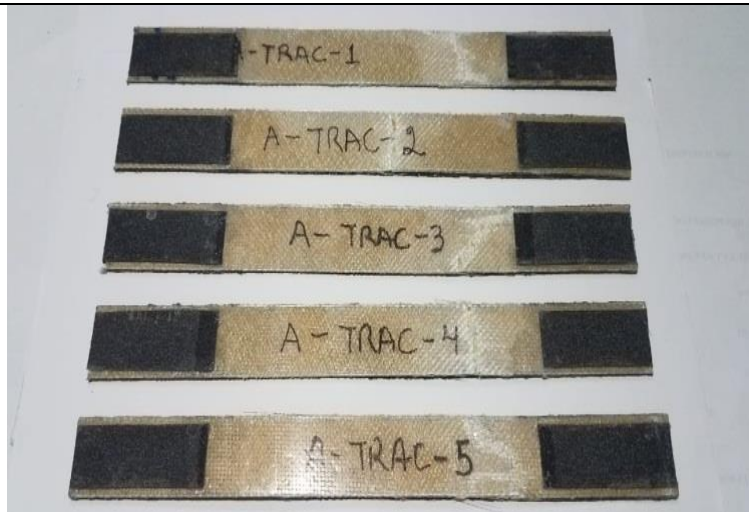
3.2. Datos de ensayos a tracción

Los ensayos a tracción que se presenta a continuación en la Tabla 35 hasta la Tabla 56 se los realizo mediante la norma ASTM D 3039-00 de cada uno de los casos propuestos para la investigación obteniéndose los siguientes datos:

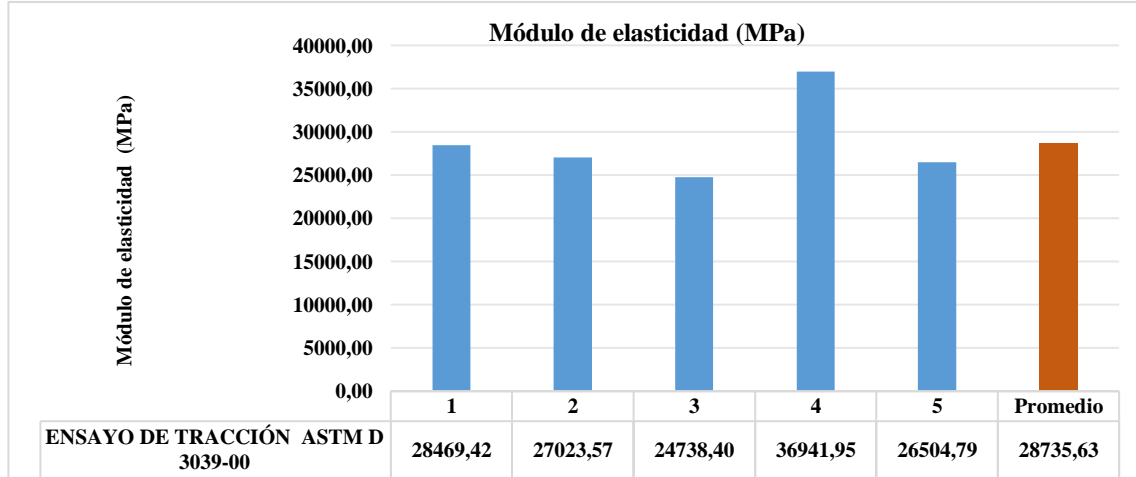
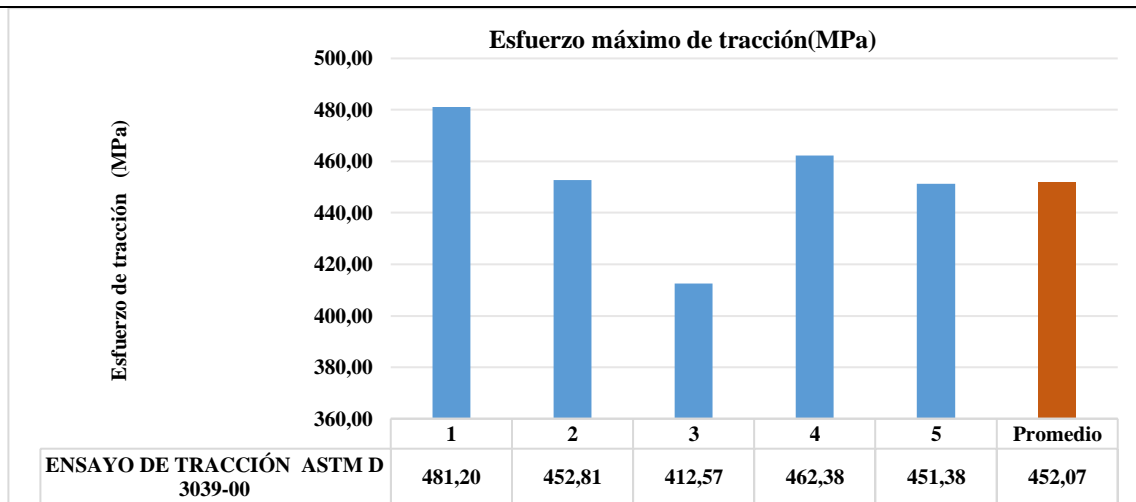
Tabla 35. Ficha Técnica 23. Ensayo de tracción probeta 2 FV+2 FA +2 FC +1 FCo.

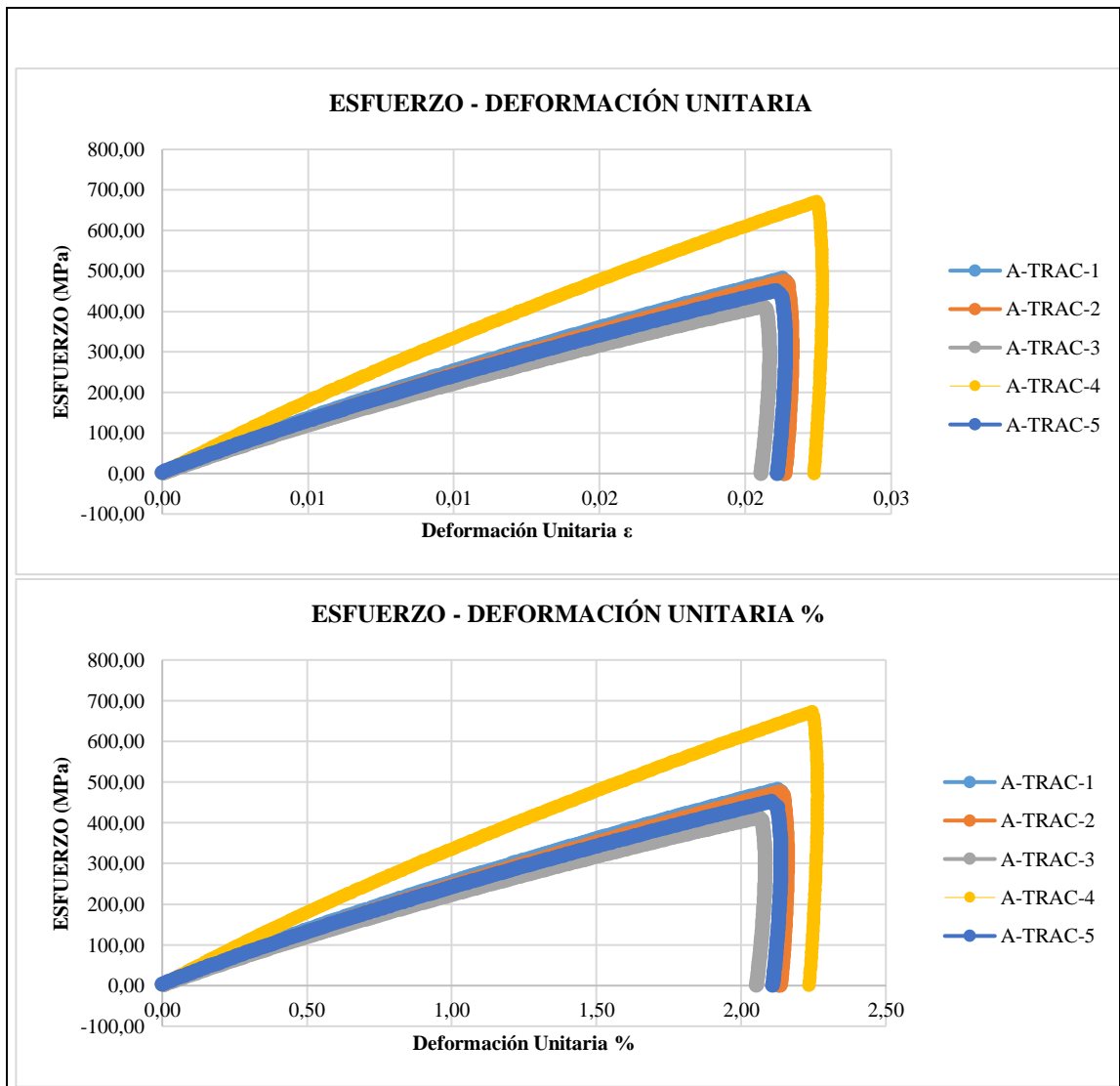
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D 3039-00			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejercito (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de Ensayos Universales INSTRON de 20000 Lb		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo: (sintéticas)	FV=F. de Vidrio FA =F. Aramida FC=F. de Carbono	Número de capas:	7

	FCo=F. de Cobre.				
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	2 FV+2 FA +2 FC +1 FCo		
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío		
Dimensiones de la probeta (mm):	250*25	Curado:	Ambiente		
Nº de Probetas:	5	Velocidad de ensayo:	10 mm/min		
Espesor promedio (mm):	1,43	Temperatura:	20° C		
Tabulación de datos:					
Nº de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	17212,49	481,20	28469,42	2,13	GAT
2	16740,53	452,81	27023,57	2,15	GAT
3	16418,25	412,57	24738,40	2,06	GAT
4	17478,54	462,38	36941,95	2,25	GAT
5	16632,91	451,38	26504,79	2,12	GAT
Promedio:	16896,54	452,07	28735,63	2,14	-
Desviación estándar:	436,22	25,08	4777,56	0,07	-
Fotografías del ensayo:					



Gráficas de resultados:







Observaciones:


Evaluación:

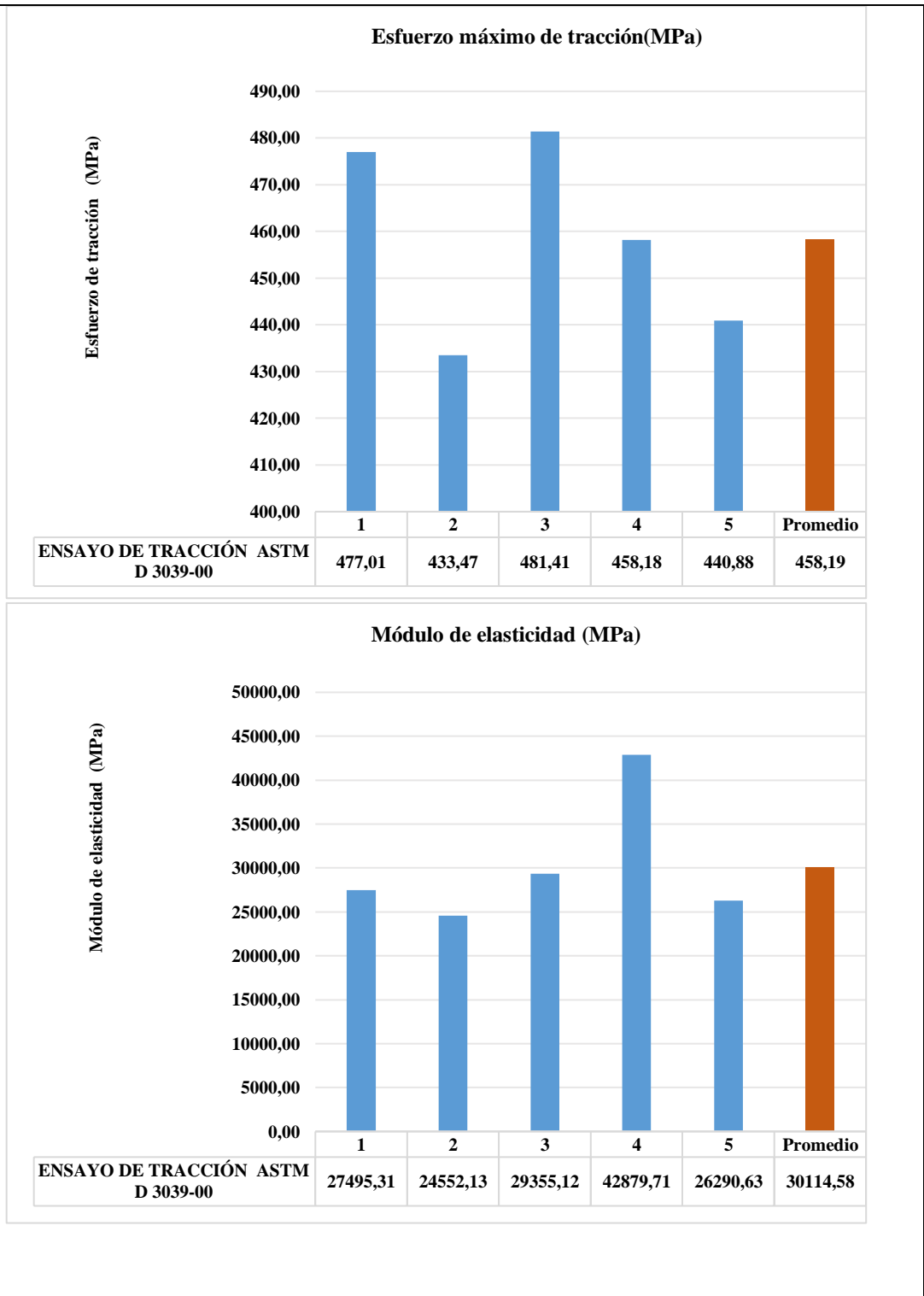
Esfuerzo máximo a la tracción promedio (MPa) :	452,07
Módulo de elasticidad promedio (MPa):	28735,63
Espesor real promedio (mm):	1,43
Deformación a la ruptura (%):	2,14

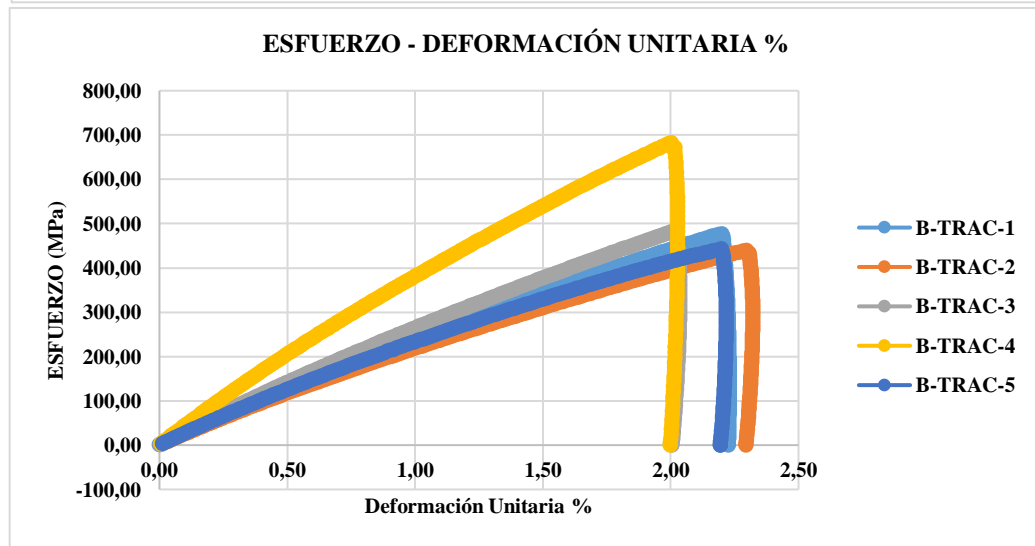
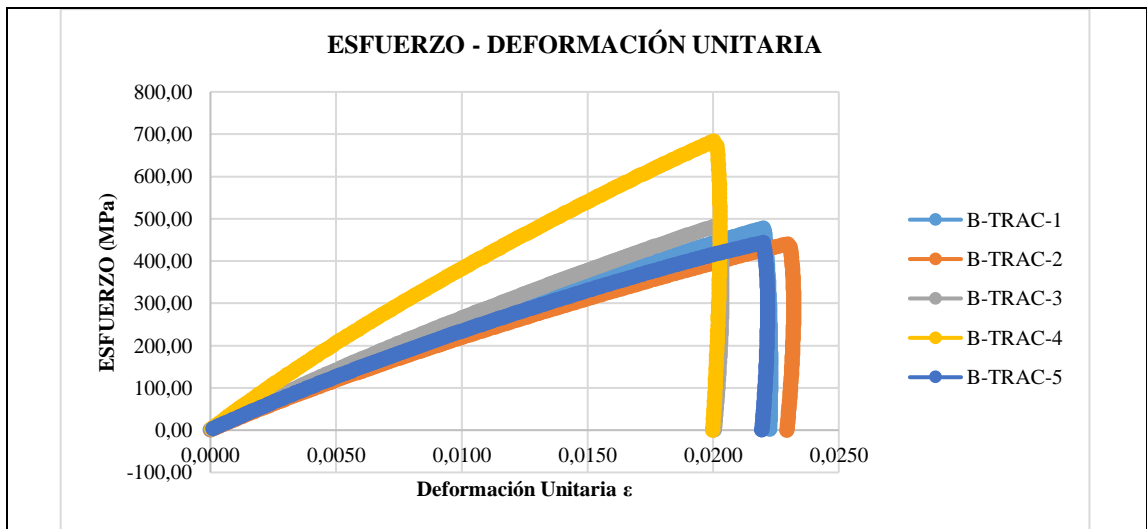
Fuente: Autor.

Tabla 36. Ficha Técnica 24. Ensayo de tracción probeta 3 FV+2 FA+2 FC +1 FCo

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D 3039-00			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejército (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de Ensayos Universales INSTRON de 20000 Lb		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FV=F. de Vidrio FA =F. Aramida FC=F. de Carbono FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	8
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	3 FV+2 FA+2 FC +1 FCo
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	250*25	Curado:	Ambiente
Nº de Probetas:	5	Velocidad de ensayo:	10 mm/min

Espesor promedio (mm):	1,58	Temperatura:	20° C		
Tabulación de datos:					
N° de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	18677,94	477,01	27495,31	2,13	AGM
2	18671,48	433,47	24552,13	2,31	AGM
3	17704,90	481,41	29355,12	2,02	AGM
4	17196,76	458,18	42879,71	2,00	AGM
5	18530,82	440,88	26290,63	2,19	AGM
Promedio:	18156,38	458,19	30114,58	2,13	-
Desviación estándar:	671,24	21,24	7347,61	0,13	-
Fotografías del ensayo:					
					
Gráficas de resultados:					





Observaciones:

Evaluación:

Esfuerzo máximo a la tracción promedio (MPa) :

458,19

Módulo de elasticidad promedio (MPa):

30114,58

Espesor real promedio (mm):



1,58


Deformación a la ruptura (%):

2,13

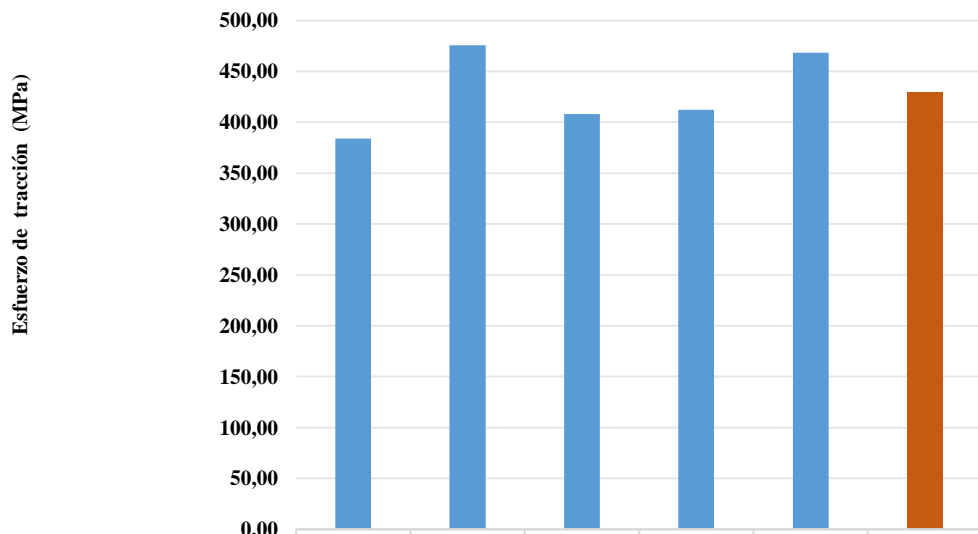
Fuente: Autor.

Tabla 37. Ficha Técnica 25 Ensayo de tracción probeta 2 FV+3 FA +2 FC +1 FCo.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D 3039-00			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejército (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de Ensayos Universales INSTRON de 20000 Lb		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FV=F. de Vidrio FA =F. Aramida FC=F. de Carbono FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	8
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	2 FV+3 FA +2 FC +1 FCo..
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	250*25	Curado:	Ambiente

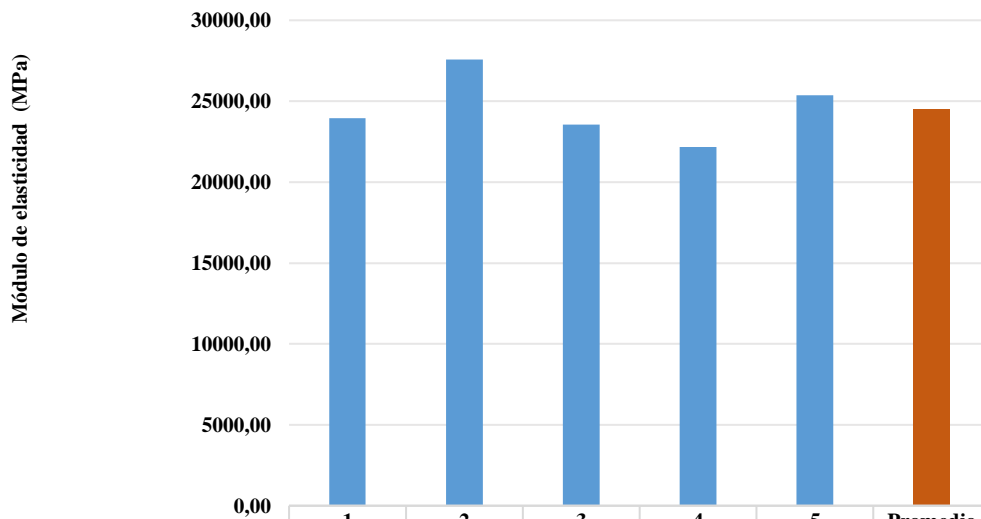
N° de Probetas:	5	Velocidad de ensayo:	10 mm/min		
Espesor promedio (mm):	1,68	Temperatura:	20° C		
Tabulación de datos:					
N° de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	17035,56	383,95	23936,67	2,03	LIT
2	18425,87	475,82	27585,25	2,13	LIT
3	18595,66	408,10	23547,02	2,19	LIT
4	17894,25	412,14	22161,56	2,05	AGM
5	19807,17	468,11	25370,41	2,42	LIT
Promedio:	18351,70	429,62	24520,18	2,16	-
Desviación estándar:	1015,50	40,22	2059,62	0,16	-
Fotografías del ensayo:					
					
Gráficas de resultados:					

Esfuerzo máximo de tracción(MPa)

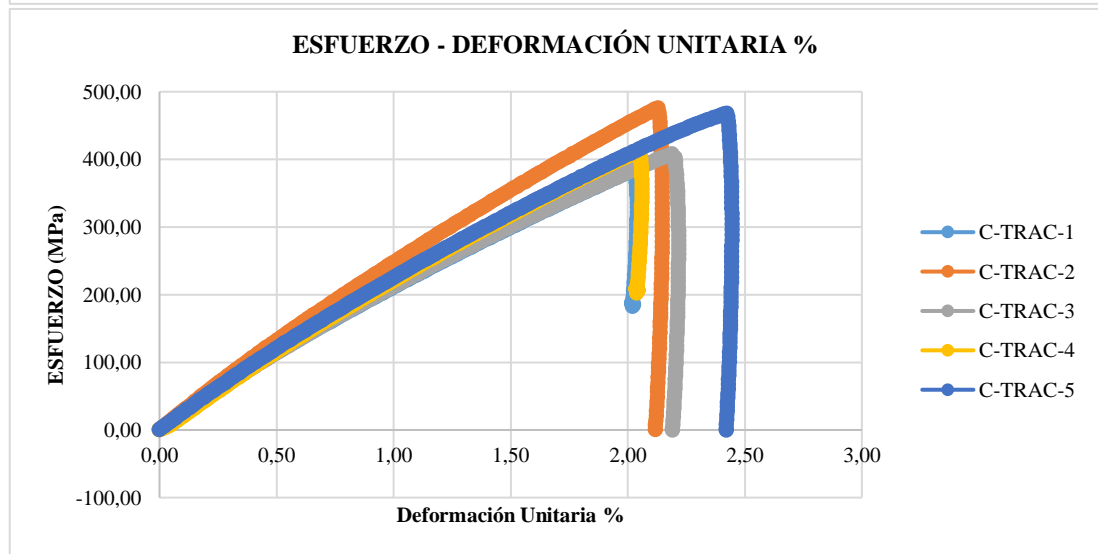
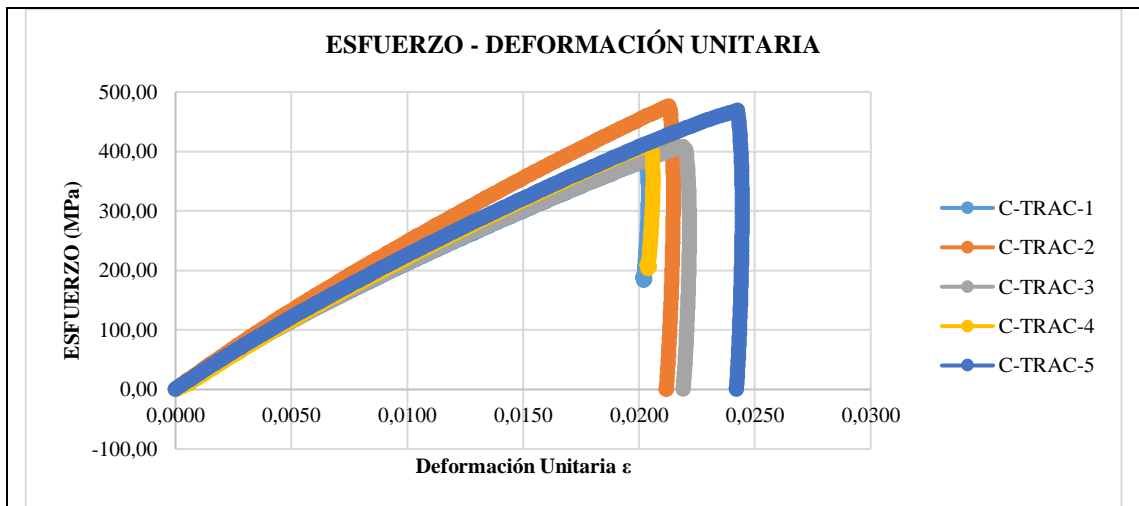


ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D 3039-00

Módulo de elasticidad (MPa)



ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D 3039-00





Observaciones:


Evaluación:

Esfuerzo máximo a la tracción promedio (MPa) :	429,62
Módulo de elasticidad promedio (MPa):	24520,18
Espesor real promedio (mm):	1,68
Deformación a la ruptura (%):	2,16

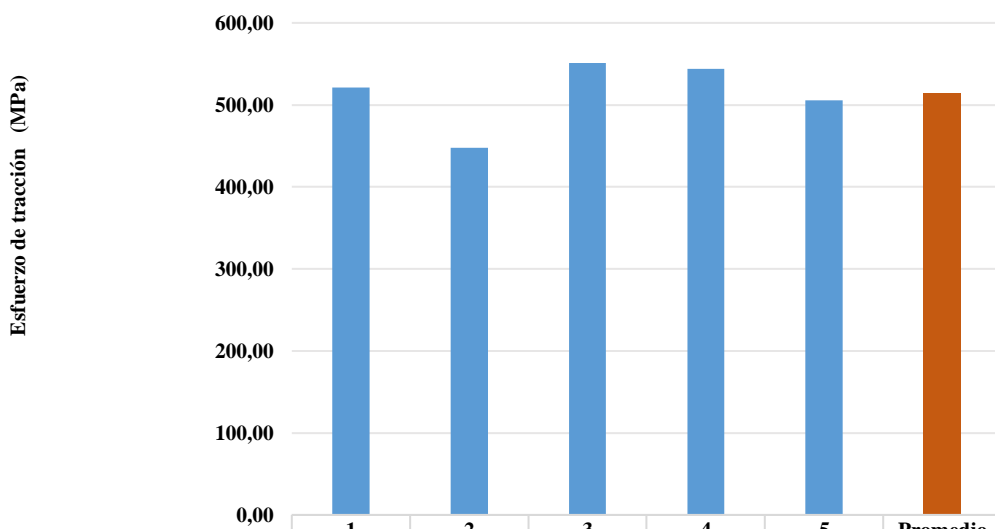
Fuente: Autor.

Tabla 38. Ficha Técnica 26 Ensayo de tracción probeta 2 FV+2 FA +3 FC +1 FCo.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D 3039-00			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejercito (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de Ensayos Universales INSTRON de 20000 Lb		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FV=F. de Vidrio FA =F. Aramida FC=F. de Carbono FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	8
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	2 FV+2 FA +3 FC +1 FCo
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	250*25	Curado:	Ambiente
Nº de Probetas:	5	Velocidad de ensayo:	10 mm/min

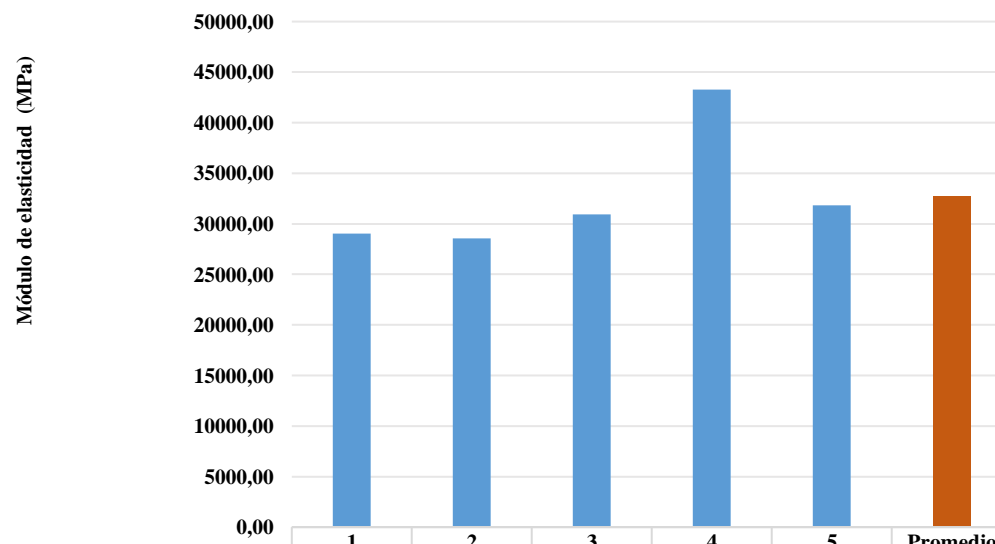
Espesor promedio (mm):	1,45	Temperatura:	20° C		
Tabulación de datos:					
N° de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	19635,80	521,09	29036,02	2,18	LIT
2	17496,89	447,77	28562,72	1,95	LIT
3	19393,50	550,80	30948,38	2,22	LIT
4	18742,46	544,13	43288,24	2,11	LIT
5	18161,56	505,39	31812,40	1,96	LGM
Promedio:	18686,04	513,84	32729,55	2,09	-
Desviación estándar:	879,61	41,15	6051,95	0,12	-
Fotografías del ensayo:					
					
Gráficas de resultados:					

Esfuerzo máximo de tracción(MPa)

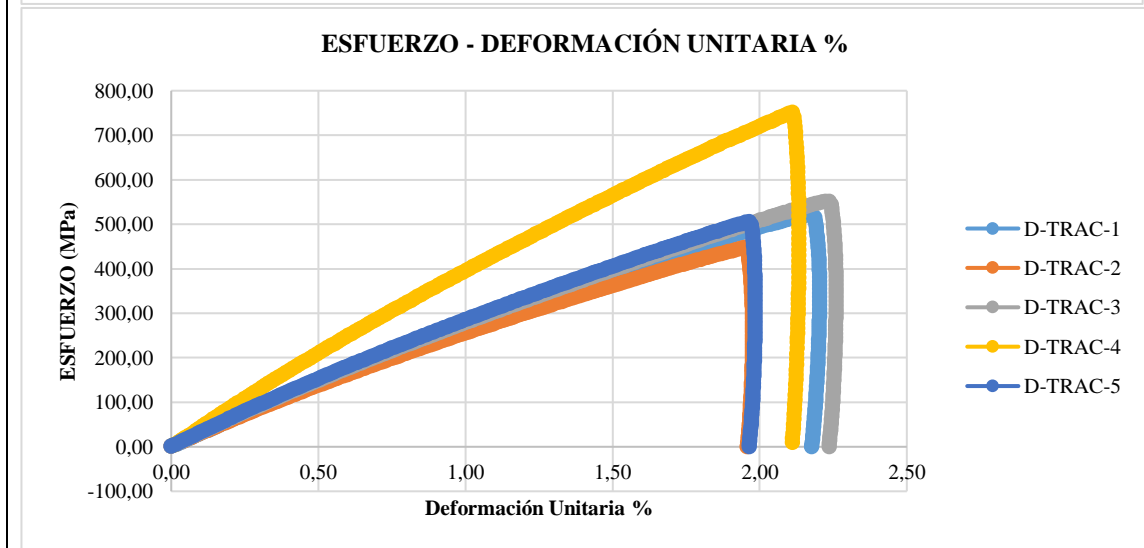
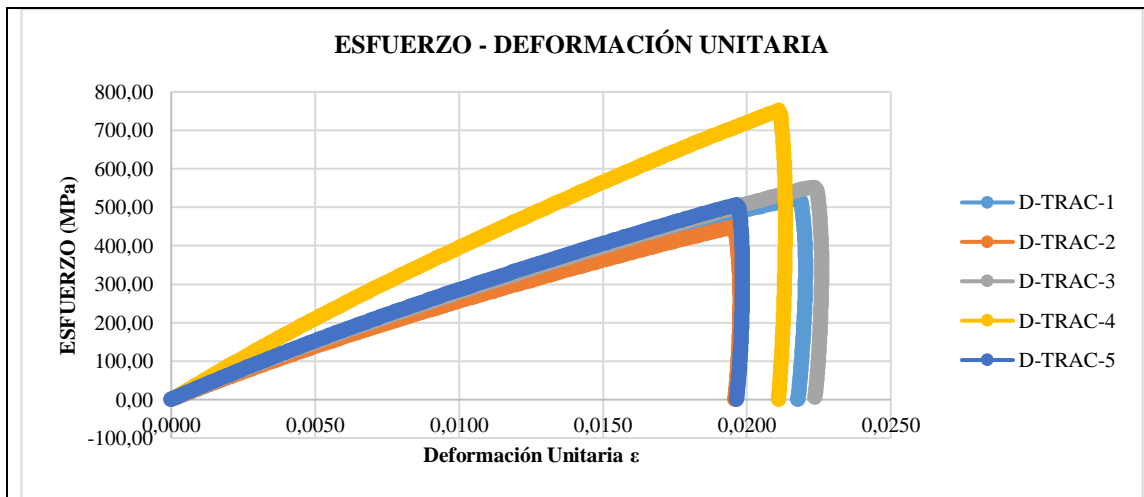


ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D 3039-00						
	1	2	3	4	5	Promedio
Esfuerzo de tracción (MPa)	521,09	447,77	550,80	544,13	505,39	513,84

Módulo de elasticidad (MPa)



ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D 3039-00						
	1	2	3	4	5	Promedio
Módulo de elasticidad (MPa)	29036,02	28562,72	30948,38	43288,24	31812,40	32729,55





Observaciones:


Evaluación:

Esfuerzo máximo a la tracción promedio (MPa) :	513,84
Módulo de elasticidad promedio (MPa):	32729,55
Espesor real promedio (mm):	1,45
Deformación a la ruptura (%):	2,09

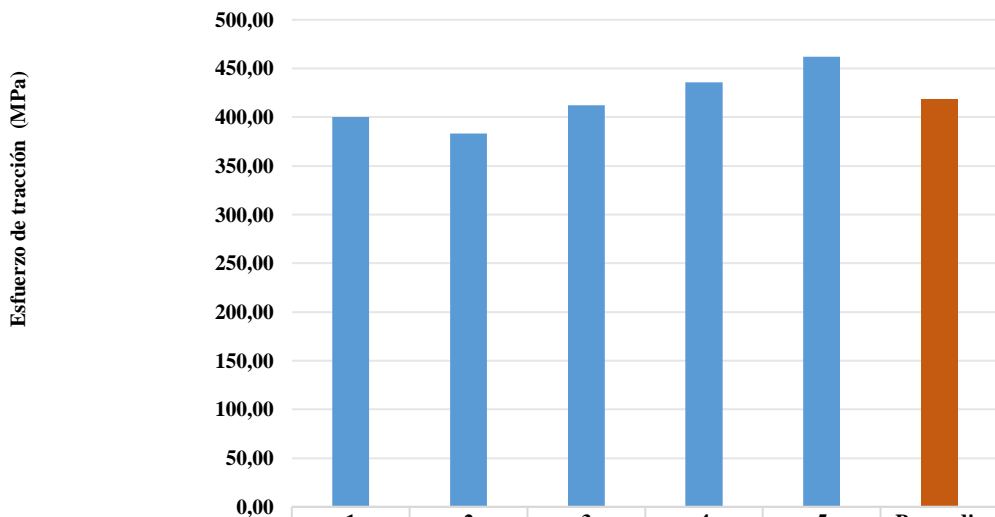
Fuente: Autor.

Tabla 39. Ficha Técnica 27 Ensayo de tracción probeta 3 FV+2 FA+3 FC +1 FCo.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D 3039-00			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejército (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de Ensayos Universales INSTRON de 20000 Lb		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FV=F. de Vidrio FA =F. Aramida FC=F. de Carbono FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	9
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	3 FV+2 FA +3 FC +1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	250*25	Curado:	Ambiente
Nº de Probetas:	5	Velocidad de ensayo:	10 mm/min

Espesor promedio (mm):	1,81	Temperatura:	20° C		
Tabulación de datos:					
N° de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	19031,25	400,02	23677,80	2,12	AGM
2	17605,51	383,10	24790,23	2,05	AGM
3	18619,54	412,31	25968,36	2,00	LIT
4	20153,22	435,88	45251,97	2,15	GAT
5	20586,43	462,05	26183,67	2,32	GAT
Promedio:	19199,19	418,67	29174,41	2,13	-
Desviación estándar:	1197,77	30,95	9043,58	0,12	-
Fotografías del ensayo:					
					
Gráficas de resultados:					

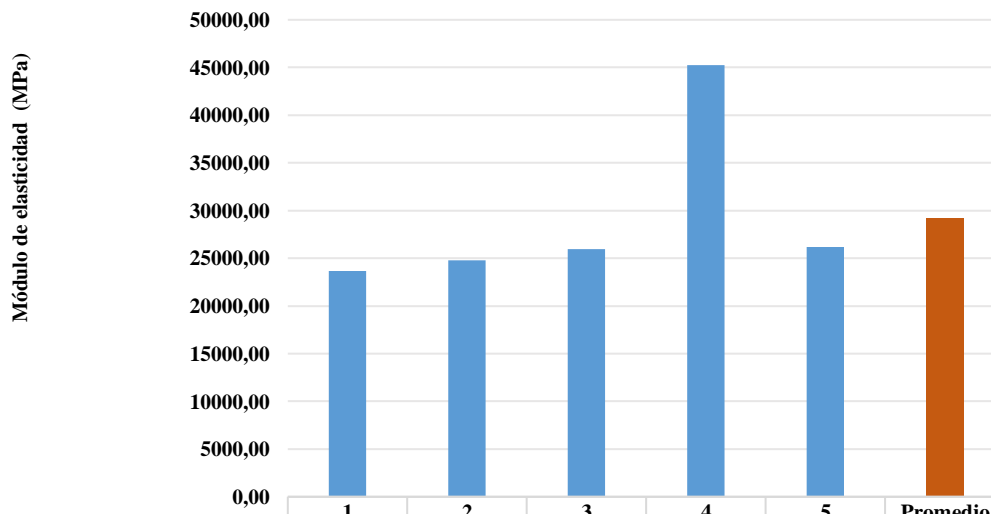
Esfuerzo máximo de tracción(MPa)



ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D 3039-00

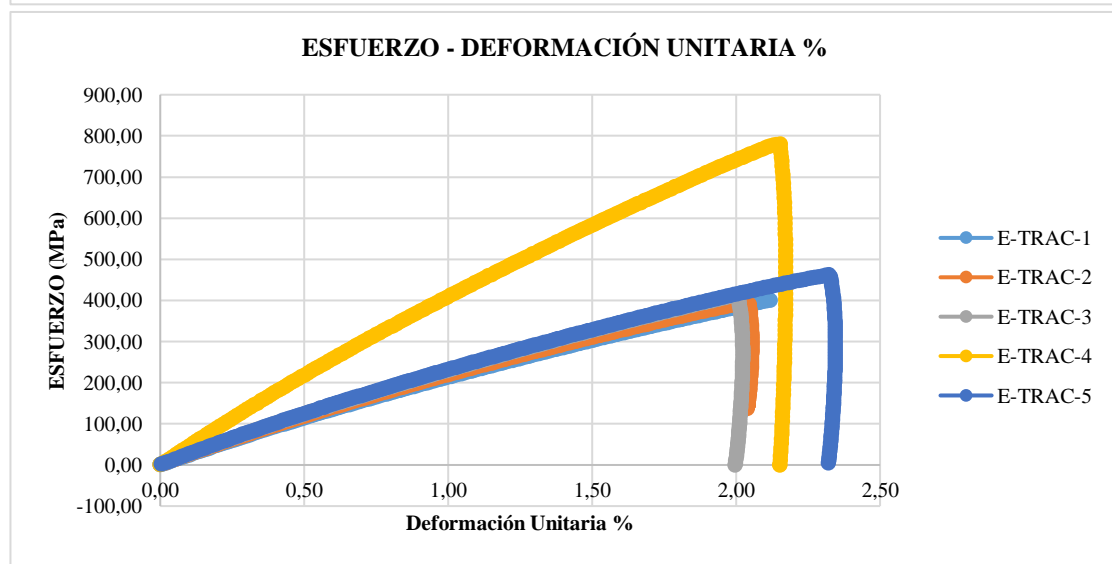
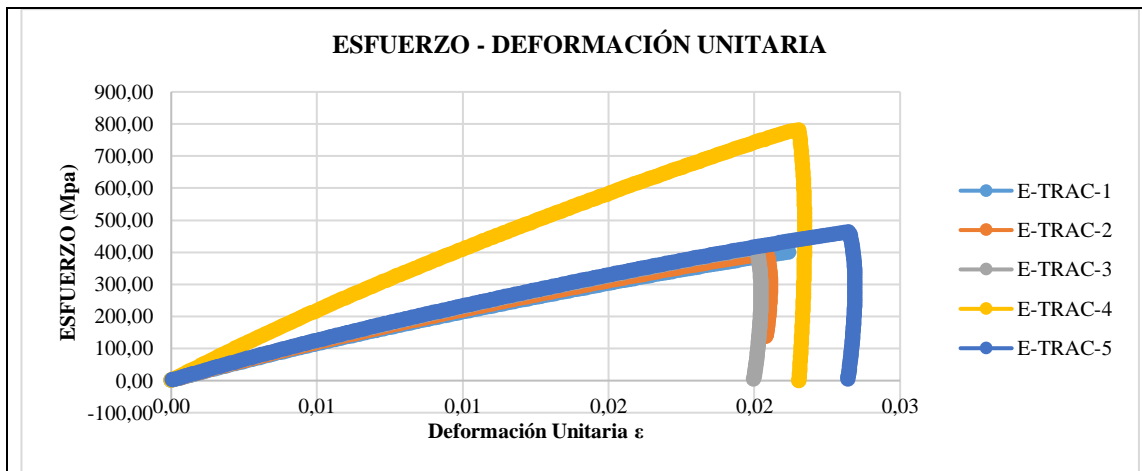
1	2	3	4	5	Promedio
400,02	383,10	412,31	435,88	462,05	418,67

Módulo de elasticidad (MPa)



ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D 3039-00

1	2	3	4	5	Promedio
23677,80	24790,23	25968,36	45251,97	26183,67	29174,41





Observaciones:

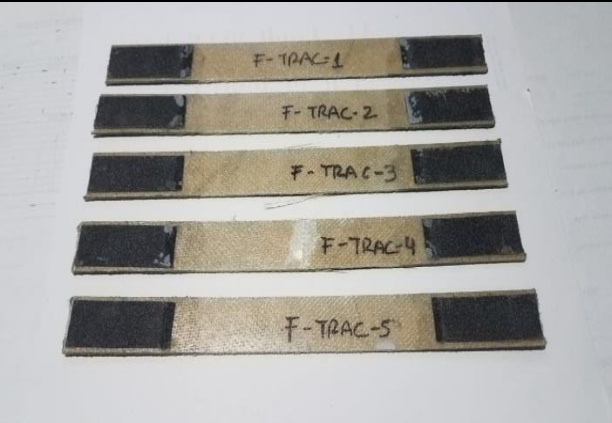
Evaluación:

Esfuerzo máximo a la tracción promedio (MPa) :	418,67
Módulo de elasticidad promedio (MPa):	29174,41
Espesor real promedio (mm):	1,81
Deformación a la ruptura (%):	2,13

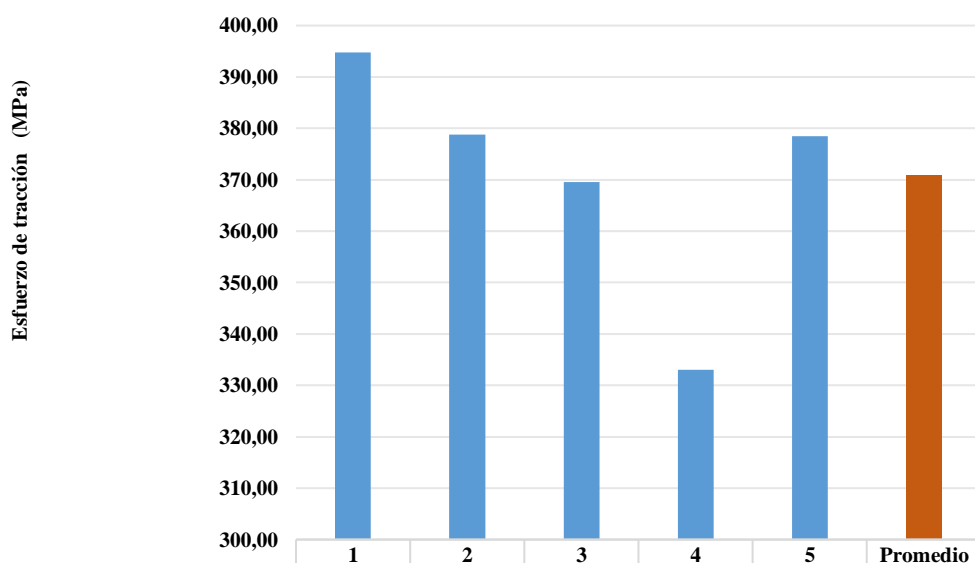
Fuente: Autor.

Tabla 40. Ficha Técnica 28. Ensayo de tracción probeta 3 FV+3 FA +2 FC +1 FCo.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D 3039-00			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejército (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de Ensayos Universales INSTRON de 20000 Lb		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FV=F. de Vidrio FA =F. Aramida FC=F. de Carbono FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	9
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	3 FV+3 FA +2 FC +1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	250*25	Curado:	Ambiente

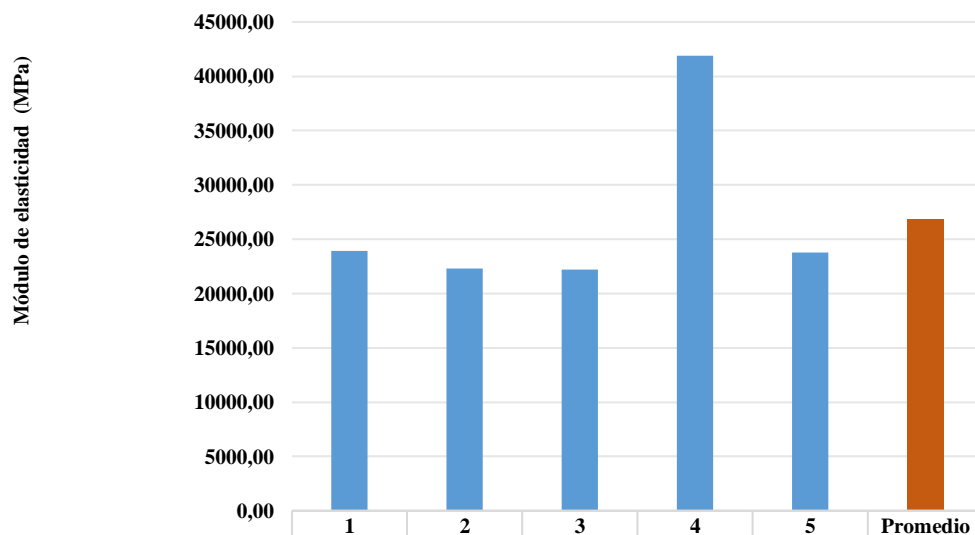
N° de Probetas:	5	Velocidad de ensayo:	10 mm/min		
Espesor promedio (mm):	1,86	Temperatura:	20° C		
Tabulación de datos:					
N° de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	17353,70	394,76	23919,66	2,12	AGM
2	18107,05	378,75	22317,83	2,13	AGM
3	18117,17	369,57	22222,78	2,08	AGM
4	15334,84	333,03	41902,43	2,02	AGM
5	17082,87	378,43	23776,13	1,97	AGM
Promedio:	17199,13	370,91	26827,76	2,06	-
Desviación estándar:	1137,99	23,04	8464,05	0,07	-
Fotografías del ensayo:					
					
Gráficas de resultados:					

Esfuerzo máximo de tracción(MPa)

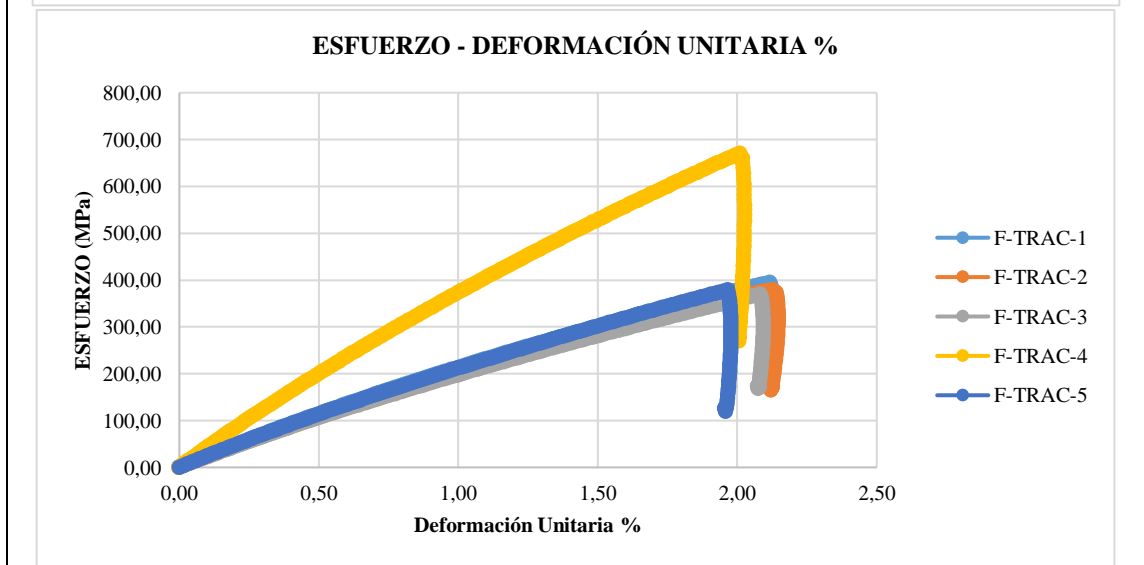
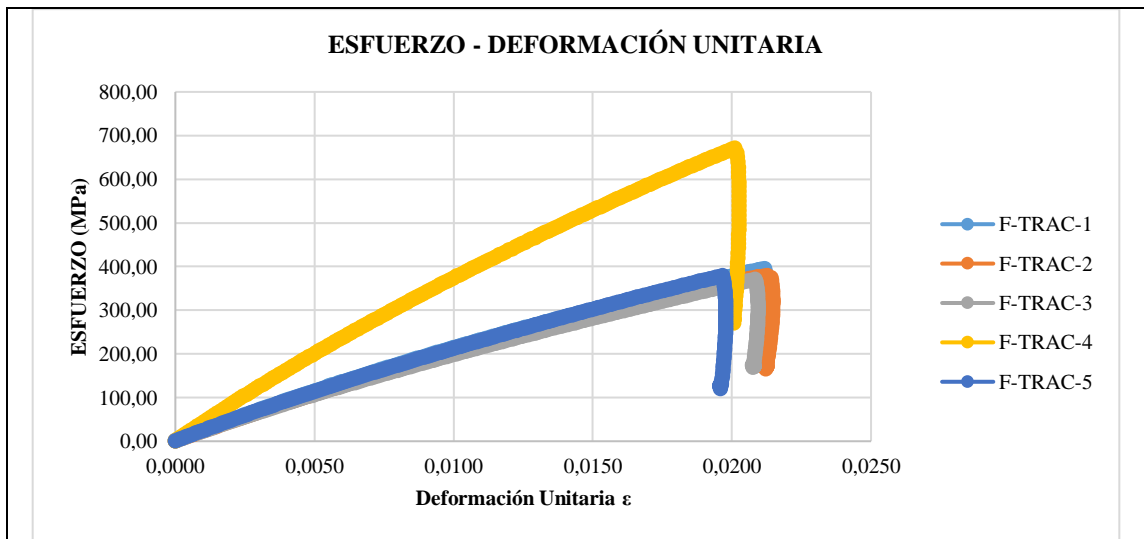


ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D 3039-00

Módulo de elasticidad (MPa)



ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D 3039-00





Observaciones:

Evaluación:

Esfuerzo máximo a la tracción promedio (MPa) :	370,91
Módulo de elasticidad promedio (MPa):	26827,76
Espesor real promedio (mm):	1,86
Deformación a la ruptura (%):	2,06

Fuente: Autor.

Tabla 41. Ficha Técnica 29 Ensayo de tracción probeta 2 FV+3 FA +3 FC +1 FCo.

	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</p> <p>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p>		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D 3039-00			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejército (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de Ensayos Universales INSTRON de 20000 Lb		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FV=F. de Vidrio FA =F. Aramida FC=F. de Carbono FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	9
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	2 FV+3 FA +3 FC +1 FCo
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	250*25	Curado:	Ambiente

N° de Probetas:	5	Velocidad de ensayo:	10 mm/min
Espesor promedio (mm):	1,89	Temperatura:	20° C

Tabulación de datos:

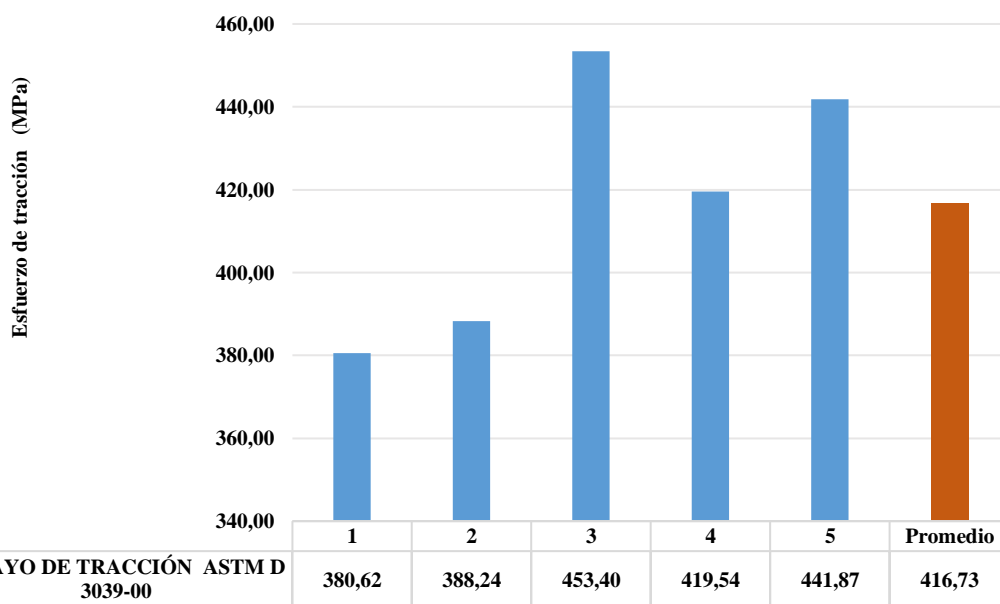
N° de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	18081,00	380,62	26040,08	1,76	AGM
2	19613,95	388,24	24554,37	2,01	LAT
3	21263,24	453,40	24740,49	2,52	AGM
4	20306,77	419,54	46171,13	2,16	AGM
5	20715,42	441,87	25734,42	2,13	AGM
Promedio:	19996,08	416,73	29448,10	2,12	-
Desviación estándar:	1228,13	32,02	9369,85	0,27	-

Fotografías del ensayo:

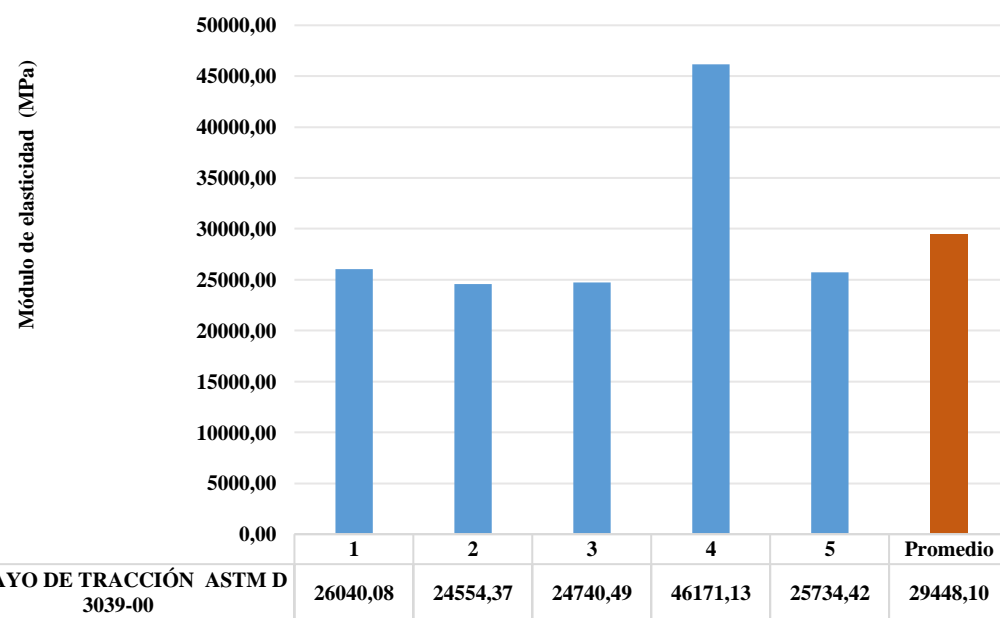


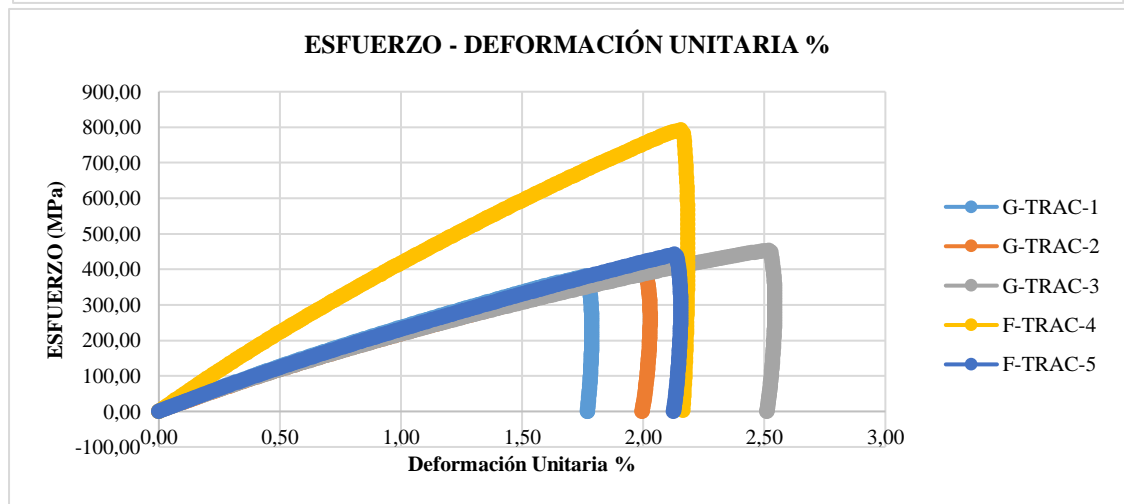
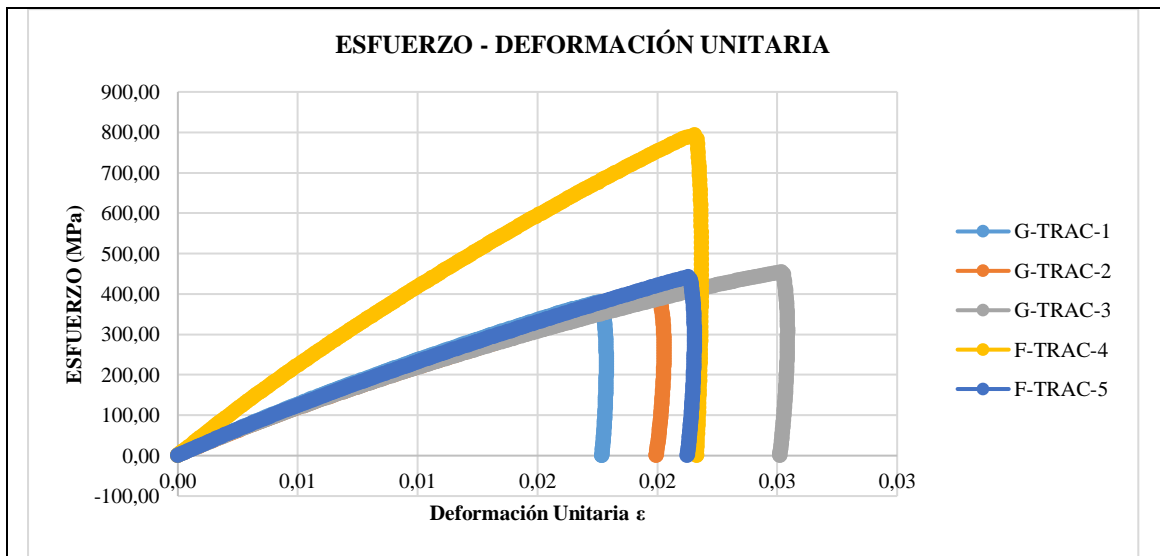
Gráficas de resultados:

Esfuerzo máximo de tracción(MPa)



Módulo de elasticidad (MPa)





Observaciones:

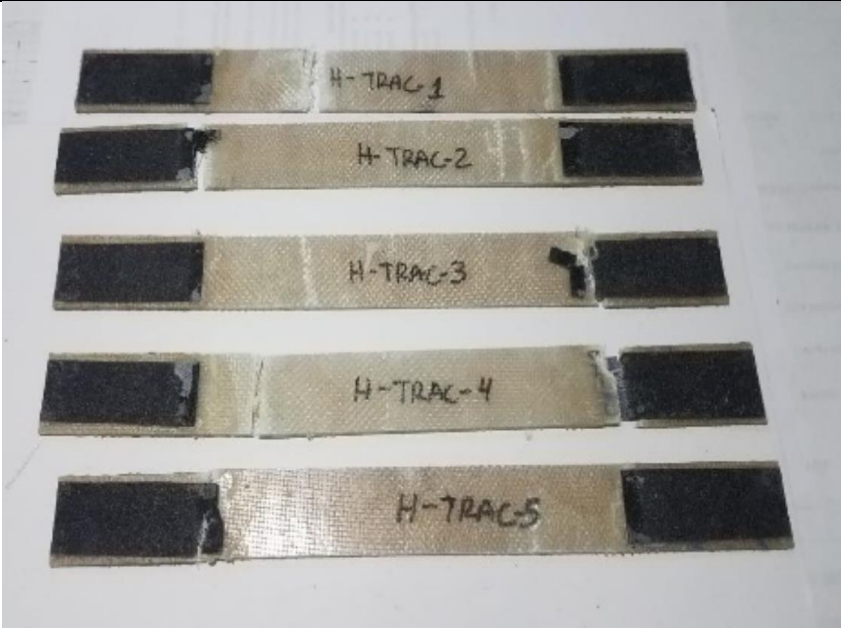
Evaluación:

Esfuerzo máximo a la tracción promedio (MPa) :	416,73
Módulo de elasticidad promedio (MPa):	29448,10
Espesor real promedio (mm):	1,89
Deformación a la ruptura (%):	2,12

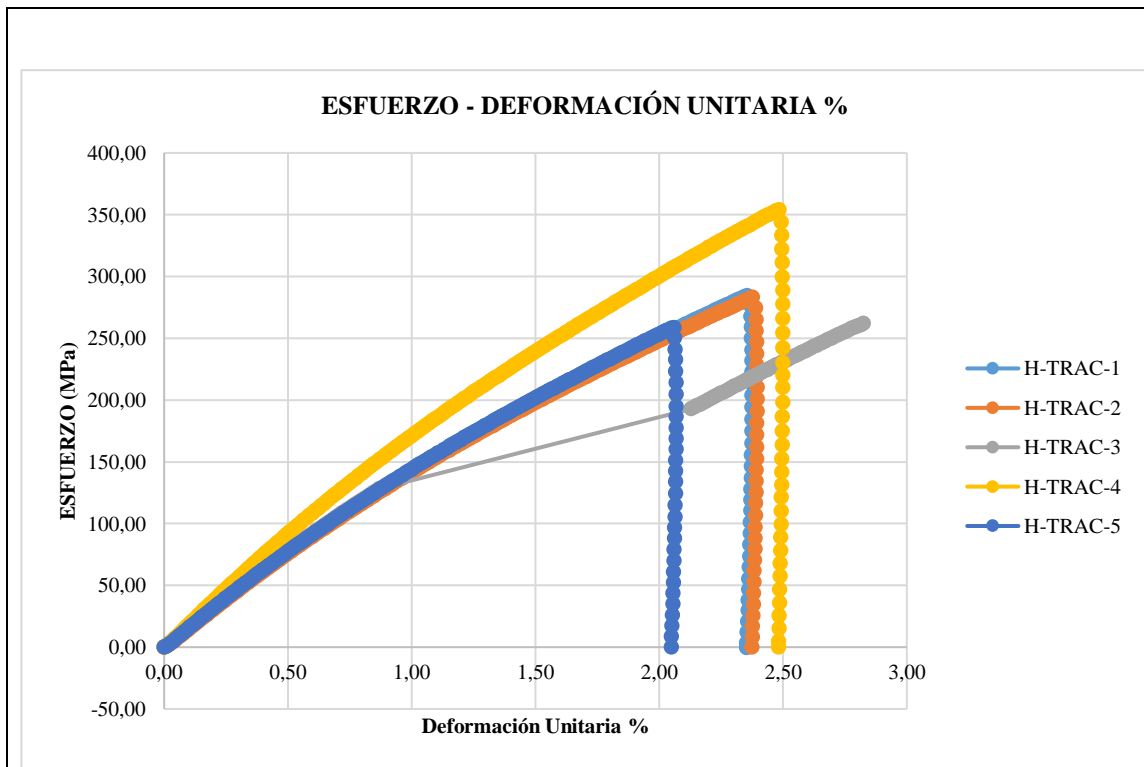
Fuente: Autor.

Tabla 42. Ficha Técnica 30 Ensayo de tracción probeta 6 FV+1 FCo.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D 3039-00			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejército (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de Ensayos Universales INSTRON de 20000 Lb		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FV=F. de Vidrio FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	7
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	6 FV+1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	250*25	Curado:	Ambiente
Nº de Probetas:	5	Velocidad de ensayo:	10 mm/min
Espesor promedio (mm):	1,18	Temperatura:	20° C

Tabulación de datos:					
Nº de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	8453,68	284,40	15828,78	2,36	LGM
2	8328,19	283,10	15310,23	2,38	LAT
3	7756,35	262,40	16238,83	2,13	LAT
4	8850,22	305,18	18800,23	2,48	LGM
5	7691,53	258,76	15931,63	2,06	LAT
Promedio:	8215,99	278,77	16421,94	2,28	-
Desviación estándar:	489,30	18,82	1370,94	0,18	-
Fotografías del ensayo:					
					
Gráficas de resultados:					





Observaciones:

Evaluación:

Esfuerzo máximo a la tracción promedio (MPa) :

278,77

Módulo de elasticidad promedio (MPa):

16421,94

Espesor real promedio (mm):



1,18

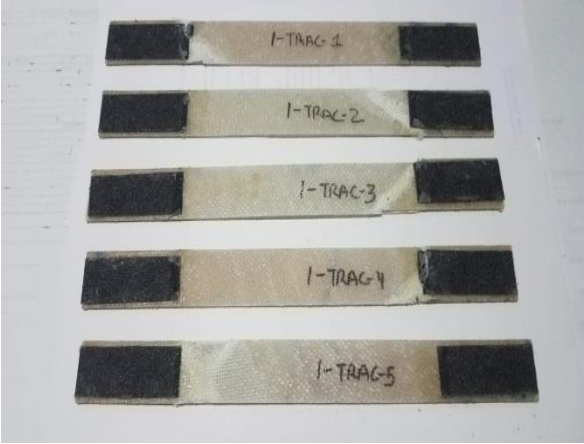
Deformación a la ruptura (%):

2,28

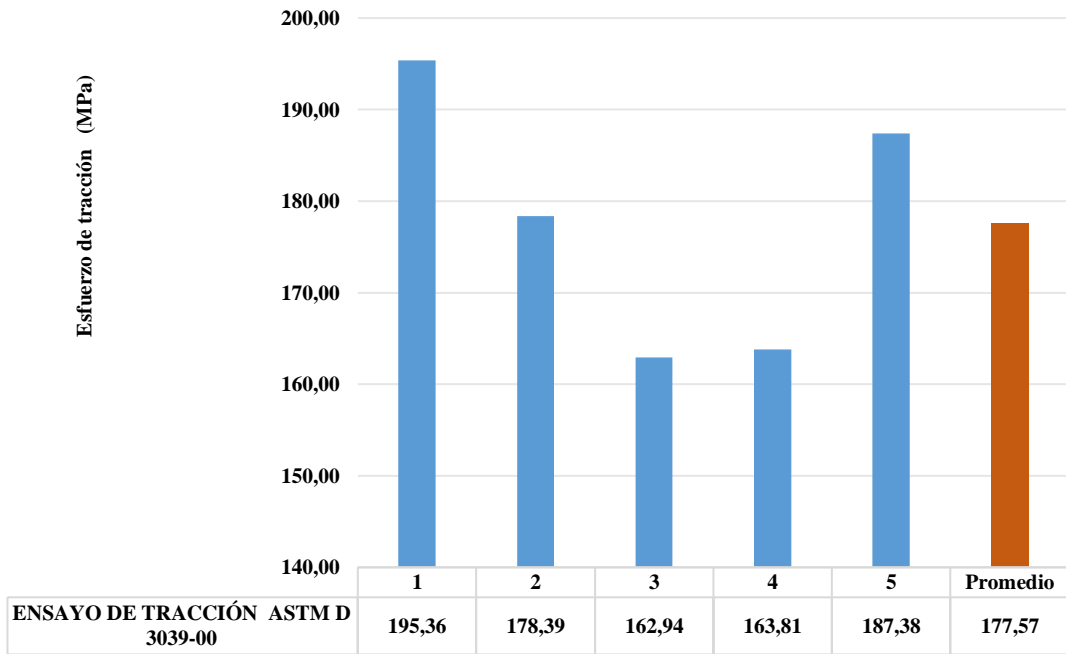
Fuente: Autor.

Tabla 43. Ficha Técnica 31 Ensayo de tracción probeta 7 FV+1 FCo.

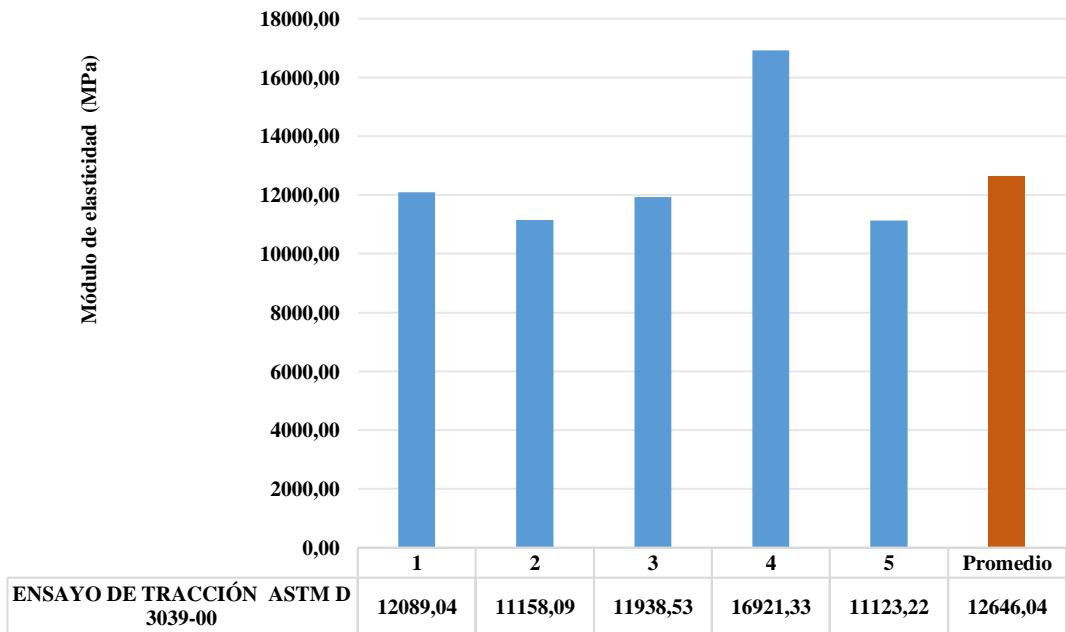
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D 3039-00			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejercito (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de Ensayos Universales INSTRON de 20000 Lb		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FV=F. de Vidrio FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	8
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	7 FV+1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	250*25	Curado:	Ambiente
Nº de Probetas:	5	Velocidad de ensayo:	10 mm/min

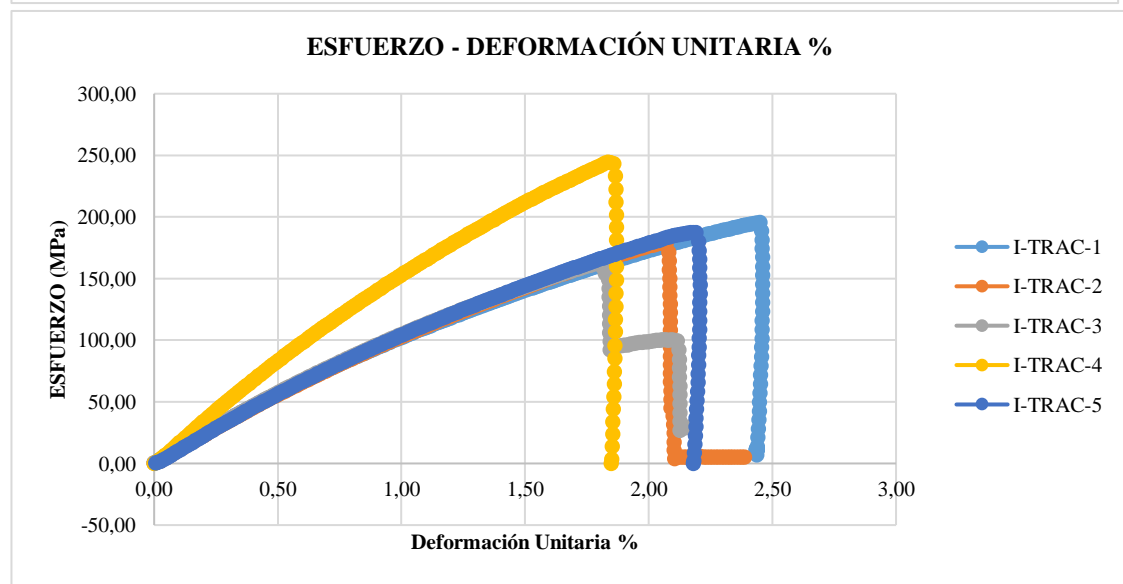
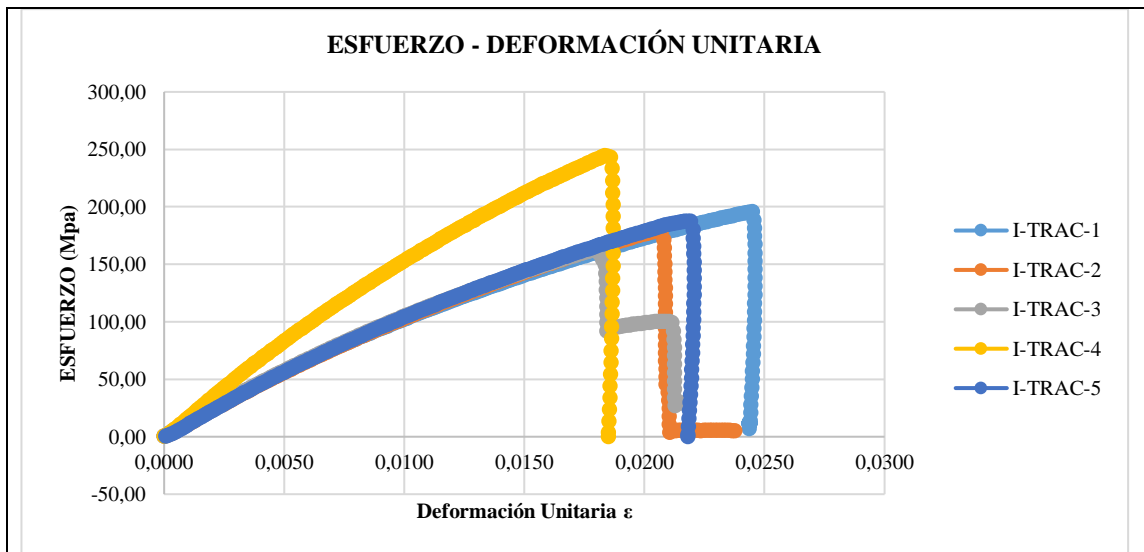
Espesor promedio (mm):	1,46	Temperatura:	20° C		
Tabulación de datos:					
N° de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	7139,02	195,36	12089,04	2,45	GAT
2	6500,92	178,39	11158,09	2,06	GAT
3	5773,34	162,94	11938,53	1,80	GAT
4	6136,19	163,81	16921,33	1,83	GAT
5	6940,69	187,38	11123,22	2,18	GAT
Promedio:	6498,03	177,57	12646,04	2,07	-
Desviación estándar:	561,90	14,29	2430,12	0,27	-
Fotografías del ensayo:					
					
Gráficas de resultados:					

Esfuerzo máximo de tracción(MPa)



Módulo de elasticidad (MPa)







Observaciones:


Evaluación:

Esfuerzo máximo a la tracción promedio (MPa) :	177,57
Módulo de elasticidad promedio (MPa):	12646,04
Espesor real promedio (mm):	1,46
Deformación a la ruptura (%):	2,07

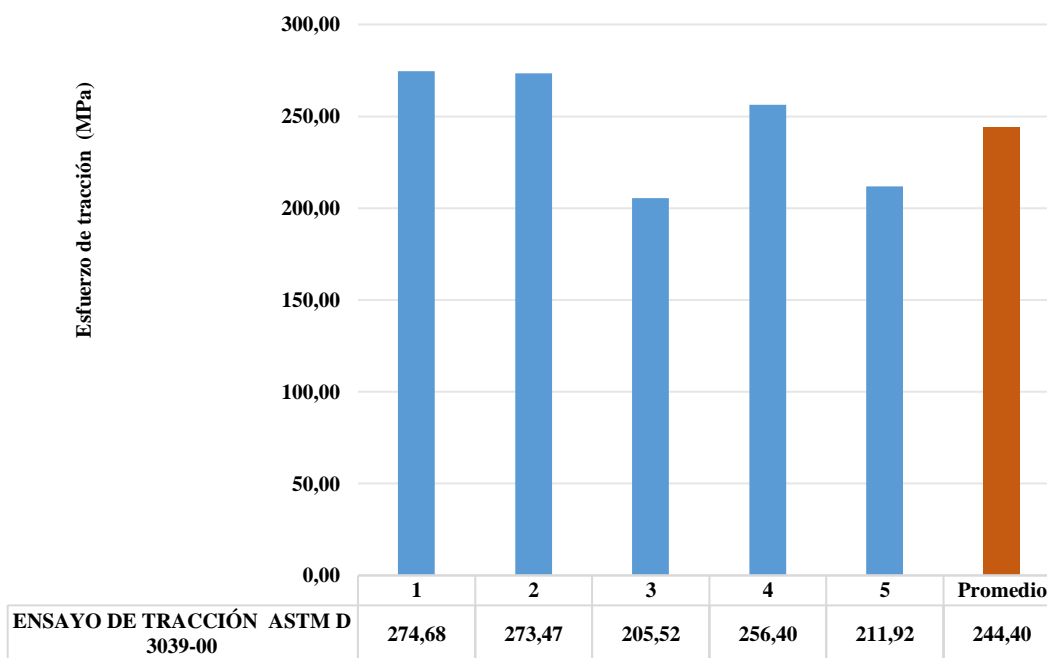
Fuente: Autor.

Tabla 44. Ficha Técnica 32 Ensayo de tracción probeta 7 FV+1 FCo.

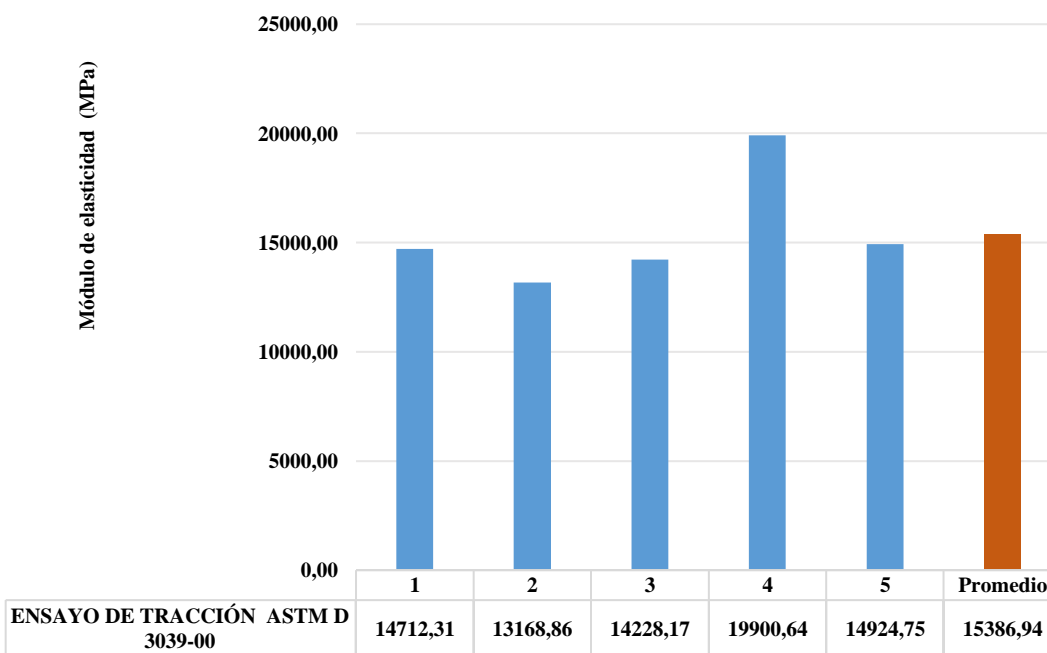
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D 3039-00			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejercito (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de Ensayos Universales INSTRON de 20000 Lb		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FV=F. de Vidrio FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	8
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	7 FV+1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	250*25	Curado:	Ambiente
Nº de Probetas:	5	Velocidad de ensayo:	10 mm/min

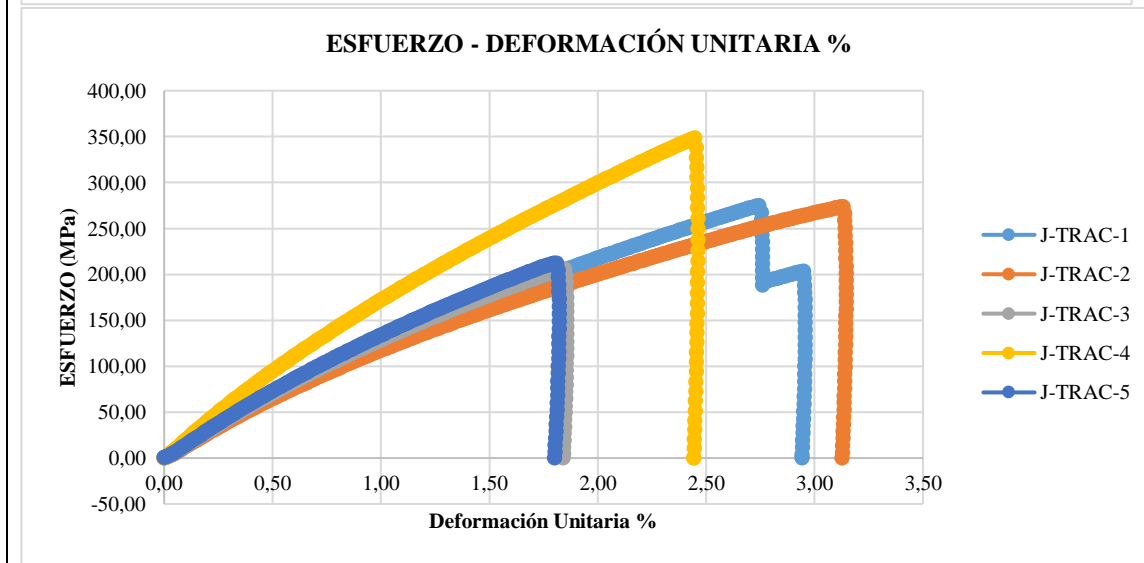
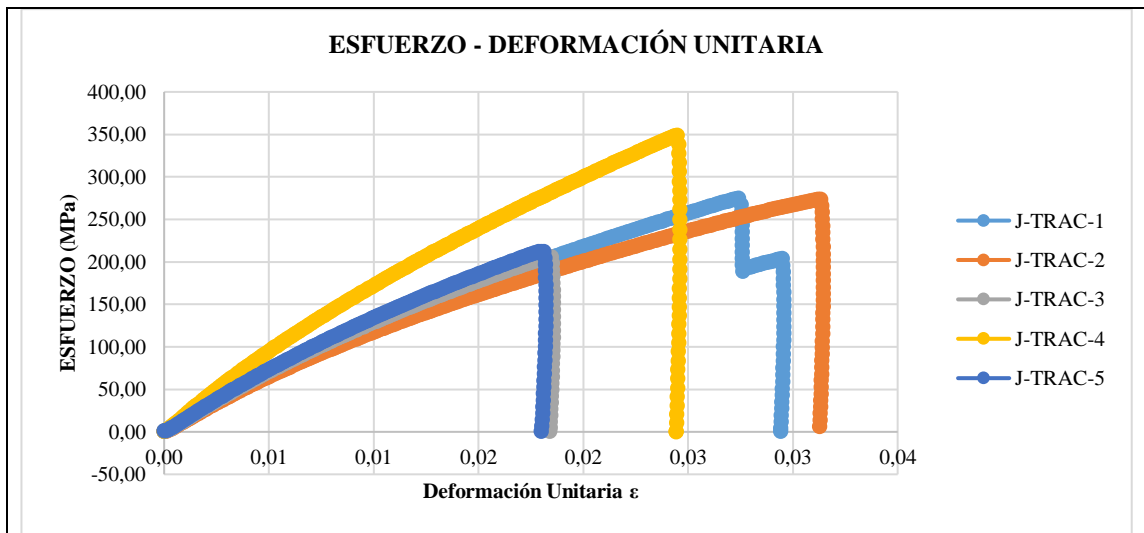
Espesor promedio (mm):	1,35	Temperatura:	20° C		
Tabulación de datos:					
N° de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	9028,12	274,68	14712,31	2,74	GAT
2	9279,27	273,47	13168,86	3,13	GAT
3	7041,78	205,52	14228,17	1,85	GAT
4	8717,63	256,40	19900,64	2,45	GAT
5	7042,51	211,92	14924,75	1,80	LAT
Promedio:	8221,86	244,40	15386,94	2,39	-
Desviación estándar:	1095,15	33,44	2612,70	0,58	-
Fotografías del ensayo:					
					
Gráficas de resultados:					

Esfuerzo máximo de tracción(MPa)



Módulo de elasticidad (MPa)







Observaciones:


Evaluación:

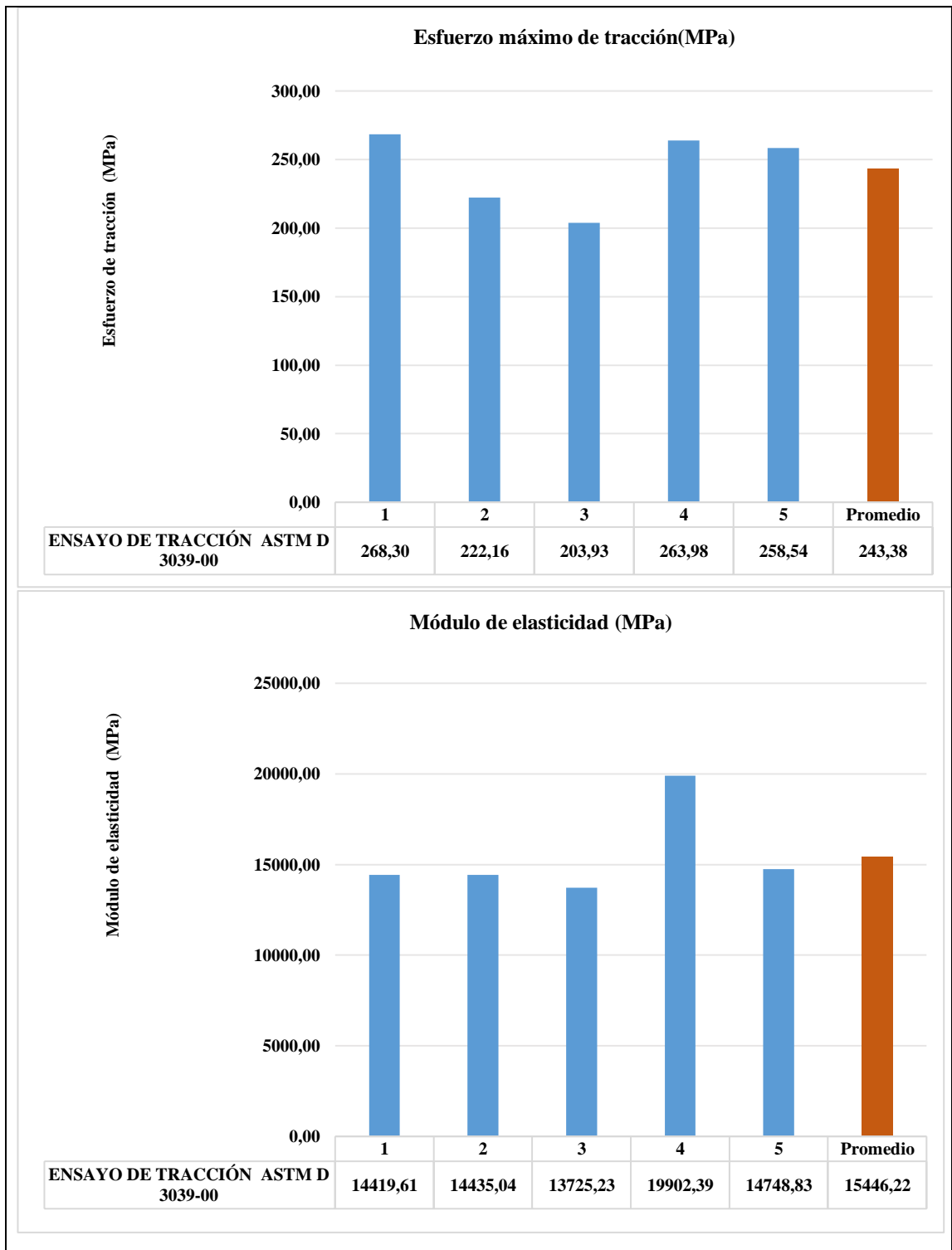
Esfuerzo máximo a la tracción promedio (MPa) :	244,40
Módulo de elasticidad promedio (MPa):	15386,94
Espesor real promedio (mm):	1,35
Deformación a la ruptura (%):	2,39

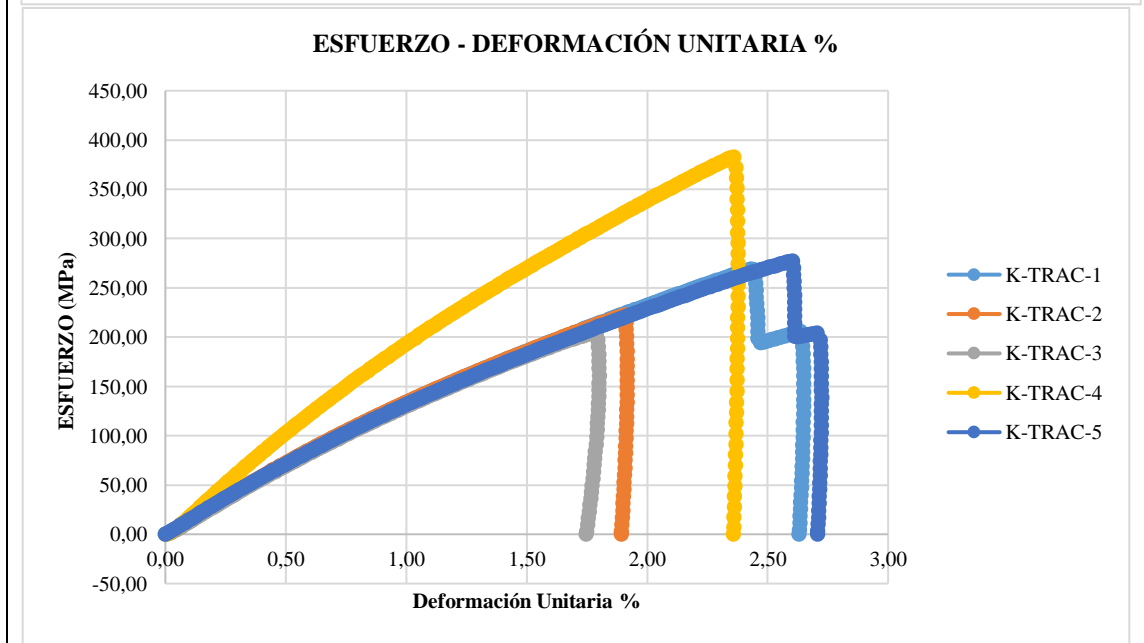
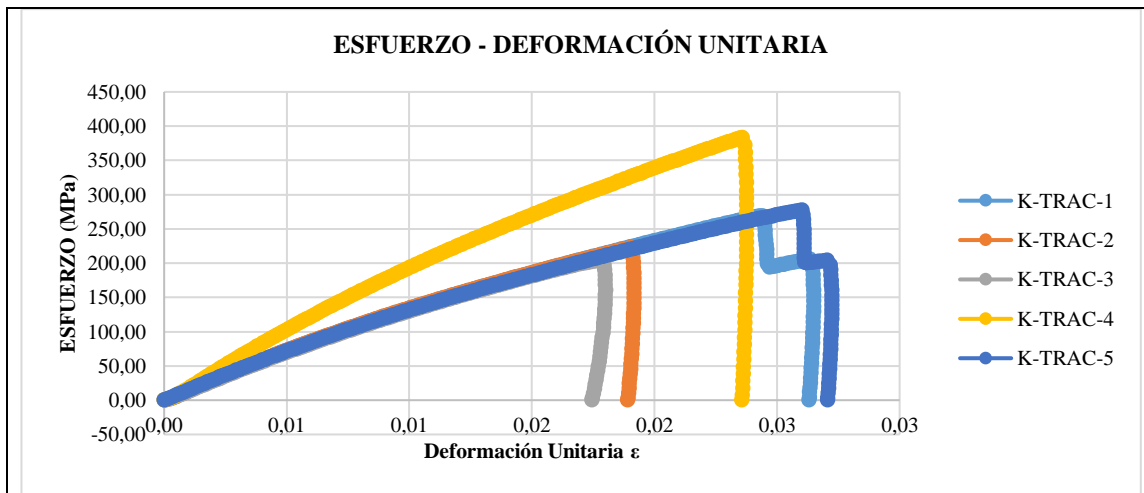
Fuente: Autor.

Tabla 45. Ficha Técnica33 Ensayo de tracción probeta 8 FV+1 FCo.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D 3039-00			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejército (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de Ensayos Universales INSTRON de 20000 Lb		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FV=F. de Vidrio FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	9
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	8 FV+1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	250*25	Curado:	Ambiente
Nº de Probetas:	5	Velocidad de ensayo:	10 mm/min
Espesor promedio (mm):	1,47	Temperatura:	20° C

Tabulación de datos:					
N° de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	9678,01	268,30	14419,61	2,44	GAT
2	8108,99	222,16	14435,04	1,91	GAT
3	7767,84	203,93	13725,23	1,79	GAT
4	9573,02	263,98	19902,39	2,36	GAT
5	9573,02	258,54	14748,83	2,60	GAT
Promedio:	8940,17	243,38	15446,22	2,22	-
Desviación estándar:	923,39	28,64	2519,03	0,35	-
Fotografías del ensayo:					
					
Gráficas de resultados:					







Observaciones:


Evaluación:

Esfuerzo máximo a la tracción promedio (MPa) :	243,38
Módulo de elasticidad promedio (MPa):	15446,22
Espesor real promedio (mm):	1,47
Deformación a la ruptura (%):	2,22

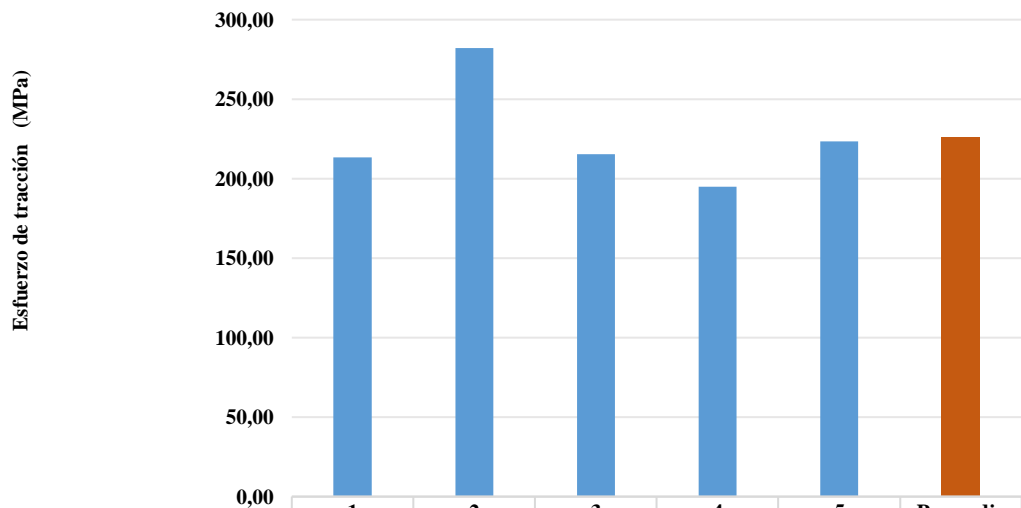
Fuente: Autor.

Tabla 46. Ficha Técnica 34 Ensayo de tracción probeta 8 FV+1 FCo.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D 3039-00			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejército (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de Ensayos Universales INSTRON de 20000 Lb		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FV=F. de Vidrio FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	9
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	8 FV+1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	250*25	Curado:	Ambiente
Nº de Probetas:	5	Velocidad de ensayo:	10 mm/min

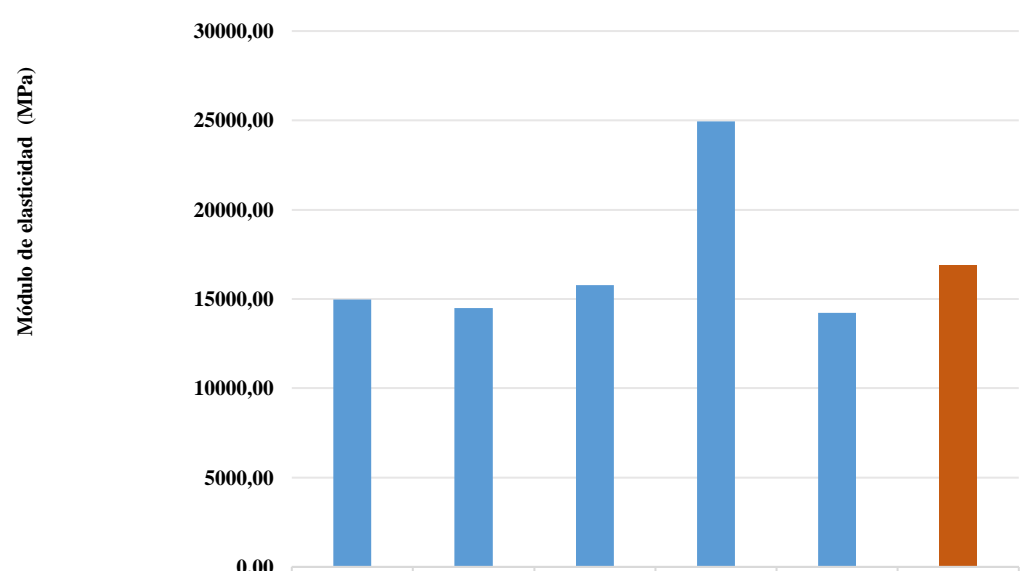
Espesor promedio (mm):	1,65	Temperatura:	20° C		
Tabulación de datos:					
N° de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	8501,77	213,37	14962,67	1,68	LAT
2	11897,77	282,28	14479,44	2,55	AGM
3	8070,97	215,40	15786,22	1,67	LAT
4	8070,97	194,95	24953,06	1,98	GAT
5	9961,38	223,49	14235,94	1,73	LAT
Promedio:	9300,57	225,90	16883,47	1,92	-
Desviación estándar:	1646,51	33,20	4549,74	0,37	-
Fotografías del ensayo:					
					
Gráficas de resultados:					

Esfuerzo máximo de tracción(MPa)

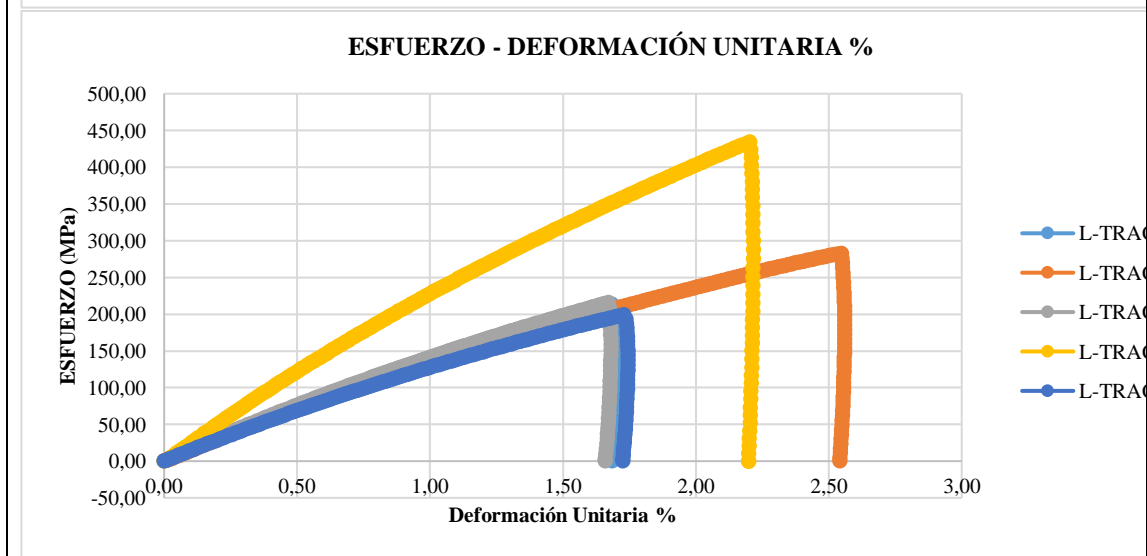
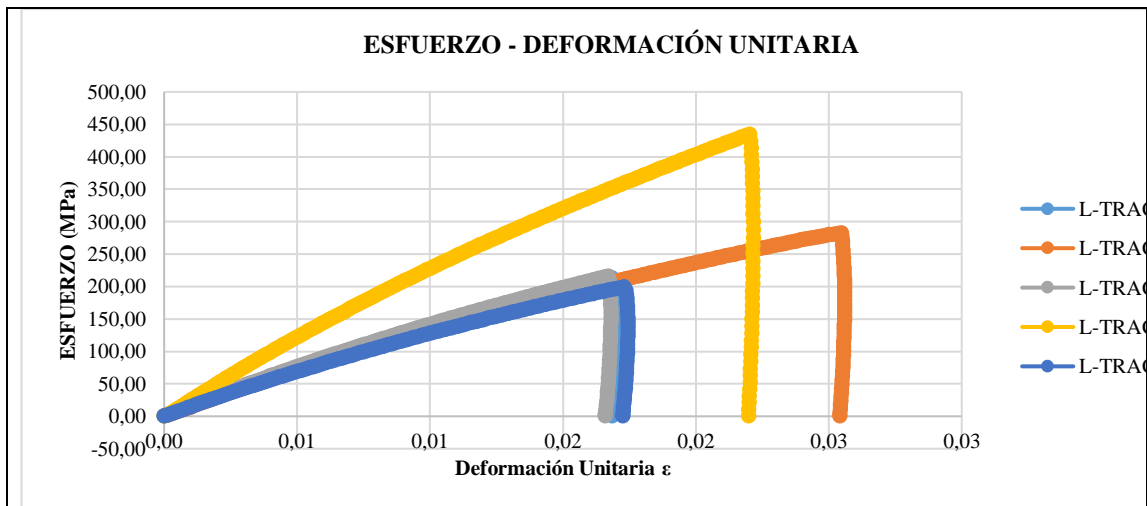


ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D 3039-00	1	2	3	4	5	Promedio
	213,37	282,28	215,40	194,95	223,49	225,90

Módulo de elasticidad (MPa)



ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D 3039-00	1	2	3	4	5	Promedio
	14962,67	14479,44	15786,22	24953,06	14235,94	16883,47



Observaciones:

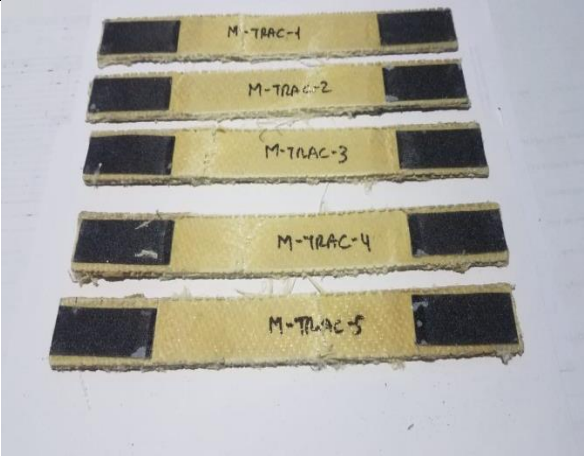
Evaluación:

Esfuerzo máximo a la tracción promedio (MPa) :	225.90
Módulo de elasticidad promedio (MPa):	16883,47
Espesor real promedio (mm):	1,65
Deformación a la ruptura (%):	1,92

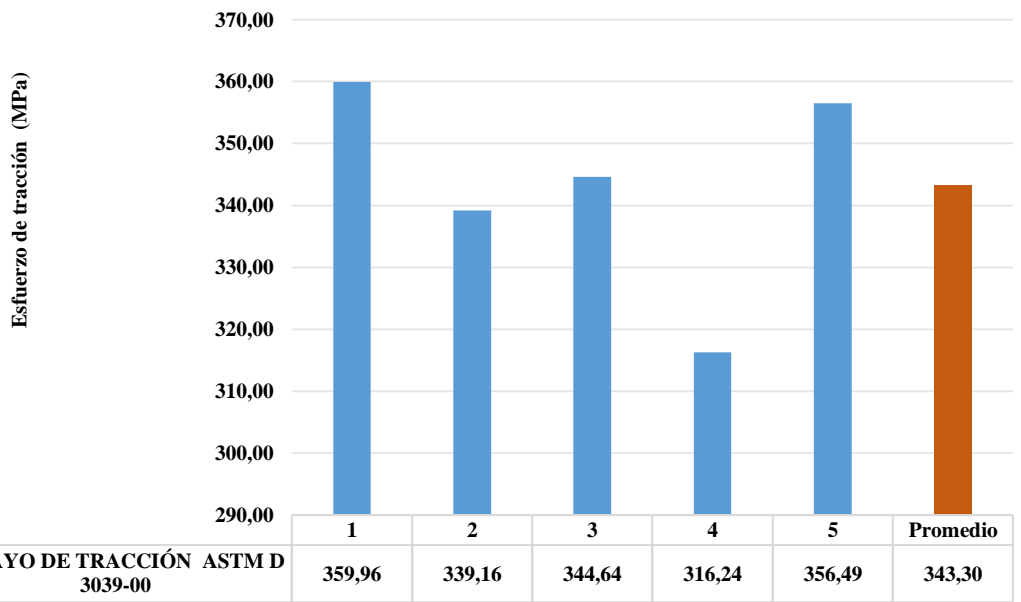
Fuente: Autor.

Tabla 47. Ficha Técnica 35 Ensayo de tracción probeta 6 FA +1 FCo.

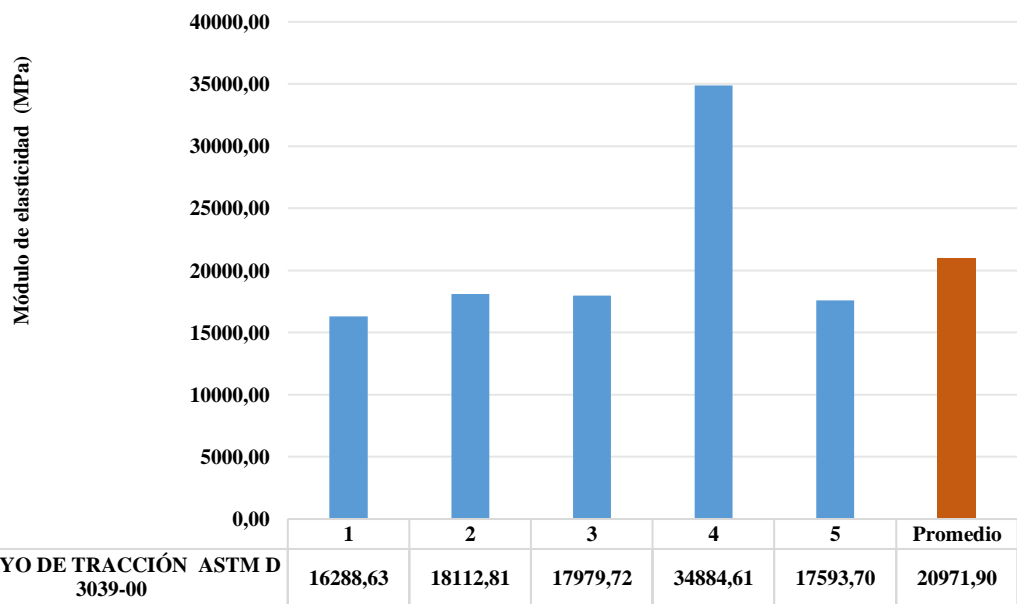
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D 3039-00			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejército (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de Ensayos Universales INSTRON de 20000 Lb		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FA =F. Aramida FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	7
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	6 FA +1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	250*25	Curado:	Ambiente
Nº de Probetas:	5	Velocidad de ensayo:	10 mm/min

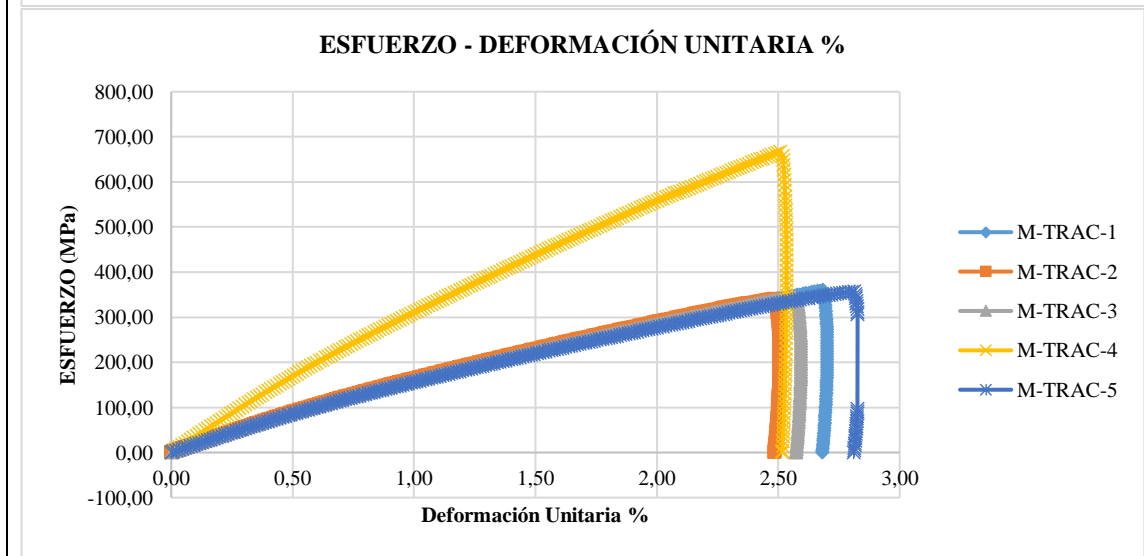
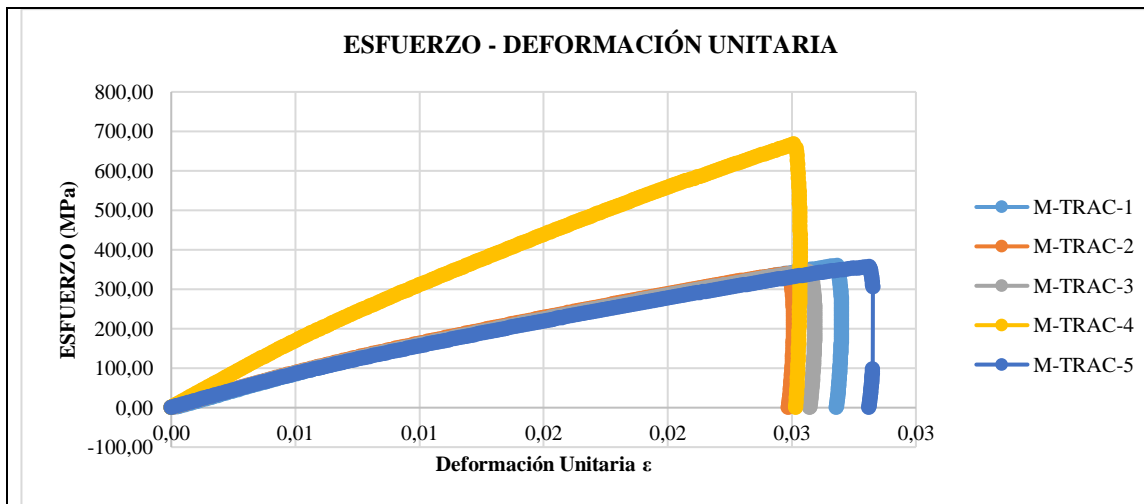
Espesor promedio (mm):	1,94	Temperatura:	20° C		
Tabulación de datos:					
N° de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	17252,01	359,96	16288,63	2,68	LGM
2	15690,31	339,16	18112,81	2,48	LGM
3	16755,42	344,64	17979,72	2,57	LGM
4	17095,42	316,24	34884,61	2,51	DGM
5	17782,23	356,49	17593,70	2,81	DGM
Promedio:	16915,08	343,30	20971,90	2,61	-
Desviación estándar:	778,39	17,34	7810,83	0,14	-
Fotografías del ensayo:					
					
Gráficas de resultados:					

Esfuerzo máximo de tracción(MPa)



Módulo de elasticidad (MPa)





Observaciones:

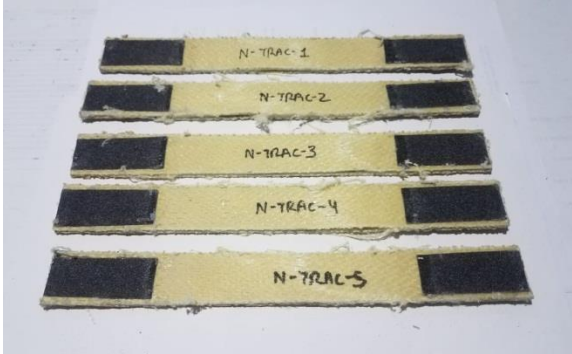
Evaluación:

Esfuerzo máximo a la tracción promedio (MPa) :	243.30
Módulo de elasticidad promedio (MPa):	20971,90
Espesor real promedio (mm):	1,94
Deformación a la ruptura (%):	2,61

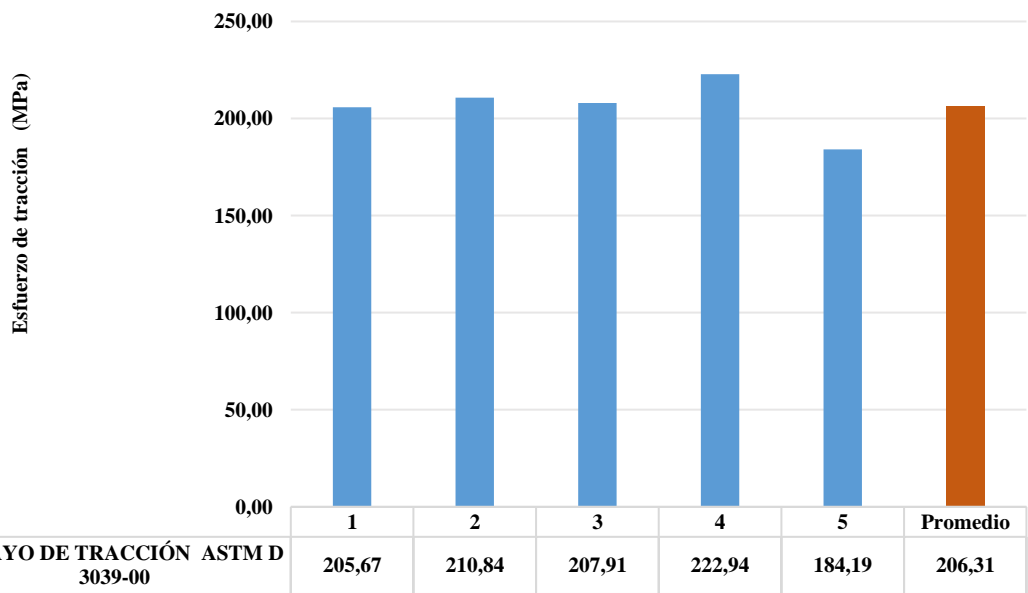
Fuente: Autor.

Tabla 48. Ficha Técnica 36 Ensayo de tracción probeta 7 FA +1 FCo.

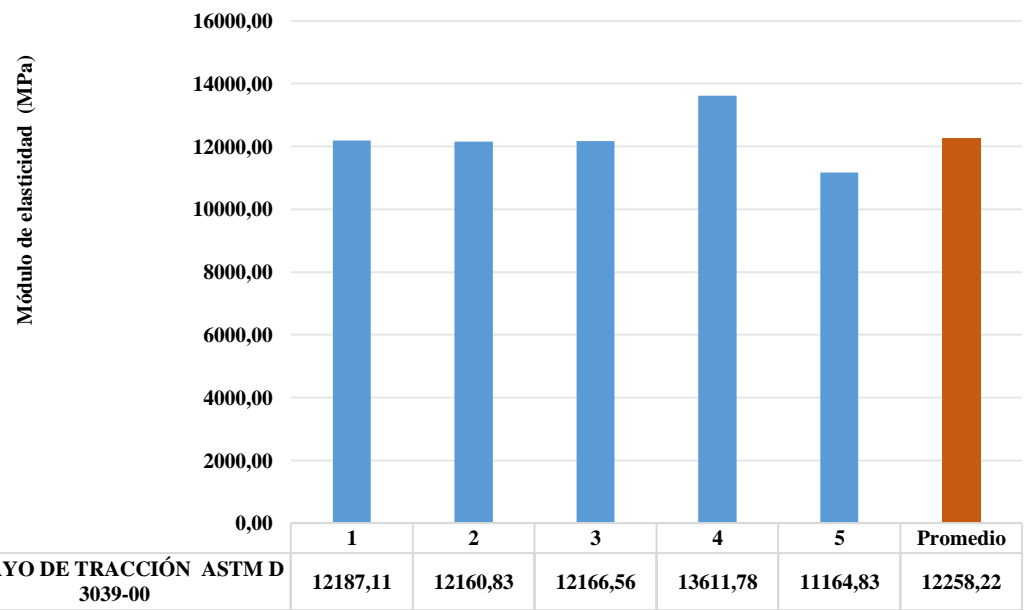
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D 3039-00			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejército (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de Ensayos Universales INSTRON de 20000 Lb		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FA =F. Aramida FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	8
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	7 FA +1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	250*25	Curado:	Ambiente
Nº de Probetas:	5	Velocidad de ensayo:	10 mm/min

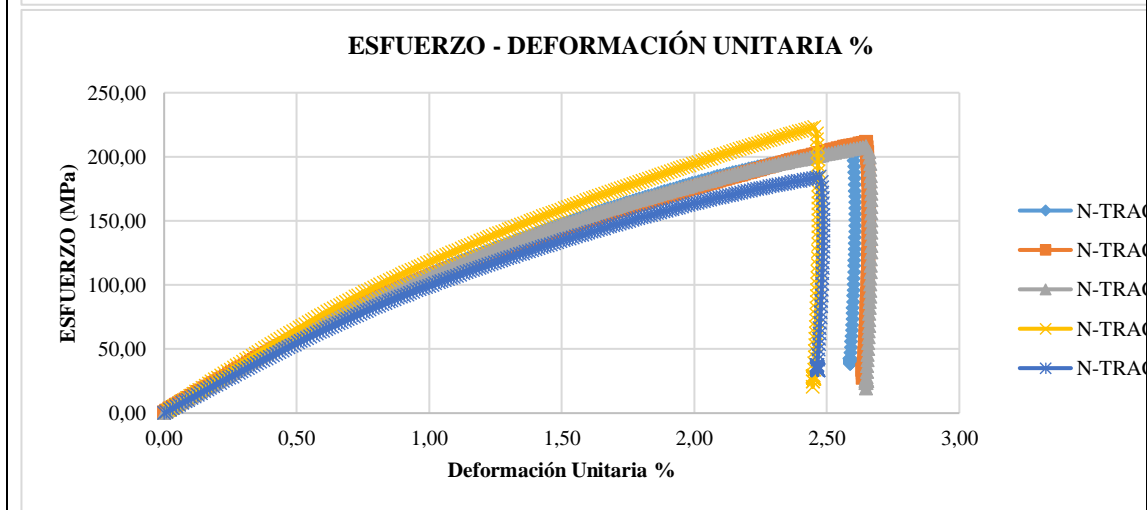
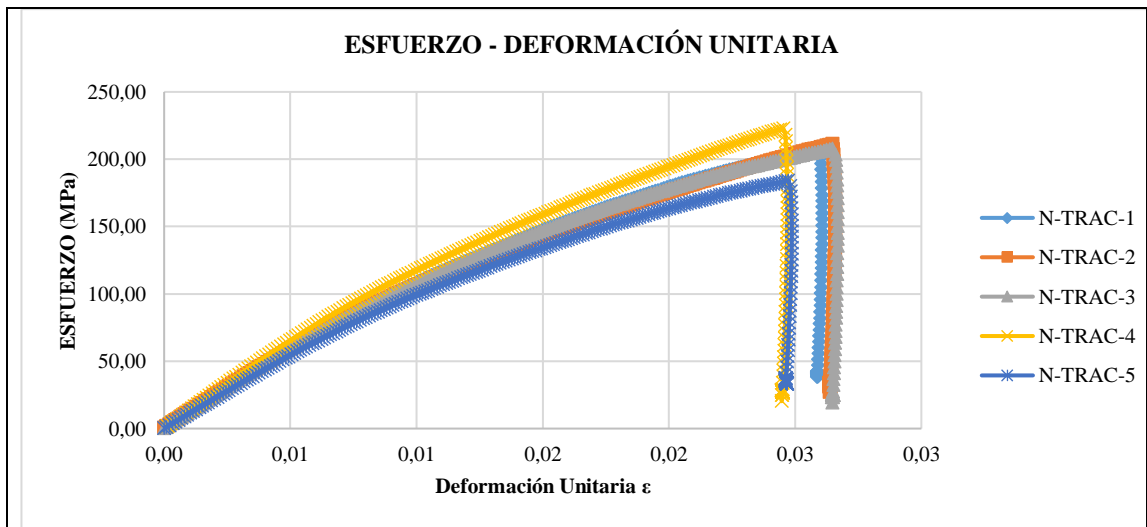
Espesor promedio (mm):	2,38	Temperatura:	20° C		
Tabulación de datos:					
N° de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	12086,77	205,67	12187,11	2,59	DGM
2	13505,52	210,84	12160,83	2,65	DGM
3	12217,15	207,91	12166,56	2,65	DGM
4	12645,57	222,94	13611,78	2,45	DGM
5	11798,90	184,19	11164,83	2,47	DGM
Promedio:	12450,78	206,31	12258,22	2,56	-
Desviación estándar:	663,79	14,05	873,29	0,10	-
Fotografías del ensayo:					
					
Gráficas de resultados:					

Esfuerzo máximo de tracción(MPa)



Módulo de elasticidad (MPa)





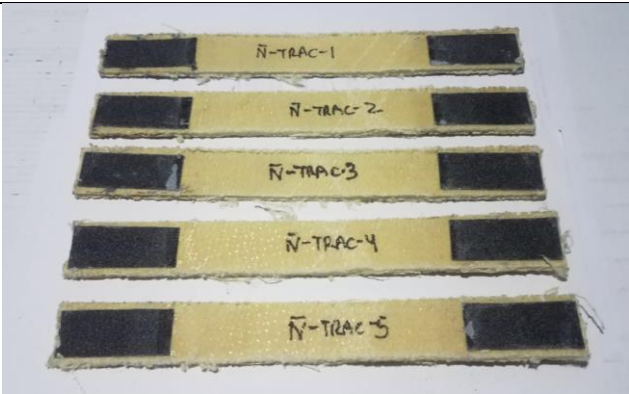


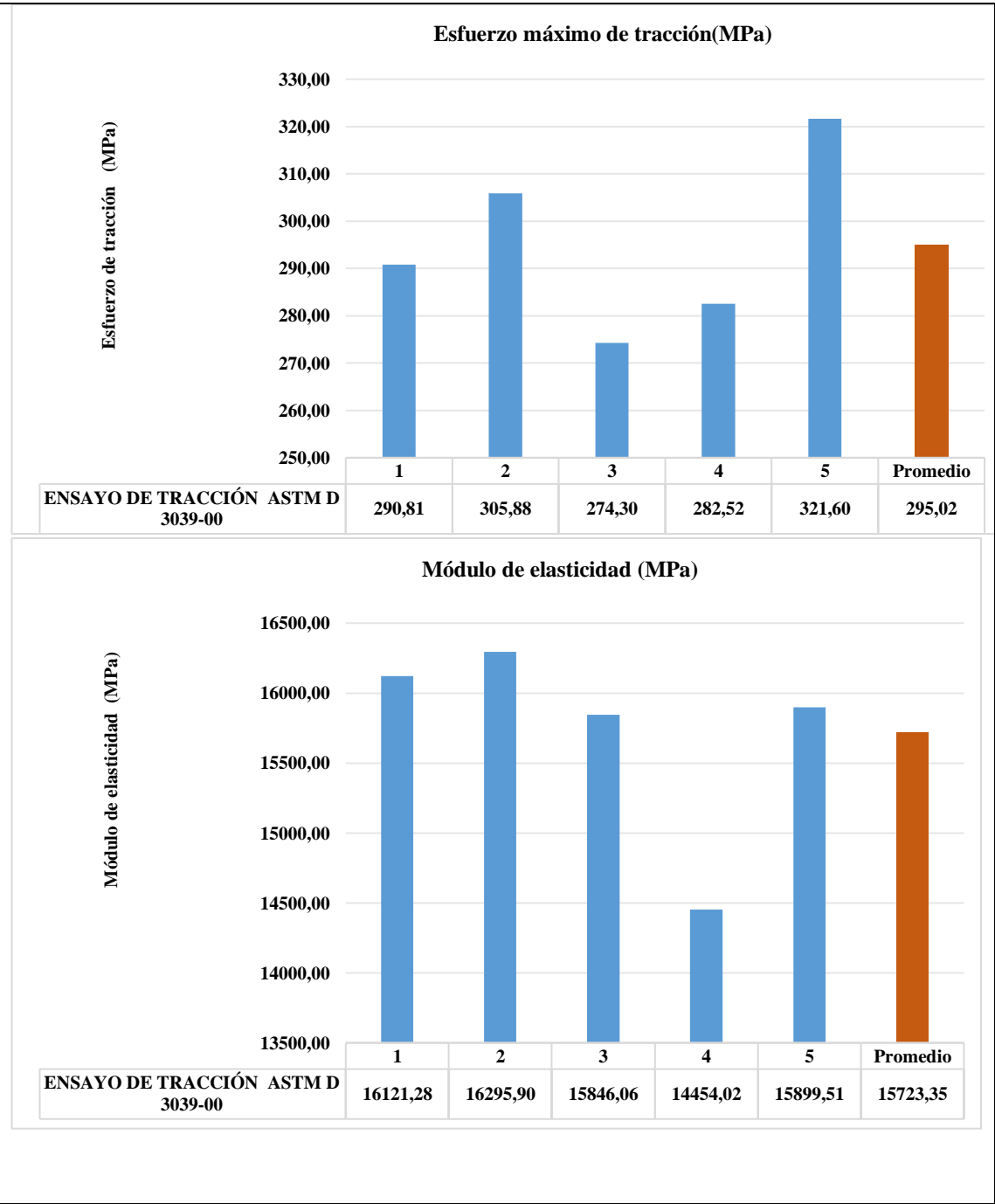
Observaciones:	
Evaluación:	
Esfuerzo máximo a la tracción promedio (MPa) :	206,31
Módulo de elasticidad promedio (MPa):	12258,22
Espesor real promedio (mm):	2,38
Deformación a la ruptura (%):	2,56

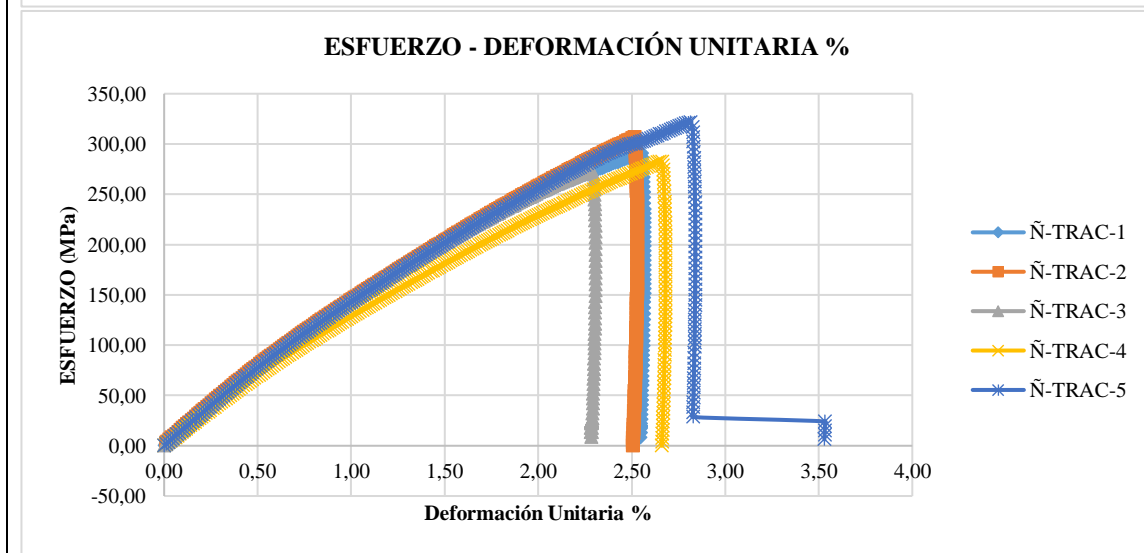
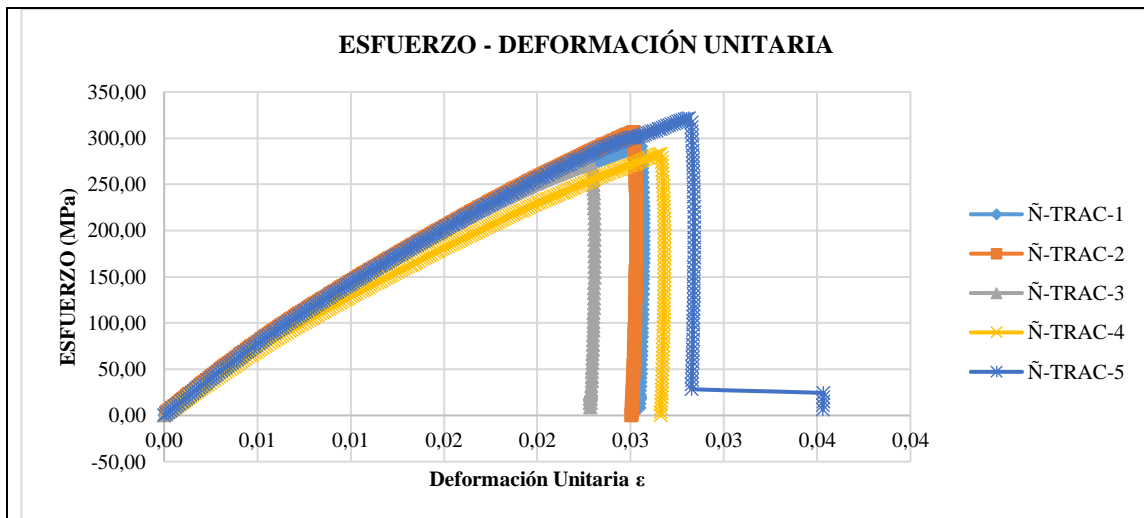
Fuente: Autor.

Tabla 49. Ficha Técnica 37 Ensayo de tracción probeta 7 FA +1 FCo.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D 3039-00			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejército (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de Ensayos Universales INSTRON de 20000 Lb		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FA =F. Aramida FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	8
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	7 FA +1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	250*25	Curado:	Ambiente
Nº de Probetas:	5	Velocidad de ensayo:	10 mm/min
Espesor promedio (mm):	2,32	Temperatura:	20° C
Tabulación de datos:			

Nº de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	16454,91	290,81	16121,28	2,55	DGM
2	17876,32	305,88	16295,90	2,52	DGM
3	15185,13	274,30	15846,06	2,28	DGM
4	18168,91	282,52	14454,02	2,66	DGM
5	18795,25	321,60	15899,51	2,81	DGM
Promedio:	17296,10	295,02	15723,35	2,57	-
Desviación estándar:	1458,57	18,89	732,02	0,20	-
Fotografías del ensayo:					
					
Gráficas de resultados:					







Observaciones:

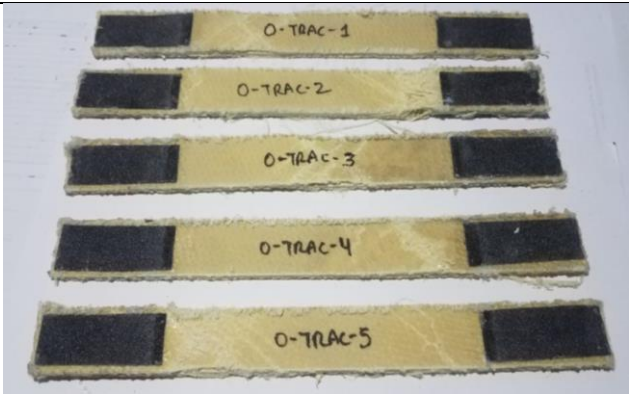
Evaluación:

Esfuerzo máximo a la tracción promedio (MPa) :	295,02
Módulo de elasticidad promedio (MPa):	15723,35
Espesor real promedio (mm):	2,32
Deformación a la ruptura (%):	2,57

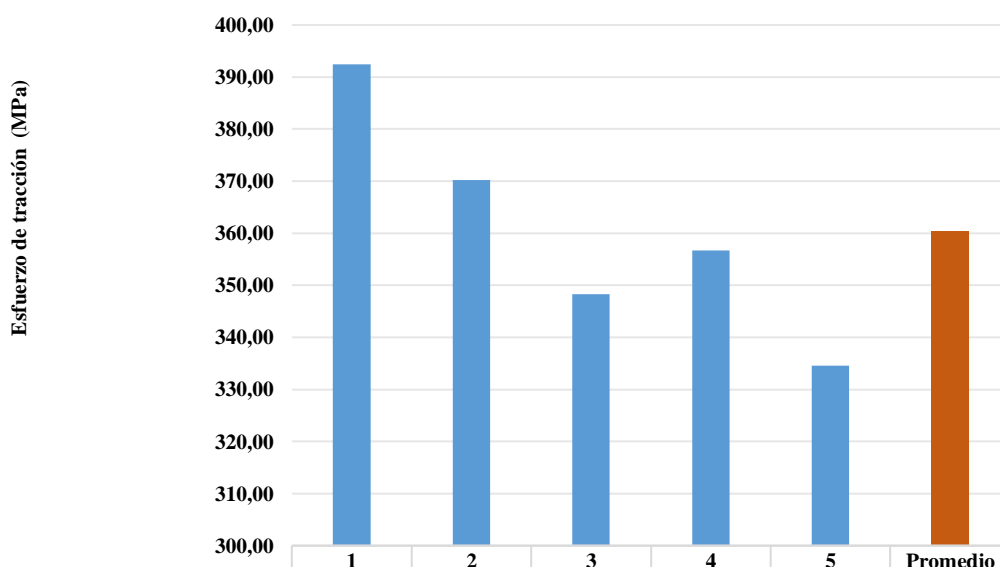
Fuente: Autor.

Tabla 50. Ficha Técnica 38 Ensayo de tracción probeta 8 FA +1 FCo.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D 3039-00			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejército (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de Ensayos Universales INSTRON de 20000 Lb		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FA =F. Aramida FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	9
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	8 FA +1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	250*25	Curado:	Ambiente
Nº de Probetas:	5	Velocidad de ensayo:	10 mm/min
Espesor promedio (mm):	2,56	Temperatura:	20° C
Tabulación de datos:			

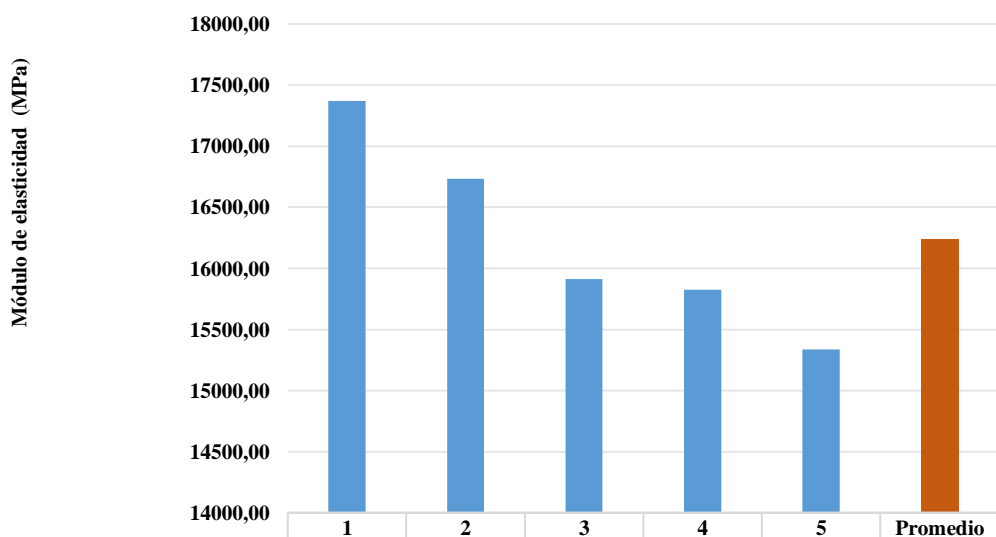
N° de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	24021,12	392,45	17369,08	3,16	DGM
2	23365,90	370,17	16734,48	3,11	DGM
3	23372,82	348,30	15913,57	3,08	DGM
4	23586,30	356,73	15827,05	3,19	DGM
5	23131,55	334,59	15334,20	3,07	DGM
Promedio:	23495,54	360,45	16235,68	3,12	-
Desviación estándar:	334,97	22,07	808,83	0,05	-
Fotografías del ensayo:					
					
Gráficas de resultados:					

Esfuerzo máximo de tracción(MPa)

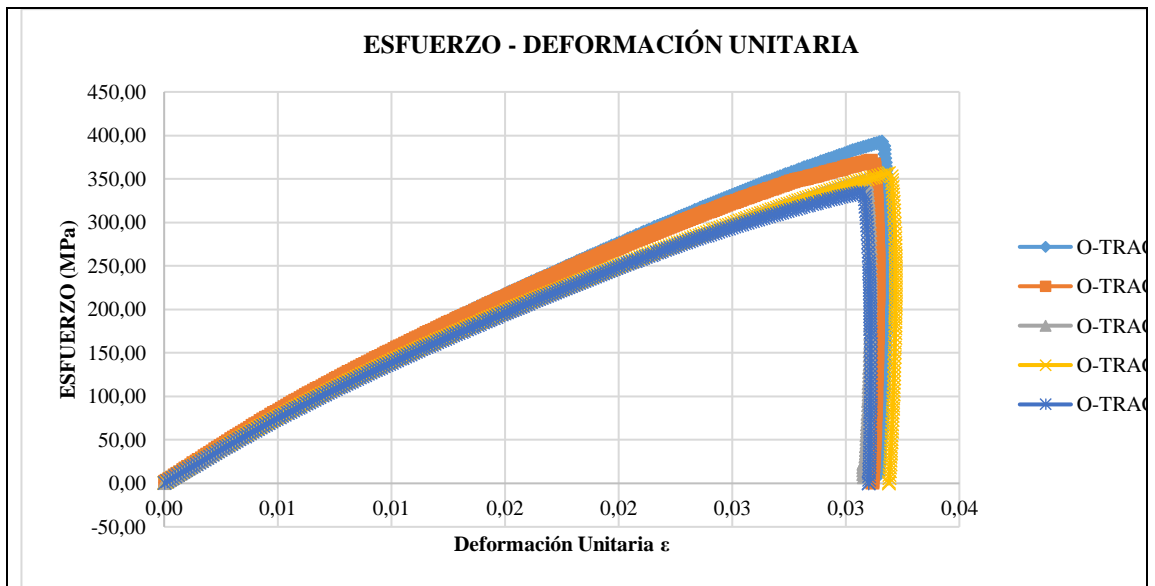


ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D 3039-00

Módulo de elasticidad (MPa)



ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D 3039-00





Observaciones:

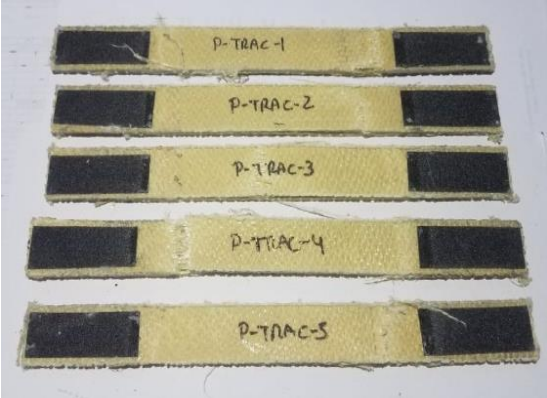
Evaluación:

Esfuerzo máximo a la tracción promedio (MPa) :	360,45
Módulo de elasticidad promedio (MPa):	16235,68
Espesor real promedio (mm):	2,56
Deformación a la ruptura (%):	3,12

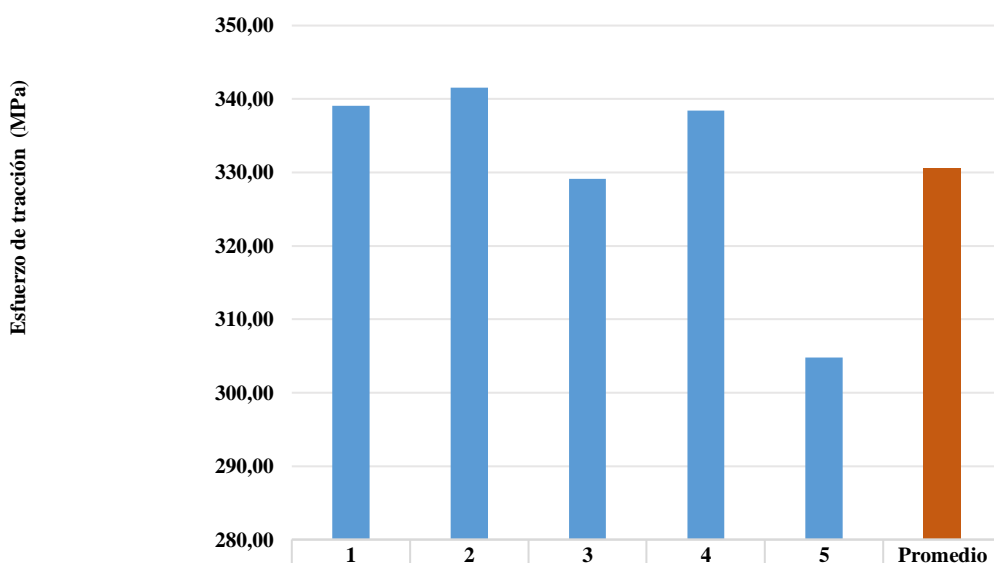
Fuente: Autor.

Tabla 51. Ficha Técnica 39 Ensayo de tracción probeta 8 FA +1 FCo.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D 3039-00			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejército (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de Ensayos Universales INSTRON de 20000 Lb		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FA =F. Aramida FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	9
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	8 FA +1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	250*25	Curado:	Ambiente
Nº de Probetas:	5	Velocidad de ensayo:	10 mm/min

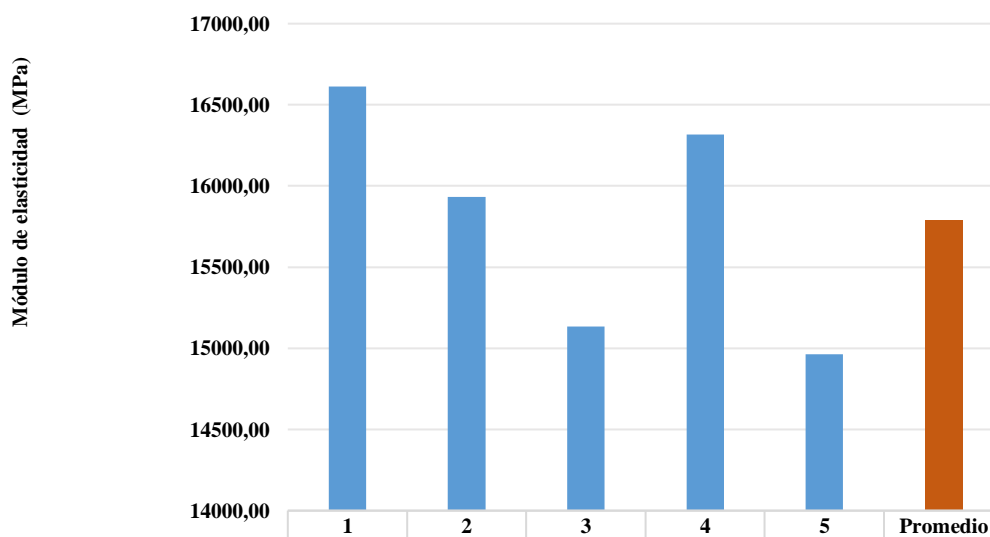
Espesor promedio (mm):	2,91	Temperatura:	20° C		
Tabulación de datos:					
N° de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	23643,63	339,06	16613,69	2,86	DGM
2	25484,62	341,54	15932,31	2,96	DGM
3	25734,14	329,13	15133,66	2,97	DGM
4	24620,56	338,39	16315,82	2,84	LAT
5	23632,58	304,79	14964,32	2,76	LAT
Promedio:	24623,11	330,58	15791,96	2,88	-
Desviación estándar:	989,59	15,17	722,45	0,09	-
Fotografías del ensayo:					
					
Gráficas de resultados:					

Esfuerzo máximo de tracción(MPa)

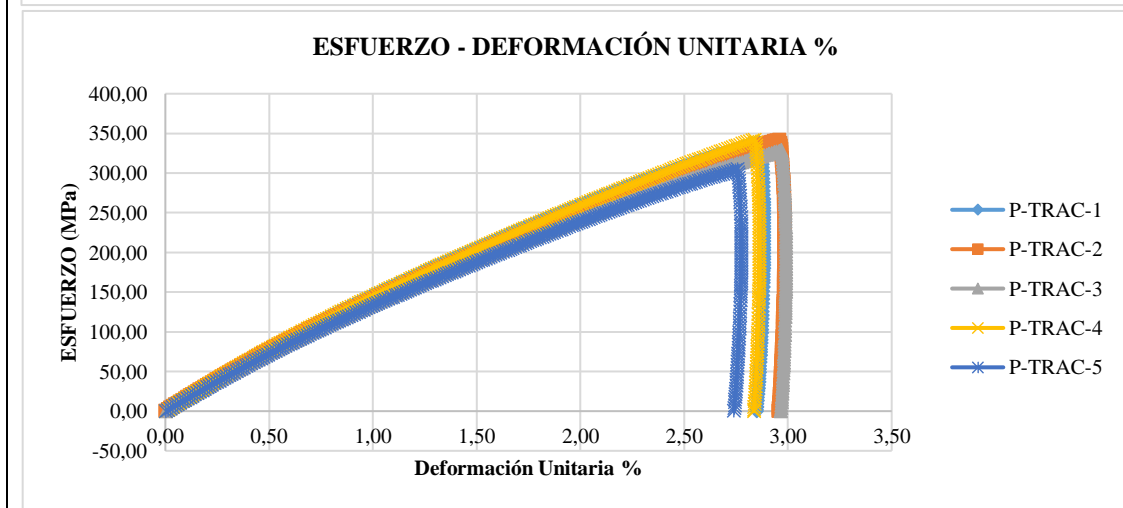
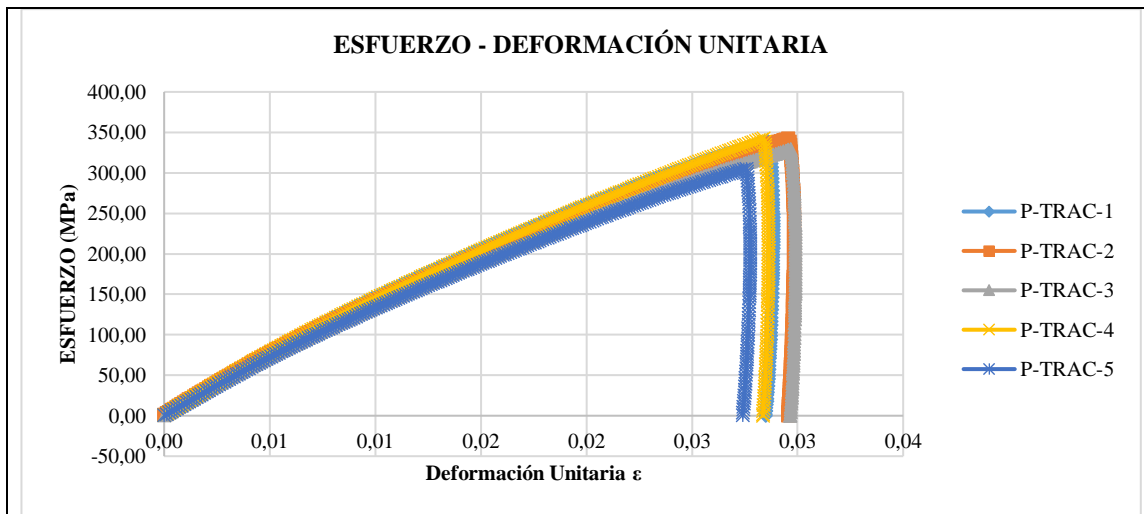


ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D 3039-00

Módulo de elasticidad (MPa)



ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D 3039-00



Observaciones:

Evaluación:

Esfuerzo máximo a la tracción promedio (MPa) :

330,58

Módulo de elasticidad promedio (MPa):

15791,96

Espesor real promedio (mm):

2,91

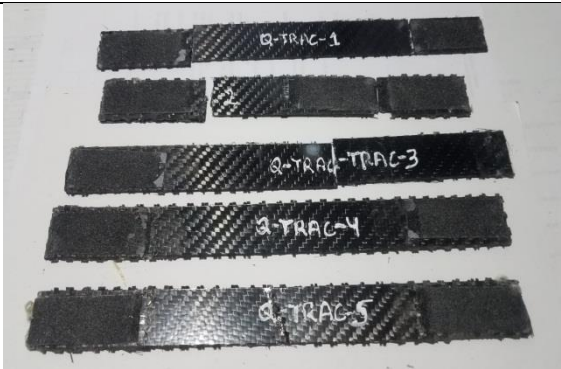
Deformación a la ruptura (%):

2,88

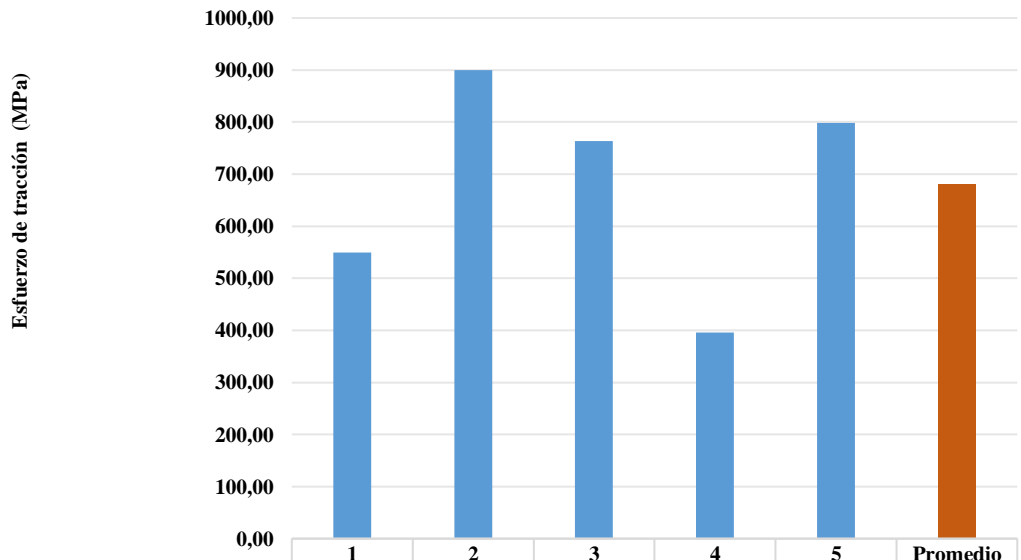
Fuente: Autor.

Tabla 52. Ficha Técnica 40 Ensayo de tracción probeta 6 C. +1 FCo.

	<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO</p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</p> <p>CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA</p>		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D 3039-00			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejercito (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de Ensayos Universales INSTRON de 20000 Lb		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FC=F. de Carbono FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	7
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	6 C. +1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	250*25	Curado:	Ambiente
Nº de Probetas:	5	Velocidad de ensayo:	10 mm/min
Espesor promedio (mm):	1,34	Temperatura:	20° C

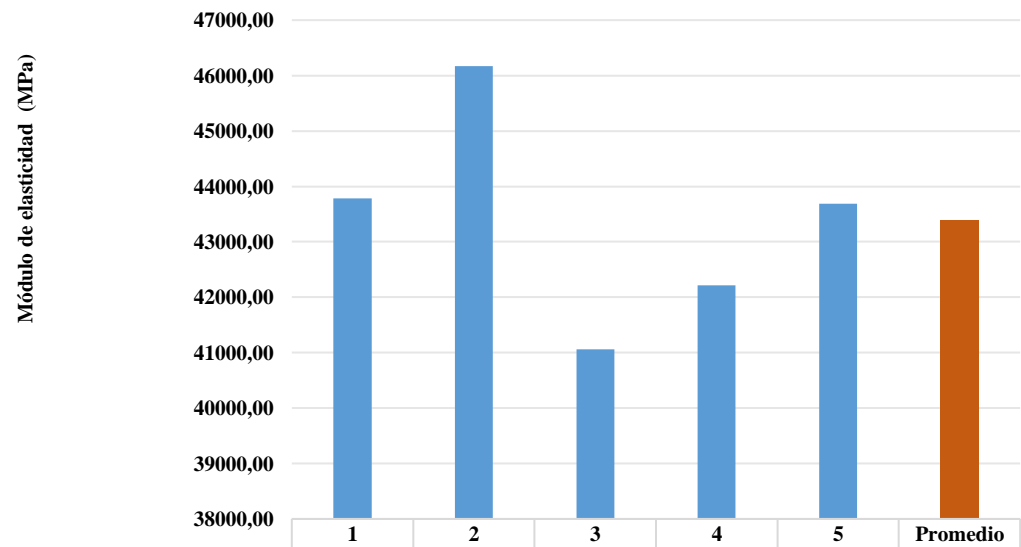
Tabulación de datos:					
N° de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	18154,67	549,51	43787,34	1,38	LAT
2	28313,99	900,30	46174,47	2,61	LAT
3	27281,19	763,55	41064,01	2,33	LGM
4	13923,67	395,92	42211,02	1,02	LAT
5	26791,95	798,74	43690,73	2,57	AGM
Promedio:	22893,09	681,60	43385,51	1,98	-
Desviación estándar:	6456,50	204,53	1923,65	0,73	-
Fotografías del ensayo:					
					
Gráficas de resultados:					

Esfuerzo máximo de tracción(MPa)

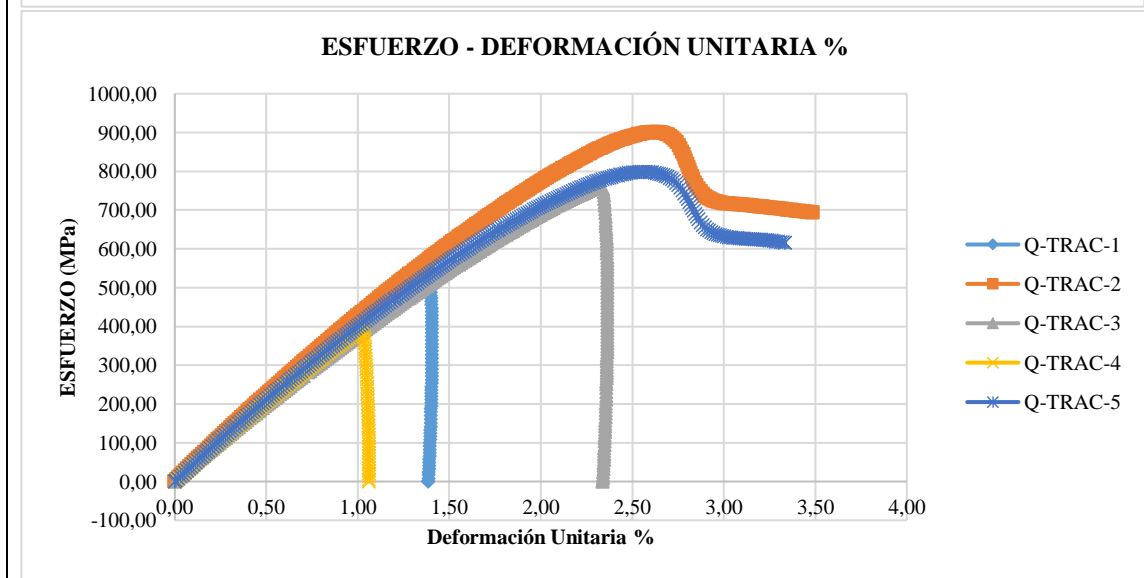
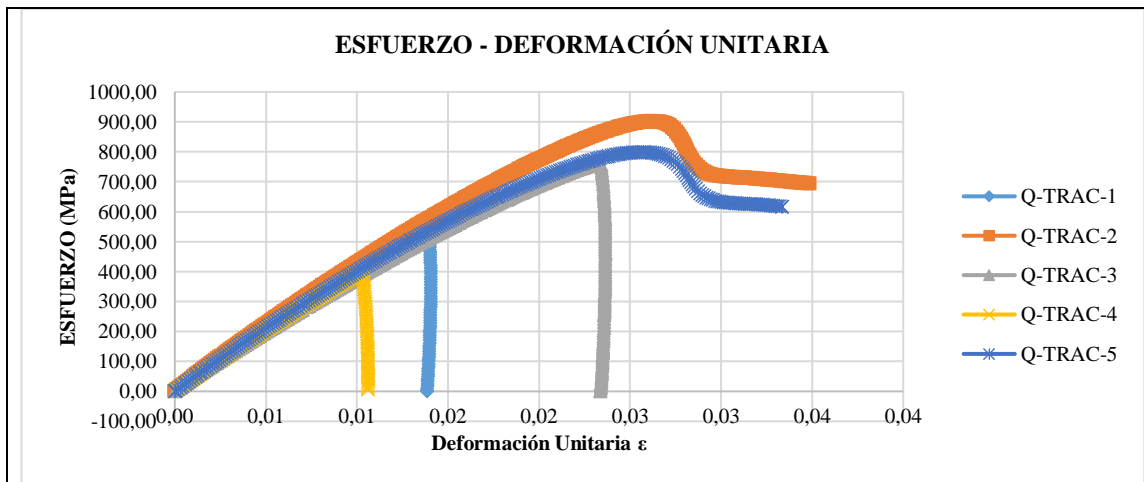


ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D 3039-00

Módulo de elasticidad (MPa)



ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D 3039-00





Observaciones:

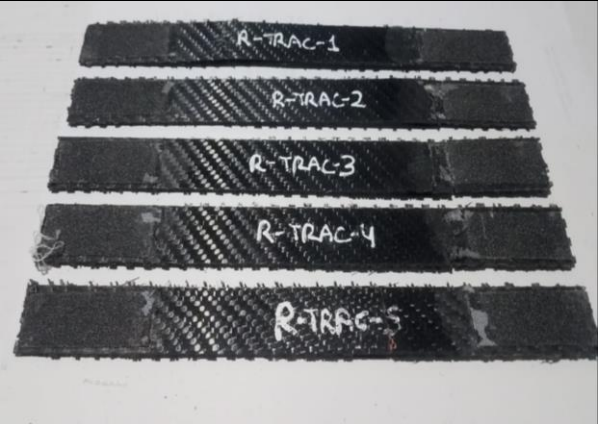
Evaluación:

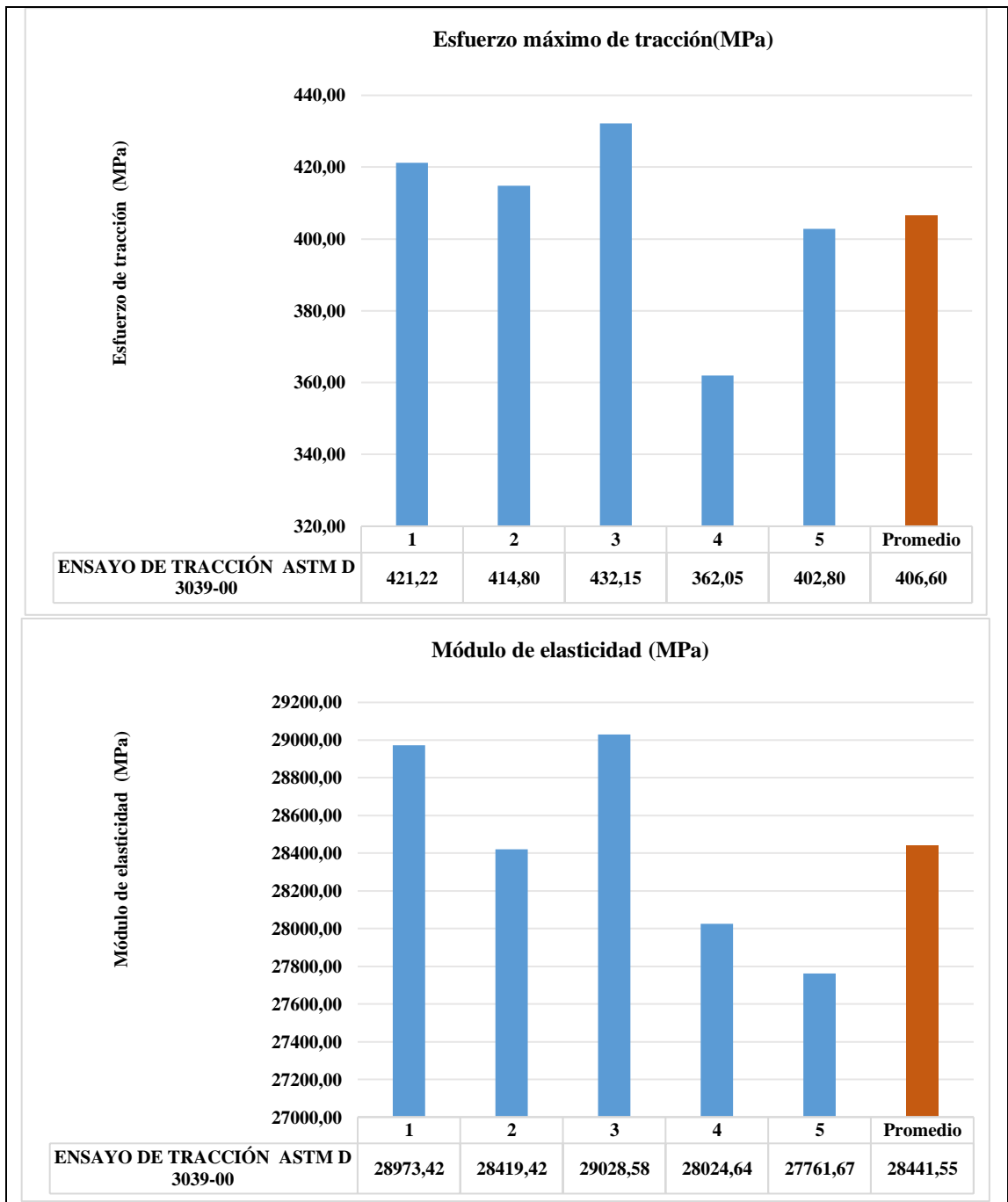
Esfuerzo máximo a la tracción promedio (MPa) :	681,6
Módulo de elasticidad promedio (MPa):	43385,51
Espesor real promedio (mm):	1,34
Deformación a la ruptura (%):	1,98

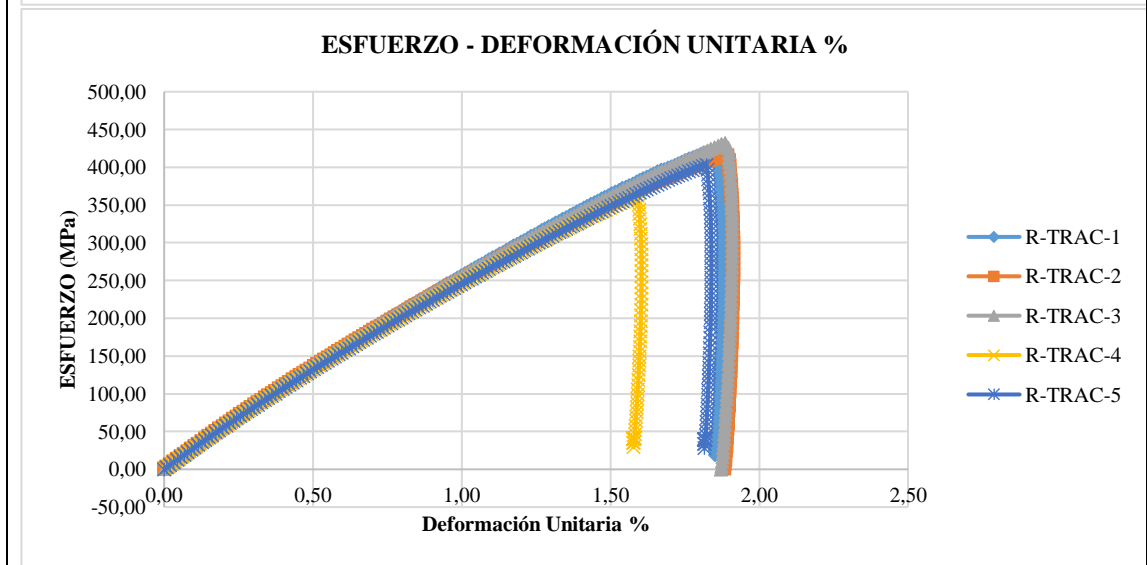
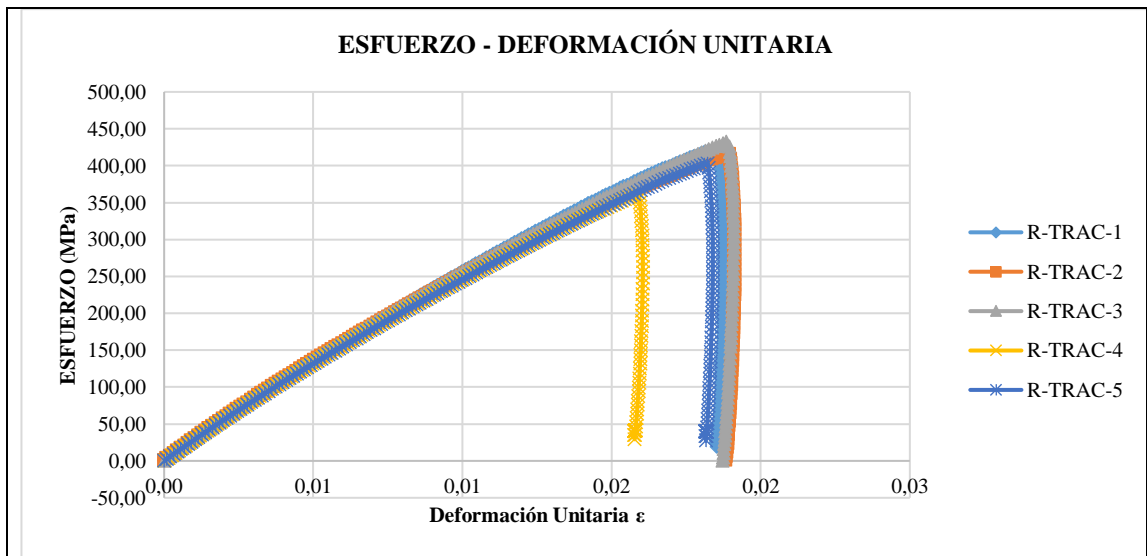
Fuente: Autor.

Tabla 53. Ficha Técnica 41 Ensayo de tracción probeta 7 FC+1 FCo.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D 3039-00			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejército (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de Ensayos Universales INSTRON de 20000 Lb		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FC=F. de Carbono FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	8
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	7 FC+1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	250*25	Curado:	Ambiente
Nº de Probetas:	5	Velocidad de ensayo:	10 mm/min
Espesor promedio (mm):	1,74	Temperatura:	20° C

Tabulación de datos:					
Nº de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	18276,23	421,22	28973,42	1,86	LGM
2	18457,71	414,80	28419,42	1,89	LAT
3	18513,96	432,15	29028,58	1,88	LAT
4	16054,90	362,05	28024,64	1,59	LAT
5	18169,83	402,80	27761,67	1,82	LAT
Promedio:	17894,53	406,60	28441,55	1,81	-
Desviación estándar:	1037,61	27,08	562,15	0,13	-
Fotografías del ensayo:					
					
Gráficas de resultados:					





Observaciones:

Evaluación:

Esfuerzo máximo a la tracción promedio (MPa) :

406,60

Módulo de elasticidad promedio (MPa):

28441,55

Espesor real promedio (mm):



1,74

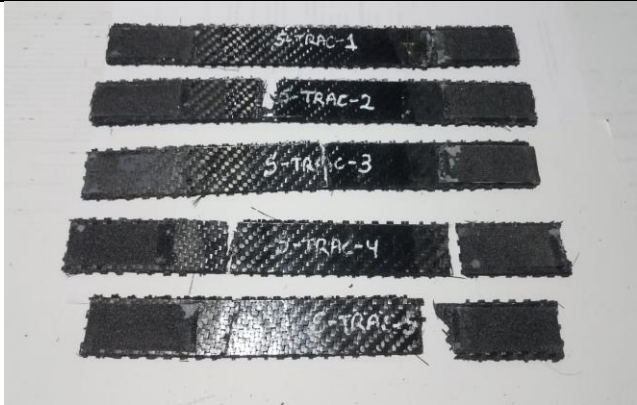
Deformación a la ruptura (%):

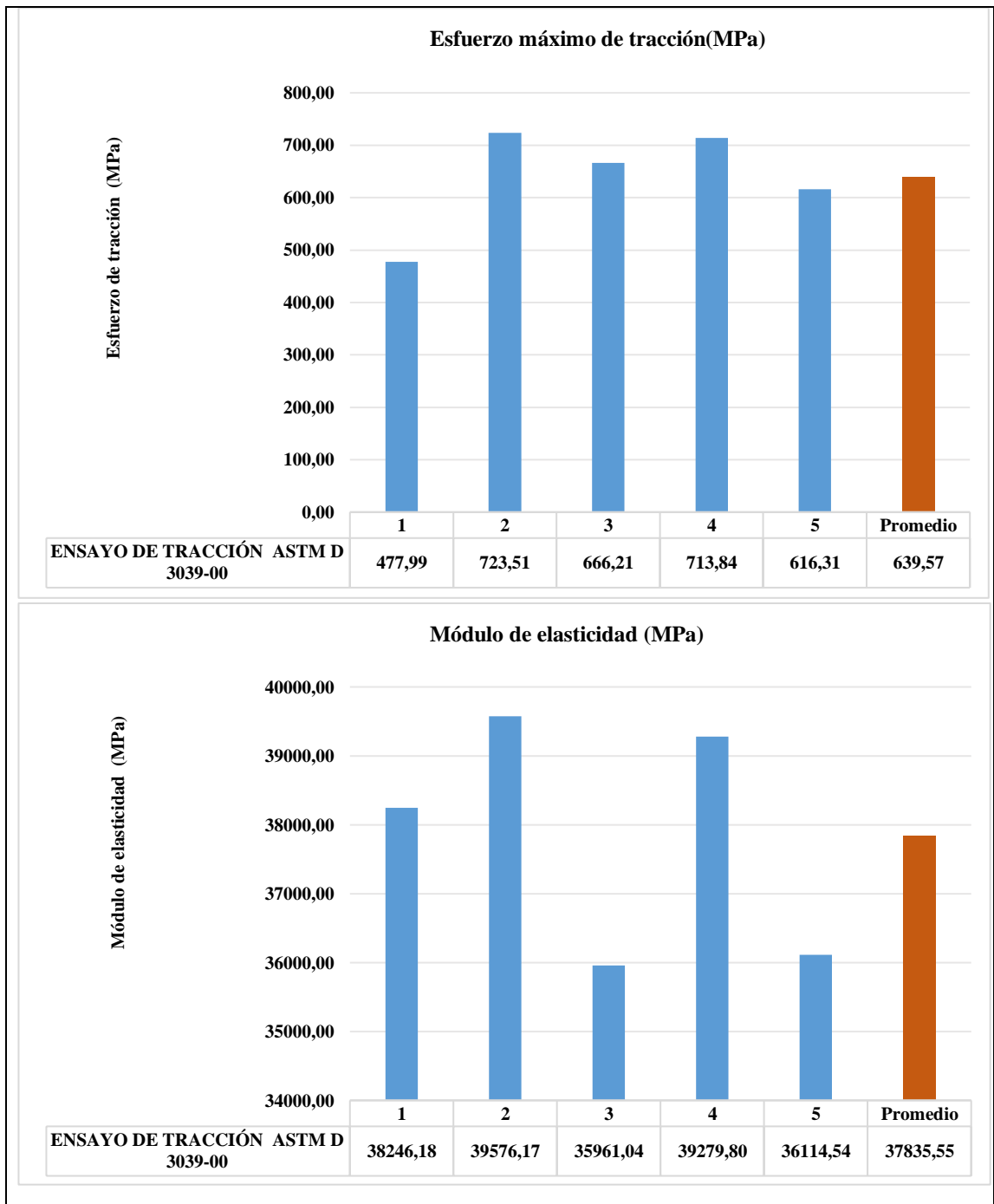
1,81

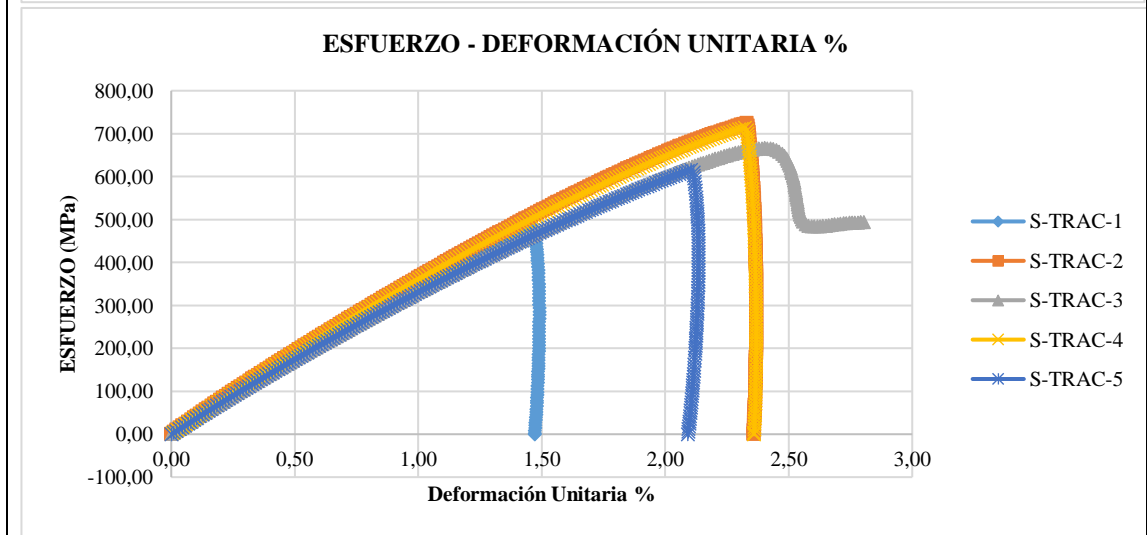
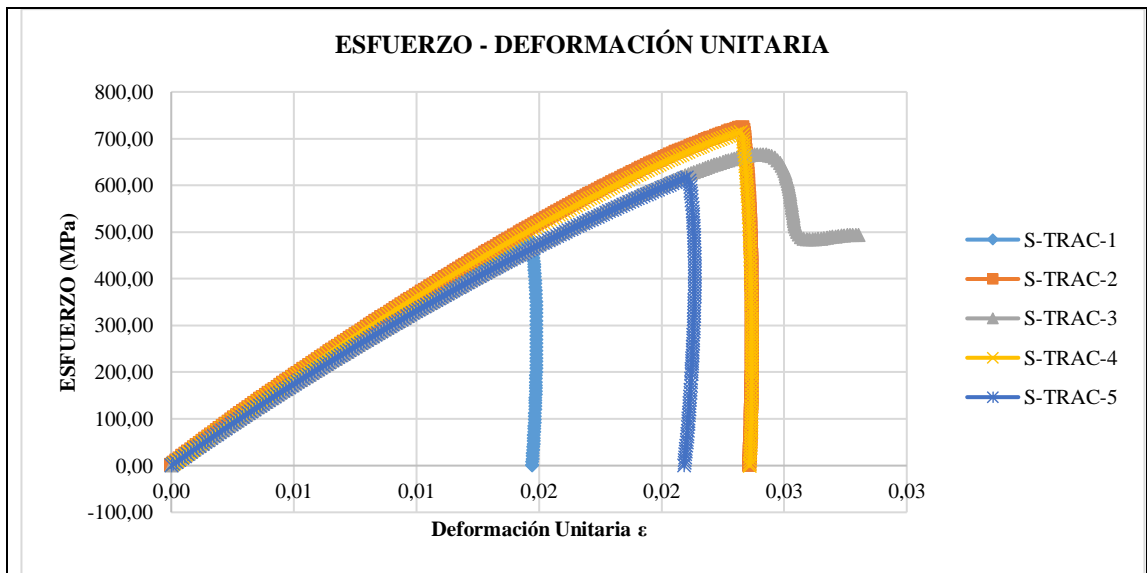
Fuente: Autor.

Tabla 54. Ficha Técnica 42 Ensayo de tracción probeta 7 FC +1 FCo.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D 3039-00			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejército (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de Ensayos Universales INSTRON de 20000 Lb		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FC=F. de Carbono FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	8
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	7 FC +1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	250*25	Curado:	Ambiente
Nº de Probetas:	5	Velocidad de ensayo:	10 mm/min
Espesor promedio (mm):	1,69	Temperatura:	20° C

Tabulación de datos:					
Nº de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	20292,27	477,99	38246,18	1,47	LAT
2	29552,08	723,51	39576,17	2,33	AGM
3	29624,55	666,21	35961,04	2,40	LAT
4	29758,99	713,84	39279,80	2,32	LGM
5	27453,71	616,31	36114,54	2,10	LAT
Promedio:	27336,32	639,57	37835,55	2,13	-
Desviación estándar:	4051,15	99,90	1714,64	0,38	-
Fotografías del ensayo:					
					
Gráficas de resultados:					





Observaciones:


Evaluación:

Esfuerzo máximo a la tracción promedio (MPa) :	639,57
Módulo de elasticidad promedio (MPa):	37835,55
Espesor real promedio (mm):	1,69
Deformación a la ruptura (%):	2,13

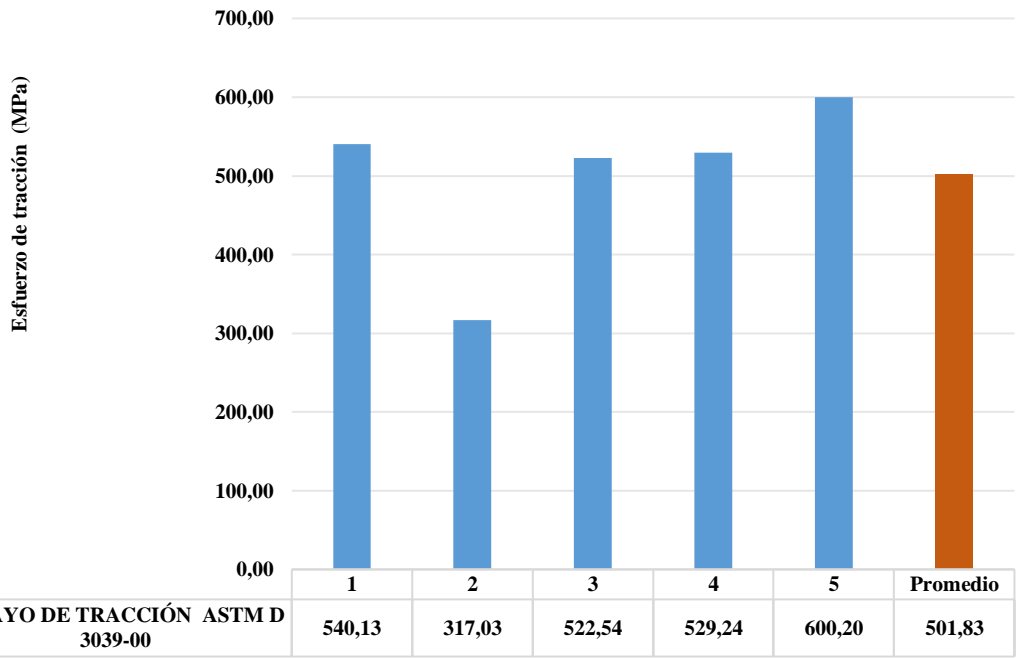
Fuente: Autor.

Tabla 55. Ficha Técnica 43 Ensayo de tracción probeta 8 FC +1 FCo.

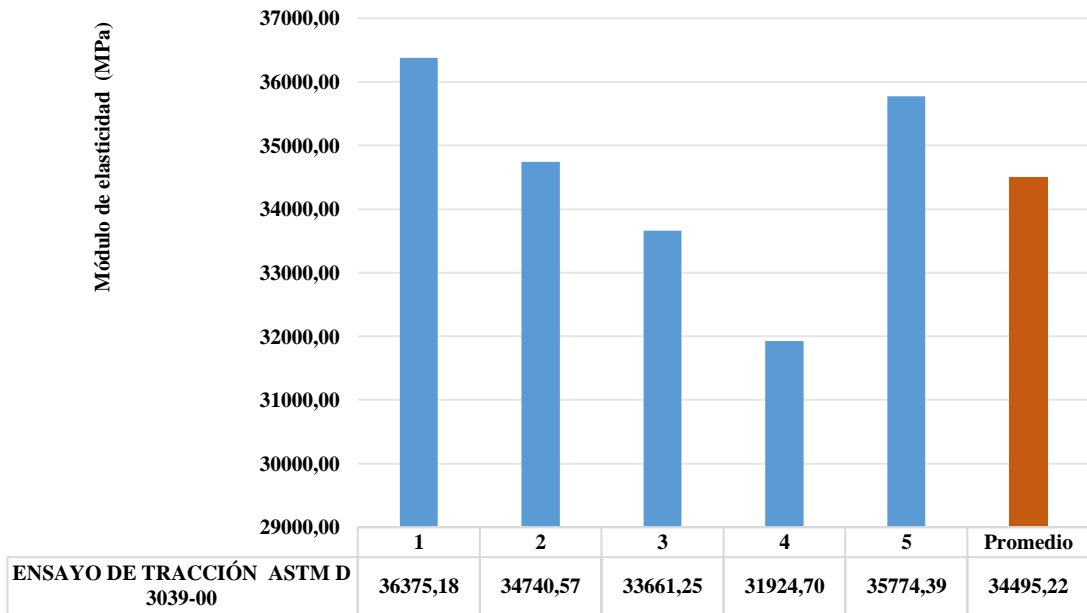
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D 3039-00			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejército (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de Ensayos Universales INSTRON de 20000 Lb		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FC=F. de Carbono FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	9
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	8 FC +1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	250*25	Curado:	Ambiente
Nº de Probetas:	5	Velocidad de ensayo:	10 mm/min
Espesor promedio (mm):	1,9	Temperatura:	20° C

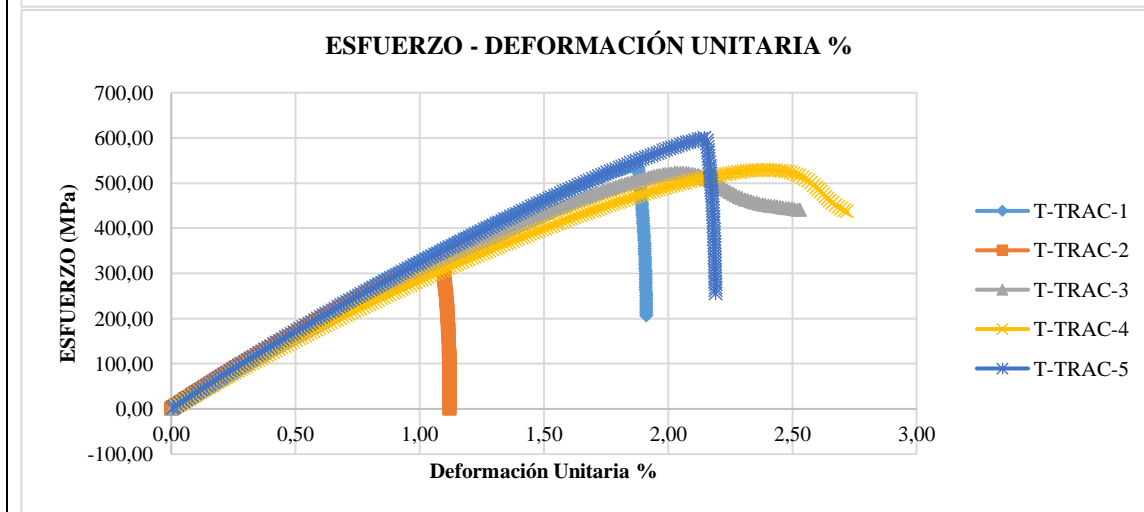
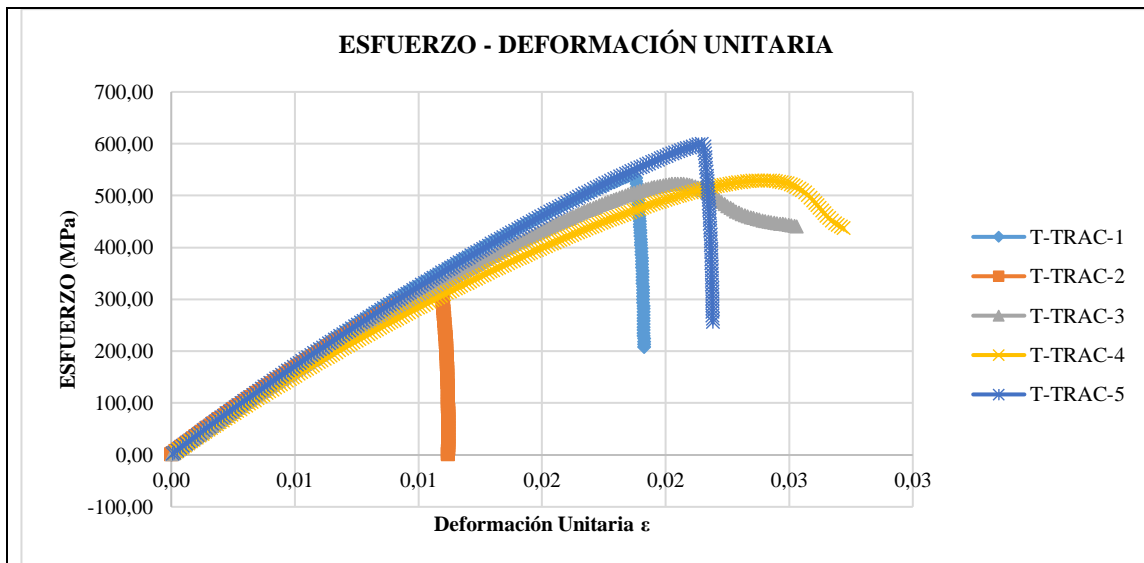
Tabulación de datos:					
N° de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	25203,62	540,13	36375,18	1,87	OAB
2	15138,72	317,03	34740,57	1,09	OAB
3	25019,19	522,54	33661,25	2,05	OAB
4	26732,63	529,24	31924,70	2,39	OAB
5	27864,84	600,20	35774,39	2,14	OAB
Promedio:	23991,80	501,83	34495,22	1,91	-
Desviación estándar:	5084,63	107,79	1770,15	0,49	-
Fotografías del ensayo:					
					
Gráficas de resultados:					

Esfuerzo máximo de tracción(MPa)



Módulo de elasticidad (MPa)







Observaciones:

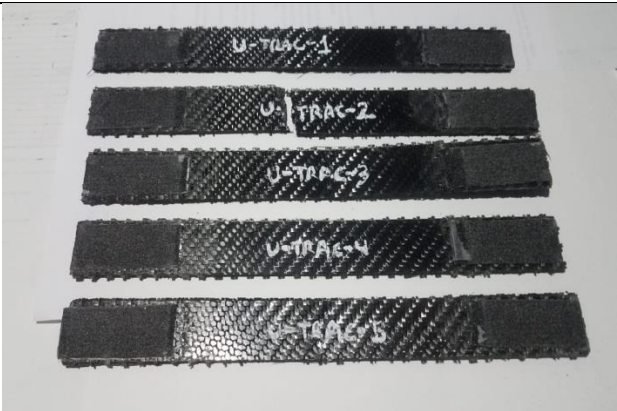
Evaluación:

Esfuerzo máximo a la tracción promedio (MPa) :	501,83
Módulo de elasticidad promedio (MPa):	34495,22
Espesor real promedio (mm):	1,9
Deformación a la ruptura (%):	1,91

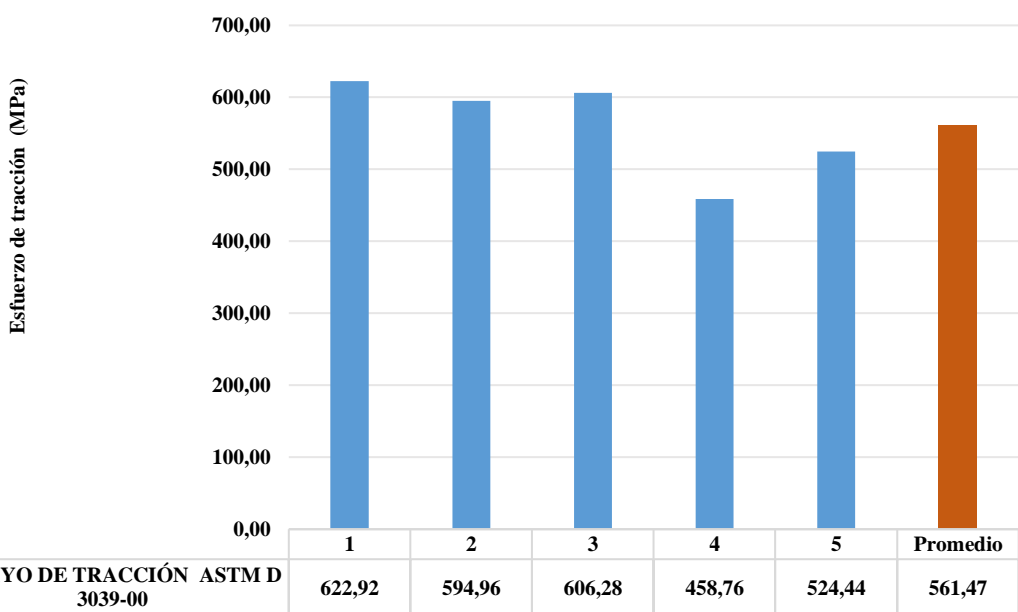
Fuente: Autor.

Tabla 56. Ficha Técnica 44 Ensayo de tracción probeta 8 FC +1 FCo.

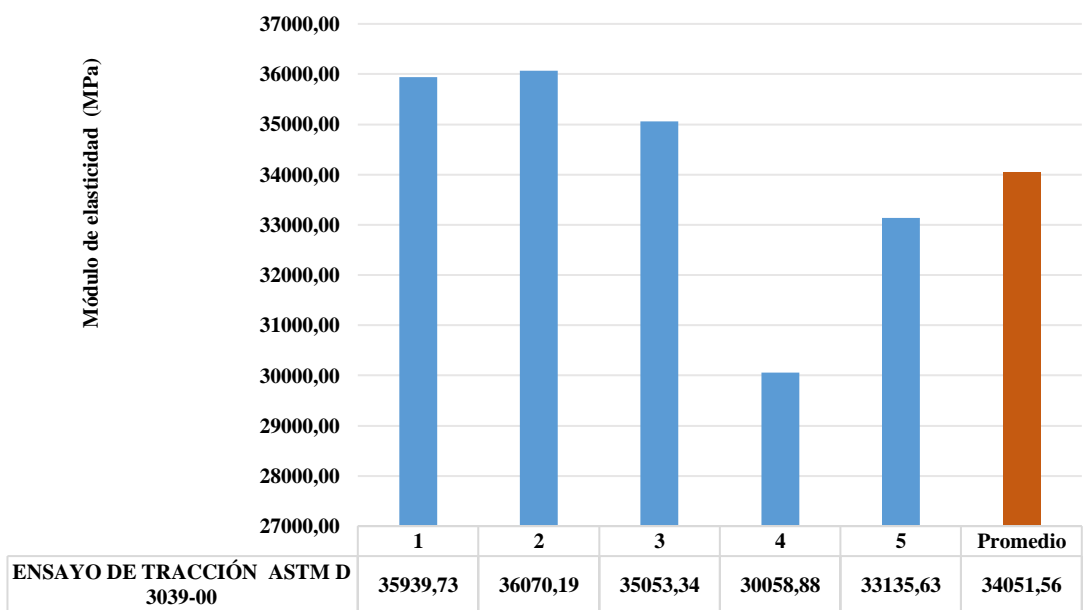
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE TRACCIÓN ASTM D 3039-00			
Datos informativos:			
Lugar:	Escuela Superior Politécnica del Ejército (ESPE)		
Fecha:	Sangolquí 27/1/2020		
Tipo de máquina:	Máquina de Ensayos Universales INSTRON de 20000 Lb		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FC=F. de Carbono FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	9
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	8 FC +1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Estratificación:	Al vacío
Dimensiones de la probeta (mm):	250*25	Curado:	Ambiente
Nº de Probetas:	5	Velocidad de ensayo:	10 mm/min
Espesor promedio (mm):	2,15	Temperatura:	20° C

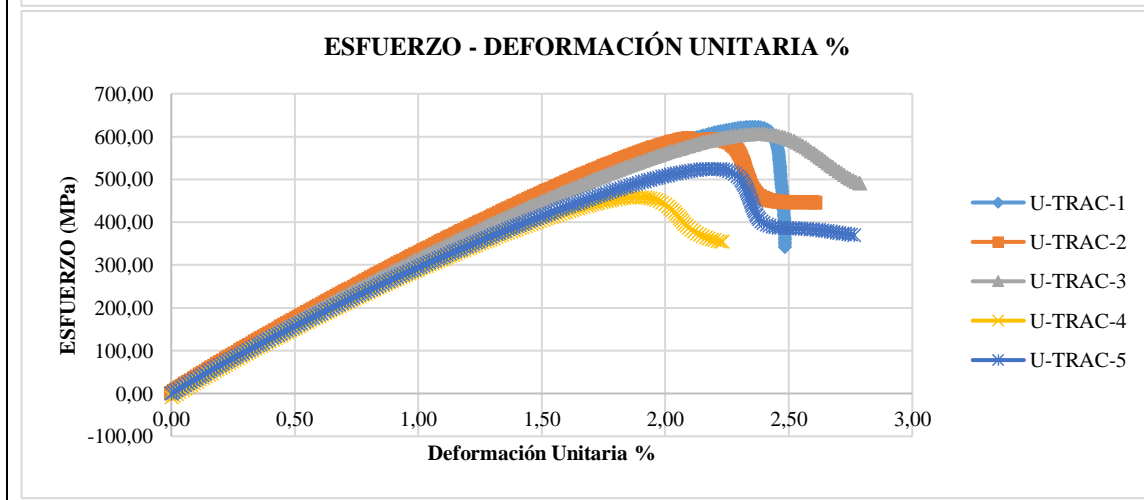
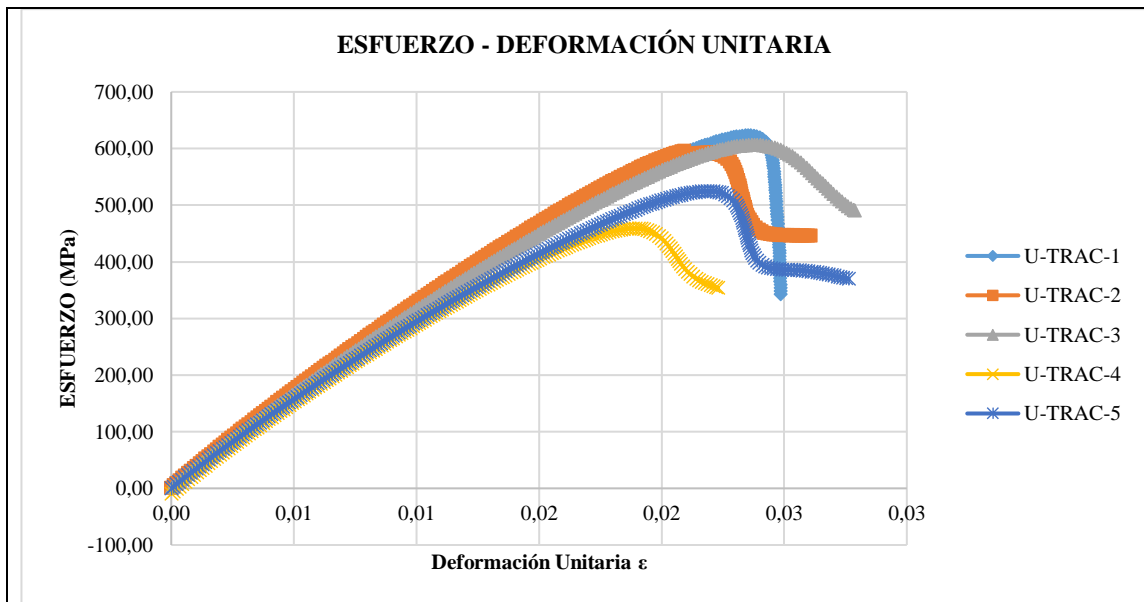
Tabulación de datos:					
Nº de Probeta	Carga máxima (N)	Esfuerzo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deformación a la ruptura (%)	Tipo de falla
1	32858,30	622,92	35939,73	2,35	GAT
2	31881,13	594,96	36070,19	2,09	LGM
3	32784,77	606,28	35053,34	1,67	GAT
4	25428,70	458,76	30058,88	1,88	GAT
5	29877,26	524,44	33135,63	2,19	GAT
Promedio:	30566,03	561,47	34051,56	2,04	-
Desviación estándar:	3113,42	68,60	2521,12	0,27	-
Fotografías del ensayo:					
					
Gráficas de resultados:					

Esfuerzo máximo de tracción(MPa)



Módulo de elasticidad (MPa)





Observaciones:

Evaluación:



Esfuerzo máximo a la tracción promedio (MPa) :	561,47
Módulo de elasticidad promedio (MPa):	34051,56
Espesor real promedio (mm):	2,15
Deformación a la ruptura (%):	2,04

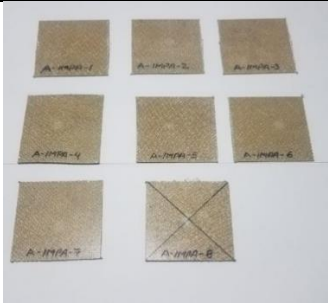
Fuente: Autor.

3.3 Datos de ensayos de impacto

Los ensayos a impacto que se presenta a continuación en las Tablas 57 a la Tabla 78 se los realizo mediante la norma ASTM D 5628-10 de cada uno de los casos propuestos para la investigación obteniéndose los siguientes datos:

Tabla 57. Ficha Técnica 45. Ensayo de impacto probeta 2 FV+2 FA +2 FC +1 FCo.



	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE IMPACTO ASTM D 5628-10			
Datos informativos:			
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM		
Fecha:	Ambato 11/11/2019		
Tipo de máquina:	Máquina tipo caída de masa de Impacto		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo: (sintéticas)	FV=F. de Vidrio FA =F. Aramida FC=F. de Carbono FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	7
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	2 FV+2 FA +2 FC +1 FCo

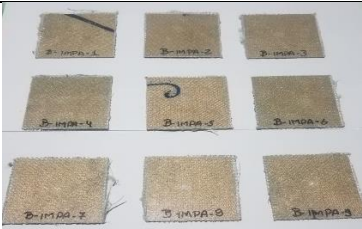
Orientación:	Según Tabla 8	Diámetro del dardo:	20 mm	
Dimensiones de la probeta (mm):	58*58	Masa del dardo:	0,2319 Kg	
N° de Probetas:	9	Geometría del dardo:	FE	
Espesor promedio (mm):	1,43	Temperatura:	20° C	
Tabulación de datos:				
N° de Probeta	Altura de lanzamiento (mm)	Coefficiente	Energía máxima al	Impacto (J)
Espesor (mm)				
1	1,31	400	0,009807	0,87
2	1,28	500	0,009807	0,98
3	1,34	600	0,009807	1,09
4	1,3	700	0,009807	1,31
5	1,33	800	0,009807	1,75
Promedio:	1,31	-	-	1,20
Fotografías del ensayo:				
				
Observaciones:				
<ul style="list-style-type: none"> • Se realizo nueve pruebas , tomandose cuenta para la ficha la quinta en la que se produjo la falla de la probeta. • No se causa una rotura total en las dos caras de la probeta. 				
Evaluación:				

Altura de falla (mm):	800
Energía máxima al impacto (J):	1,75
Energía promedio absorbido (J):	1,2

Fuente: Autor.



Tabla 58. Ficha Técnica 46 Ensayo de impacto probeta 3 FV+2 FA+2 FC +1 FCo

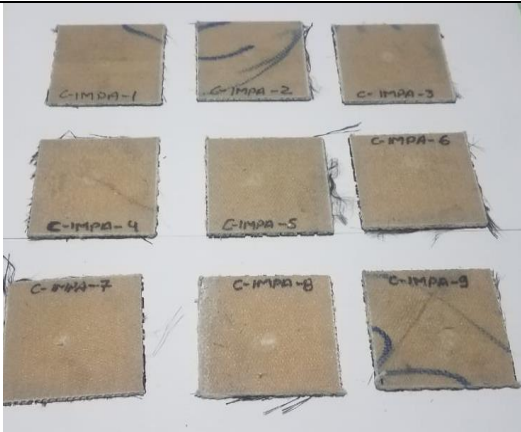
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE IMPACTO ASTM D 5628-10			
Datos informativos:			
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM		
Fecha:	Ambato 11/11/2019		
Tipo de máquina:	Máquina tipo caída de masa de Impacto		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FV=F. de Vidrio FA =F. Aramida FC=F. de Carbono FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	8
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	3 FV+2 FA+2 FC +1 FCo
Orientación:	Según Tabla 8	Diámetro del dardo:	20 mm

Dimensiones de la probeta (mm):	250*25	Masa del dardo:	0,2319 Kg	
N° de Probetas:	9	Geometría del dardo:	FE	
Espesor promedio (mm):	1,58	Temperatura:	20° C	
Tabulación de datos:				
N° de Probeta	Altura de lanzamiento (mm)	Coefficiente	Energía máxima al	Impacto (J)
Espesor (mm)				
1	1,46	500	0,009807	1,09
2	1,47	600	0,009807	1,31
3	1,52	700	0,009807	1,53
4	1,49	800	0,009807	1,75
5	1,49	900	0,009807	1,97
Promedio:	1,49	-	-	1,53
Fotografías del ensayo:				
				
Observaciones:				
<ul style="list-style-type: none"> • Se realizó nueve pruebas, tomándose en cuenta para la ficha la quinta en la que se produjo la falla de la probeta. • No se causa una rotura total en las dos caras de la probeta. 				
Evaluación:				
Altura de falla (mm):		900		
Energía máxima al impacto (J):		1,97		
Energía promedio absorbido (J):		1,53		

Fuente: Autor.



Tabla 59. Ficha Técnica 47 Ensayo de impacto probeta 2 FV+3 FA +2 FC +1 FCo.

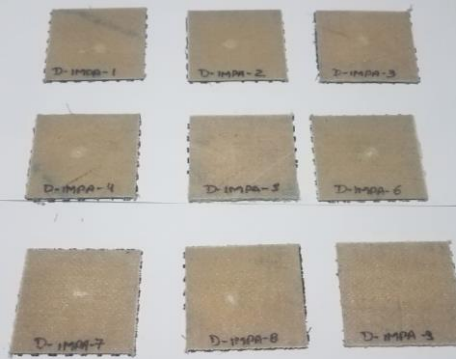
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE IMPACTO ASTM D 5628-10			
Datos informativos:			
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM		
Fecha:	Ambato 11/11/2019		
Tipo de máquina:	Máquina tipo caída de masa de Impacto		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FV=F. de Vidrio FA =F. Aramida FC=F. de Carbono FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	8
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	2 FV+3 FA +2 FC +1 FCo..
Orientación:	Según Tabla 8	Diámetro del dardo:	20 mm
Dimensiones de la probeta (mm):	58*58	Masa del dardo:	0,2319 Kg
Nº de Probetas:	9	Geometría del dardo:	FE

Espesor promedio (mm):	1,68	Temperatura:	20° C
Tabulación de datos:			
N° de Probeta Espesor (mm)	Altura de lanzamiento (mm)	Coefficiente	Energía máxima al Impacto (J)
1	58,77	600	0,009807
2	58,46	700	0,009807
3	58,73	800	0,009807
4	58,41	900	0,009807
5	59,01	1000	0,009807
Promedio:	58,68	-	-
Fotografías del ensayo:			
			
Observaciones:			
<ul style="list-style-type: none"> • Se realizó nueve pruebas, tomándose cuenta para la ficha la quinta en la que se produjo la falla de la probeta. • No se causa una rotura total en las dos caras de la probeta. 			
Evaluación:			
Altura de falla (mm):	1000		
Energía máxima al impacto (J):	2,19		
Energía promedio absorbido (J):	1,75		

Fuente: Autor.



Tabla 60. Ficha Técnica 48 Ensayo de impacto probeta 2 FV+2 FA +3 FC +1 FCo.

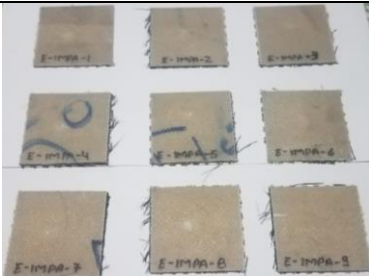
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE IMPACTO ASTM D 5628-10			
Datos informativos:			
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM		
Fecha:	Ambato 11/11/2019		
Tipo de máquina:	Máquina tipo caída de masa de Impacto		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FV=F. de Vidrio FA =F. Aramida FC=F. de Carbono FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	8
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	2 FV+2 FA +3 FC +1 FCo
Orientación:	Según Tabla 8	Diámetro del dardo:	20 mm
Dimensiones de la probeta (mm):	58*58	Masa del dardo:	0,2319 Kg
Nº de Probetas:	9	Geometría del dardo:	FE

Espesor promedio (mm):	1,45	Temperatura:	20° C	
Tabulación de datos:				
N° de Probeta Espesor (mm)	Altura de lanzamiento (mm)	Coefficiente	Energía máxima al	Impacto (J)
1	1,5	400	0,009807	1,70
2	1,49	450	0,009807	1,92
3	1,51	500	0,009807	2,13
4	1,52	550	0,009807	2,34
5	1,55	600	0,009807	2,55
Promedio:	1,51	-	-	2,13
Fotografías del ensayo:				
				
Observaciones:				
<ul style="list-style-type: none"> • Se realizó nueve pruebas, tomándose en cuenta para la ficha la quinta en la que se produjo la falla de la probeta. • Se utilizó un incremento de 0,211 kg en la masa aplicada. • No se causa una rotura total en las dos caras de la probeta. 				
Evaluación:				
Altura de falla (mm):			600	
Energía máxima al impacto (J):			2,55	
Energía promedio absorbido (J):			2,13	

Fuente: Autor



Tabla 61. Ficha Técnica 49 Ensayo de impacto probeta 3 FV+2 FA+3 FC +1 FCo.

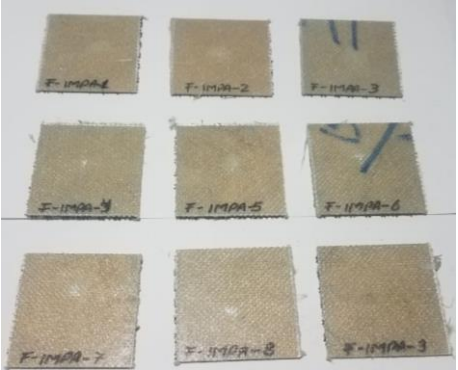
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE IMPACTO ASTM D 5628-10			
Datos informativos:			
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM		
Fecha:	Ambato 11/11/2019		
Tipo de máquina:	Máquina tipo caída de masa de Impacto		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FV=F. de Vidrio FA =F. Aramida FC=F. de Carbono FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	9
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	3 FV+2 FA +3 FC +1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Diámetro del dardo:	20 mm
Dimensiones de la probeta (mm):	58*58	Masa del dardo:	0,2319 Kg
Nº de Probetas:	9	Geometría del dardo:	FE

Espesor promedio (mm):	1,81	Temperatura:	20° C	
Tabulación de datos:				
N° de Probeta	Altura de lanzamiento (mm)	Coefficiente	Energía máxima al	Impacto (J)
Espesor (mm)			máxima al	
1	1,82	500	0,009807	2,13
2	1,78	550	0,009807	2,34
3	1,9	600	0,009807	2,55
4	1,78	700	0,009807	2,98
5	1,93	800	0,009807	3,40
Promedio:	1,84	-	-	2,68
Fotografías del ensayo:				
				
Observaciones:				
<ul style="list-style-type: none"> • Se realizo nueve pruebas , tomandose cuenta para la ficha la quinta en la que se produjo la falla de la probeta. • Se utilizo un incremento de 0,211 kg en la masa aplicada. • No se causa una rotura total en las dos caras de la probeta. 				
Evaluación:				
Altura de falla (mm):			800	
Energía máxima al impacto (J):			3,40	
Energía promedio absorbido (J):			2,68	

Fuente: Autor.



Tabla 62. Ficha Técnica 50 Ensayo de impacto probeta 3 FV+3 FA +2 FC +1 FCo.

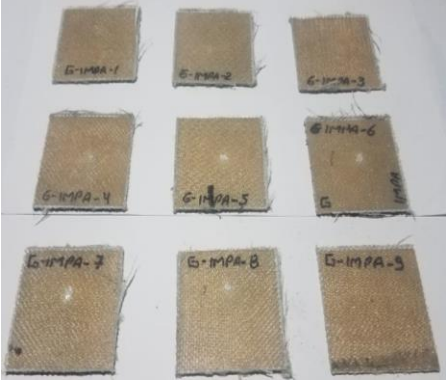
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE IMPACTO ASTM D 5628-10			
Datos informativos:			
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM)		
Fecha:	Ambato 11/11/2019		
Tipo de máquina:	Máquina tipo caída de masa de Impacto		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FV=F. de Vidrio FA =F. Aramida FC=F. de Carbono FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	9
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	3 FV+3 FA +2 FC +1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Diámetro del dardo:	20 mm
Dimensiones de la probeta (mm):	58*58	Masa del dardo:	0,2319 Kg
Nº de Probetas:	9	Geometría del dardo:	FE

Espesor promedio (mm):	1,86	Temperatura:	20° C
Tabulación de datos:			
N° de Probeta Espesor (mm)	Altura de lanzamiento (mm)	Coficiente	Energía máxima al Impacto (J)
1	1,9	500	0,009807
2	1,9	600	0,009807
3	1,87	700	0,009807
4	1,89	750	0,009807
5	1,91	800	3,40
Promedio:	1,89	-	-
Fotografías del ensayo:			
			
Observaciones:			
<ul style="list-style-type: none"> • Se realizo nueve pruebas , tomandose cuenta para la ficha la quinta en la que se produjo la falla de la probeta. • Se utilizo un incremento de 0,211 kg en la masa aplicada. • No se causa una rotura total en las dos caras de la probeta. 			
Evaluación:			
Altura de falla (mm):	800		
Energía máxima al impacto (J):	3,40		
Energía promedio absorbido (J):	2,85		

Fuente: Autor.



Tabla 63. Ficha Técnica 51 Ensayo de impacto probeta 2 FV+3 FA +3 FC +1 FCo.

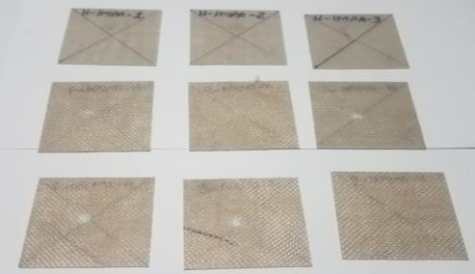
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE IMPACTO ASTM D 5628-10			
Datos informativos:			
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM		
Fecha:	Ambato 11/11/2019		
Tipo de máquina:	Máquina tipo caída de masa de Impacto		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FV=F. de Vidrio FA =F. Aramida FC=F. de Carbono FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	9
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	2 FV+3 FA +3 FC +1 FCo
Orientación:	Según Tabla 8	Diámetro del dardo:	20 mm
Dimensiones de la probeta (mm):	58*58	Masa del dardo:	0,2319 Kg
Nº de Probetas:	9	Geometría del dardo:	FE

Espesor promedio (mm):	1,89	Temperatura:	20° C	
Tabulación de datos:				
N° de Probeta	Altura de lanzamiento (mm)	Coficiente	Energía máxima al	Impacto (J)
Espesor (mm)			máxima al	
1	1,84	400	0,009807	1,70
2	1,95	500	0,009807	2,13
3	1,9	600	0,009807	2,55
4	1,87	700	0,009807	2,98
5	1,81	800	0,009807	3,40
Promedio:	1,87	-	-	2,55
Fotografías del ensayo:				
				
Observaciones:				
<ul style="list-style-type: none"> • Se realizo nueve pruebas , tomandose cuenta para la ficha la quinta en la que se produjo la falla de la probeta. • Se utilizo un incremento de 0,211 kg en la masa aplicada. • No se causa una rotura total en las dos caras de la probeta. 				
Evaluación:				
Altura de falla (mm):			800	
Energía máxima al impacto (J):			3,40	
Energía promedio absorbido (J):			2,55	

Fuente: Autor.



Tabla 64. Ficha Técnica 52 Ensayo de impacto probeta 6 FV+1 FCo.

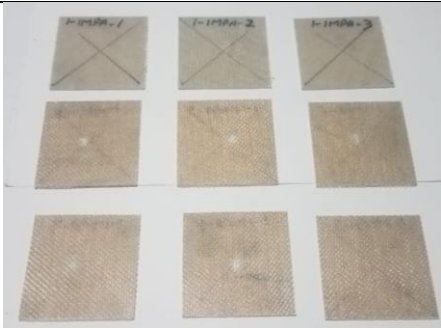
	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE IMPACTO ASTM D 5628-10			
Datos informativos:			
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM		
Fecha:	Ambato 11/11/2019		
Tipo de máquina:	Máquina tipo caída de masa de Impacto		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FV=F. de Vidrio FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	7
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	6 FV+1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Diámetro del dardo:	20 mm
Dimensiones de la probeta (mm):	58*58	Masa del dardo:	0,2319 Kg
Nº de Probetas:	9	Geometría del dardo:	FE
Espesor promedio (mm):	1,18	Temperatura:	20° C
Tabulación de datos:			

Nº de Probeta Espesor (mm)	Altura de lanzamiento (mm)	Coefficiente	Energía máxima al	Impacto (J)
1	1,2	500	0,009807	1,09
2	1,26	550	0,009807	1,20
3	1,21	600	0,009807	1,31
4	1,17	650	0,009807	1,42
5	1,11	700	0,009807	1,53
Promedio:	1,19	-	-	1,31
Fotografías del ensayo:				
				
Observaciones:				
<ul style="list-style-type: none"> • Se realizo nueve pruebas , tomandose cuenta para la ficha la quinta en la que se produjo la falla de la probeta. • Se utilizo un incremento de 0,223 kg en la masa aplicada. • No se causa una rotura total en las dos caras de la probeta. 				
Evaluación:				
Altura de falla (mm):			700	
Energía máxima al impacto (J):			1,53	
Energía promedio absorbido (J):			1,31	

Fuente: Autor.



Tabla 65. Ficha Técnica 53 Ensayo de impacto probeta 7 FV+1 FCo.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE IMPACTO ASTM D 5628-10			
Datos informativos:			
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM		
Fecha:	Ambato 11/11/2019		
Tipo de máquina:	Máquina tipo caída de masa de Impacto		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FV=F. de Vidrio FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	8
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	7 FV+1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Diámetro del dardo:	20 mm
Dimensiones de la probeta (mm):	58*58	Masa del dardo:	0,2319 Kg
Nº de Probetas:	9	Geometría del dardo:	FE
Espesor promedio (mm):	1,46	Temperatura:	20° C
Tabulación de datos:			

N° de Probeta Espesor (mm)	Altura de lanzamiento (mm)	Coefficiente	Energía máxima al	Impacto (J)
1	1,43	400	0,009807	0,87
2	1,55	500	0,009807	1,09
3	1,45	550	0,009807	1,20
4	1,58	600	0,009807	1,31
5	1,36	650	0,009807	1,42
Promedio:	1,47	-	-	1,18
Fotografías del ensayo:				
				
Observaciones:				
<ul style="list-style-type: none"> Se realizo nueve pruebas , tomandose cuenta para la ficha la cuarta en la que se produjo la falla de la probeta. 				
Evaluación:				
Altura de falla (mm):			650	
Energía máxima al impacto (J):			1,31	
Energía promedio absorbido (J):			1,18	

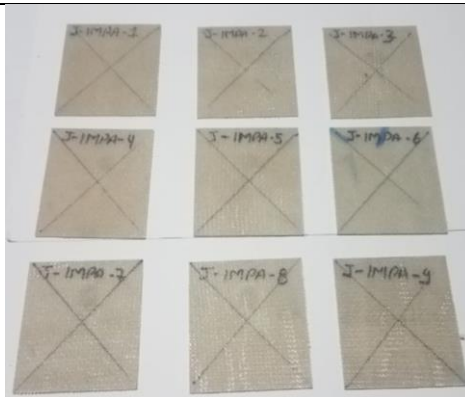
Fuente: Autor.

Tabla 66. Ficha Técnica 54 Ensayo de impacto probeta 7 FV+1 FCo.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE IMPACTO ASTM D 5628-10			
Datos informativos:			
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM		
Fecha:	Ambato 11/11/2019		
Tipo de máquina:	Máquina tipo caída de masa de Impacto		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FV=F. de Vidrio FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	8
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	7 FV+1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Diámetro del dardo:	20 mm
Dimensiones de la probeta (mm):	58*58	Masa del dardo:	0,2319 Kg
Nº de Probetas:	9	Geometría del dardo:	FE
Espesor promedio (mm):	1,35	Temperatura:	20° C
Tabulación de datos:			

N° de Probeta Espesor (mm)	Altura de lanzamiento (mm)	Coefficiente	Energía máxima al	Impacto (J)
1	1,36	500	0,009807	1,09
2	1,34	550	0,009807	1,20
3	1,26	600	0,009807	1,31
4	1,27	650	0,009807	1,42
5	1,37	700	0,009807	1,53
Promedio:	1,32	-	-	1,31

Fotografías del ensayo:



Observaciones:



- Se realizó nueve pruebas, tomándose en cuenta para la ficha la quinta en la que se produjo la falla de la probeta.
- No se causa una rotura total en las dos caras de la probeta.

Evaluación:

Altura de falla (mm):	700
Energía máxima al impacto (J):	1,53
Energía promedio absorbido (J):	1,31

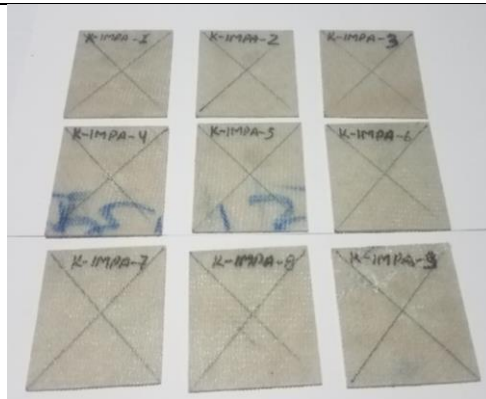
Fuente: Autor.

Tabla 67. Ficha Técnica 55 Ensayo de impacto probeta 8 FV+1 FCo.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE IMPACTO ASTM D 5628-10			
Datos informativos:			
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM		
Fecha:	Ambato 11/11/2019		
Tipo de máquina:	Máquina tipo caída de masa de Impacto		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FV=F. de Vidrio FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	9
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	8 FV+1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Diámetro del dardo:	20 mm
Dimensiones de la probeta (mm):	58*58	Masa del dardo:	0,2319 Kg
Nº de Probetas:	9	Geometría del dardo:	FE
Espesor promedio (mm):	1,47	Temperatura:	20° C
Tabulación de datos:			

N° de Probeta Espesor (mm)	Altura de lanzamiento (mm)	Coefficiente	Energía máxima al	Impacto (J)
1	1,56	650	0,009807	1,42
2	1,54	700	0,009807	1,53
3	1,6	750	0,009807	1,64
4	1,55	800	0,009807	1,75
5	1,57	900	0,009807	3,83
Promedio:	1,56	-	-	2,03

Fotografías del ensayo:



Observaciones:



- Se realizó nueve pruebas, tomándose en cuenta para la ficha la quinta en la que se produjo la falla de la probeta.
- Se utilizó un incremento de 0,211 kg en la masa aplicada.
- No se causa una rotura total en las dos caras de la probeta.

Evaluación:

Altura de falla (mm):	900
Energía máxima al impacto (J):	3,83
Energía promedio absorbido (J):	2,03

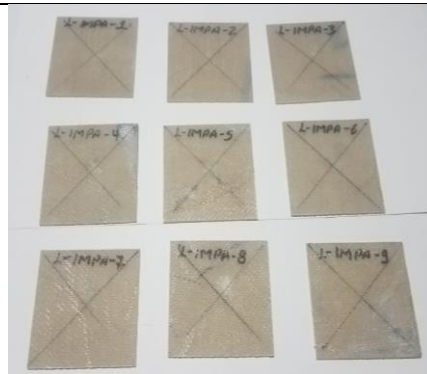
Fuente: Autor.

Tabla 68. Ficha Técnica 56. Ensayo de impacto probeta 8 FV+1 FCo.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE IMPACTO ASTM D 5628-10			
Datos informativos:			
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM		
Fecha:	Ambato 11/11/2019		
Tipo de máquina:	Máquina tipo caída de masa de Impacto		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FV=F. de Vidrio FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	9
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	8 FV+1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Diámetro del dardo:	20 mm
Dimensiones de la probeta (mm):	58*58	Masa del dardo:	0,2319 Kg
Nº de Probetas:	9	Geometría del dardo:	FE
Espesor promedio (mm):	1,65	Temperatura:	20° C
Tabulación de datos:			

N° de Probeta Espesor (mm)	Altura de lanzamiento (mm)	Coefficiente	Energía máxima al	Impacto (J)
1	1,51	300	0,009807	1,28
2	1,49	350	0,009807	1,49
3	1,53	400	0,009807	1,70
4	1,67	450	0,009807	1,92
5	1,68	500	0,009807	2,13
Promedio:	1,58			1,70

Fotografías del ensayo:



Observaciones:



- Se realizó nueve pruebas, tomándose en cuenta para la ficha la quinta en la que se produjo la falla de la probeta.
- Se utilizó un incremento de 0,211 kg en la masa aplicada.
- No se causa una rotura total en las dos caras de la probeta.

Evaluación:

Altura de falla (mm):	500
Energía máxima al impacto (J):	2,13
Energía promedio absorbido (J):	1,70

Fuente: Autor.

Tabla 69. Ficha Técnica 57 Ensayo de impacto probeta 6 FA +1 FCo.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE IMPACTO ASTM D 5628-10			
Datos informativos:			
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM		
Fecha:	Ambato 11/11/2019		
Tipo de máquina:	Máquina tipo caída de masa de Impacto		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FA =F. Aramida FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	7
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	6 FA +1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Diámetro del dardo:	20 mm
Dimensiones de la probeta (mm):	58*58	Masa del dardo:	0,2319 Kg
Nº de Probetas:	9	Geometría del dardo:	FE
Espesor promedio (mm):	1,94	Temperatura:	20° C
Tabulación de datos:			

N° de Probeta Espesor (mm)	Altura de lanzamiento (mm)	Coefficiente	Energía máxima al	Impacto (J)
1	1,91	500	0,009807	2,39
2	1,7	600	0,009807	2,87
3	1,91	700	0,009807	3,34
4	1,92	800	0,009807	3,82
5	1,86	900	0,009807	4,30
Promedio:	1,86			3,34

Fotografías del ensayo:



Observaciones:



- Se realizo nueve pruebas , tomandose encuesta para la ficha la segunda en la que se produjo la falla de la probeta.
- Se utilizo un incremento de 0,264 kg en la masa aplicada.
- No se causa una rotura total en las dos caras de la probeta.

Evaluación:

Altura de falla (mm):	600
Energía máxima al impacto (J):	2,87
Energía promedio absorbido (J):	3,34

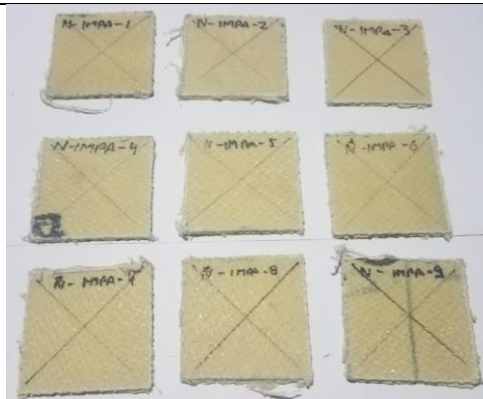
Fuente: Autor.

Tabla 70. Ficha Técnica 58 Ensayo de impacto probeta 7 FA +1 FCo.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE IMPACTO ASTM D 5628-10			
Datos informativos:			
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM		
Fecha:	Ambato 11/11/2019		
Tipo de máquina:	Máquina tipo caída de masa de Impacto		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FA =F. Aramida FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	8
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	7 FA +1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Diámetro del dardo:	20 mm
Dimensiones de la probeta (mm):	58*58	Masa del dardo:	0,2319 Kg
Nº de Probetas:	9	Geometría del dardo:	FE
Espesor promedio (mm):	2,38	Temperatura:	20° C
Tabulación de datos:			

N° de Probeta Espesor (mm)	Altura de lanzamiento (mm)	Coefficiente	Energía máxima al	Impacto (J)
1	2,21	400	0,009807	1,91
2	2,38	500	0,009807	2,39
3	2,28	600	0,009807	2,87
4	2,69	700	0,009807	3,34
5	2,48	800	0,009807	3,82
Promedio:	2,41	-	-	2,87

Fotografías del ensayo:



Observaciones:



- Se realizó nueve pruebas, tomándose cuenta para la ficha la quinta en la que se produjo la falla de la probeta.
- Se utilizó un incremento de 0,264 kg en la masa aplicada.
- No se causa una rotura total en las dos caras de la probeta.

Evaluación:

Altura de falla (mm):	800
Energía máxima al impacto (J):	3,83
Energía promedio absorbido (J):	2,87

Fuente: Autor.

Tabla 71. Ficha Técnica 59 Ensayo de impacto probeta 7 FA +1 FCo.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE IMPACTO ASTM D 5628-10			
Datos informativos:			
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM		
Fecha:	Ambato 11/11/2019		
Tipo de máquina:	Máquina tipo caída de masa de Impacto		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FA =F. Aramida FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	8
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	7 FA +1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Diámetro del dardo:	20 mm
Dimensiones de la probeta (mm):	58*58	Masa del dardo:	0,2319 Kg
Nº de Probetas:	9	Geometría del dardo:	FE
Espesor promedio (mm):	2,32	Temperatura:	20° C
Tabulación de datos:			

Nº de Probeta Espesor (mm)	Altura de lanzamiento (mm)	Coefficiente	Energía máxima al	Impacto (J)
1	2,43	500	0,009807	2,39
2	2,51	600	0,009807	2,87
3	2,42	700	0,009807	3,34
4	2,81	800	0,009807	3,82
5	2,25	900	0,009807	4,30
Promedio:	2,48	-	-	3,34

Fotografías del ensayo:



Observaciones:



- Se realizó nueve pruebas, tomándose en cuenta para la ficha la quinta en la que se produjo la falla de la probeta.
- Se utilizó un incremento de 0,264 kg en la masa aplicada.
- No se causa una rotura total en las dos caras de la probeta.

Evaluación:

Altura de falla (mm):	900
Energía máxima al impacto (J):	4,30
Energía promedio absorbido (J):	3,34

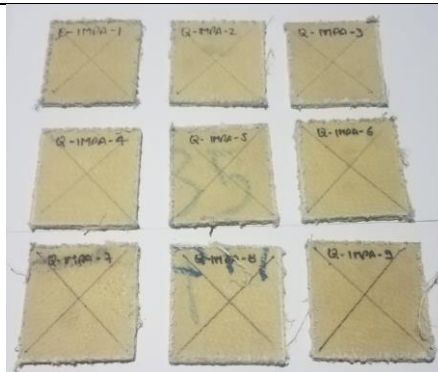
Fuente: Autor.

Tabla 72. Ficha Técnica 60 Ensayo de impacto probeta 8 FA +1 FCo.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE IMPACTO ASTM D 5628-10			
Datos informativos:			
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM		
Fecha:	Ambato 11/11/2019		
Tipo de máquina:	Máquina tipo caída de masa de Impacto		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FA =F. Aramida FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	9
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	8 FA +1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Diámetro del dardo:	20 mm
Dimensiones de la probeta (mm):	58*58	Masa del dardo:	0,2319 Kg
N° de Probetas:	9	Geometría del dardo:	FE
Espesor promedio (mm):	2,56	Temperatura:	20° C
Tabulación de datos:			

Nº de Probeta Espesor (mm)	Altura de lanzamiento (mm)	Coefficiente	Energía máxima al	Impacto (J)
1	2,78	300	0,009807	1,43
2	2,87	400	0,009807	1,91
3	2,74	500	0,009807	2,39
4	2,62	600	0,009807	2,87
5	2,91	700	0,009807	3,34
Promedio:	2,78	-	-	2,39

Fotografías del ensayo:



Observaciones:



- Se realizó nueve pruebas, tomándose en cuenta para la ficha la quinta en la que se produjo la falla de la probeta.
- Se utilizó un incremento de 0,264 kg en la masa aplicada.
- No se causó una rotura total en las dos caras de la probeta.

Evaluación:

Altura de falla (mm):	700
Energía máxima al impacto (J):	3,34
Energía promedio absorbido (J):	2,39

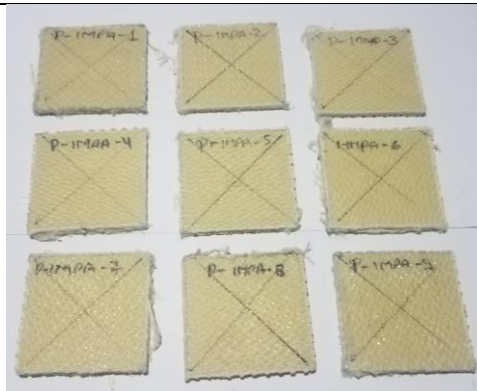
Fuente: Autor.

Tabla 73. Ficha Técnica 61 Ensayo de impacto probeta 8 FA +1 FCo.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE IMPACTO ASTM D 5628-10			
Datos informativos:			
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM		
Fecha:	Ambato 11/11/2019		
Tipo de máquina:	Máquina tipo caída de masa de Impacto		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FA =F. Aramida FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	9
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	8 FA +1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Diámetro del dardo:	20 mm
Dimensiones de la probeta (mm):	58*58	Masa del dardo:	0,2319 Kg
N° de Probetas:	9	Geometría del dardo:	FE
Espesor promedio (mm):	2,91	Temperatura:	20° C
Tabulación de datos:			

N° de Probeta Espesor (mm)	Altura de lanzamiento (mm)	Coefficiente	Energía máxima al	Impacto (J)
1	2,77	700	0,009807	3,34
2	2,82	800	0,009807	3,82
3	2,79	900	0,009807	4,30
4	2,81	1000	0,009807	4,78
5	2,5	1100	0,009807	5,81
Promedio:	2,74	-	-	4,41

Fotografías del ensayo:



Observaciones:



- Se realizó nueve pruebas, tomándose en cuenta para la ficha la quinta en la que se produjo la falla de la probeta.
- Se utilizó un incremento de 0,316 kg en la masa aplicada.
- No se causa una rotura total en las dos caras de la probeta.

Evaluación:

Altura de falla (mm):	1100
Energía máxima al impacto (J):	5,81
Energía promedio absorbido (J):	4,41

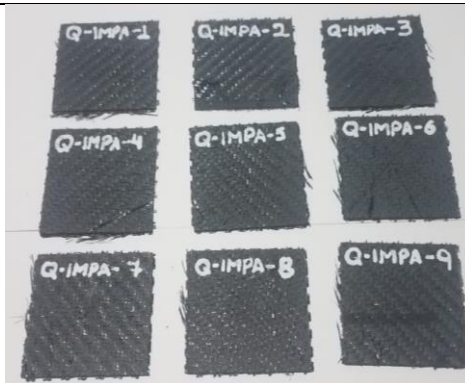
Fuente: Autor.

Tabla 74. Ficha Técnica 62 Ensayo de impacto probeta 6 C. +1 FCo.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE IMPACTO ASTM D 5628-10			
Datos informativos:			
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM		
Fecha:	Ambato 11/11/2019		
Tipo de máquina:	Máquina tipo caída de masa de Impacto		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FC=F. de Carbono FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	7
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	6 C. +1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Diámetro del dardo:	20 mm
Dimensiones de la probeta (mm):	58*58	Masa del dardo:	0,2319 Kg
Nº de Probetas:	9	Geometría del dardo:	FE
Espesor promedio (mm):	1,34	Temperatura:	20° C
Tabulación de datos:			

N° de Probeta Espesor (mm)	Altura de lanzamiento (mm)	Coefficiente	Energía máxima al	Impacto (J)
1	1,32	600	0,009807	1,31
2	1,34	700	0,009807	1,53
3	1,41	800	0,009807	1,75
4	1,41	900	0,009807	1,97
5	1,33	1000	0,009807	2,19
Promedio:	1,36	-	-	1,75

Fotografías del ensayo:



Observaciones:



- Se realizó nueve pruebas, tomándose en cuenta para la ficha la quinta en la que se produjo la falla de la probeta.
- No se causa una rotura total en las dos caras de la probeta.

Evaluación:

Altura de falla (mm):	1000
Energía máxima al impacto (J):	2,19
Energía promedio absorbido (J):	1,75

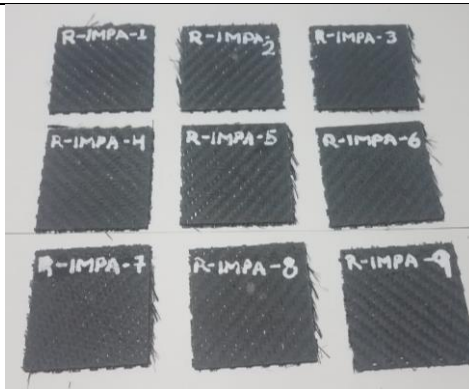
Fuente: Autor.

Tabla 75. Ficha Técnica 63. Ensayo de impacto probeta 7 FC+1 FCo.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE IMPACTO ASTM D 5628-10			
Datos informativos:			
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM		
Fecha:	Ambato 11/11/2019		
Tipo de máquina:	Máquina tipo caída de masa de Impacto		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FC=F. de Carbono FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	8
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	7 FC+1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Diámetro del dardo:	20 mm
Dimensiones de la probeta (mm):	58*58	Masa del dardo:	0,2319 Kg
Nº de Probetas:	9	Geometría del dardo:	FE
Espesor promedio (mm):	1,74	Temperatura:	20° C
Tabulación de datos:			

Nº de Probeta Espesor (mm)	Altura de lanzamiento (mm)	Coefficiente	Energía máxima al	Impacto (J)
1	1,67	600	0,009807	1,31
2	1,67	700	0,009807	1,53
3	1,63	800	0,009807	1,75
4	1,75	900	0,009807	1,97
5	1,69	1000	0,009807	2,19
Promedio:	1,68	-	-	1,75

Fotografías del ensayo:



Observaciones:



- Se realizó nueve pruebas, tomándose en cuenta para la ficha la quinta en la que se produjo la falla de la probeta.
- No se causa una rotura total en las dos caras de la probeta.

Evaluación:

Altura de falla (mm):	1000
Energía máxima al impacto (J):	2,19
Energía promedio absorbido (J):	1,75

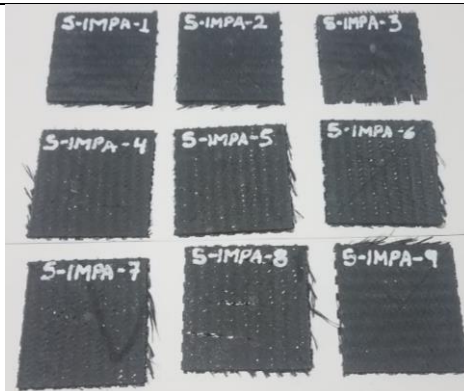
Fuente: Autor.

Tabla 76. Ficha Técnica 64 Ensayo de impacto probeta 7 FC +1 FCo.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE IMPACTO ASTM D 5628-10			
Datos informativos:			
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM		
Fecha:	Ambato 11/11/2019		
Tipo de máquina:	Máquina tipo caída de masa de Impacto		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FC=F. de Carbono FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	8
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	7 FC +1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Diámetro del dardo:	20 mm
Dimensiones de la probeta (mm):	58*58	Masa del dardo:	0,2319 Kg
Nº de Probetas:	9	Geometría del dardo:	FE
Espesor promedio (mm):	1,69	Temperatura:	20° C
Tabulación de datos:			

N° de Probeta Espesor (mm)	Altura de lanzamiento (mm)	Coefficiente	Energía máxima al	Impacto (J)
1	1,75	600	0,009807	2,04
2	1,77	700	0,009807	2,38
3	1,64	800	0,009807	2,71
4	1,72	900	0,009807	3,05
5	1,68	1000	0,009807	3,39
Promedio:	1,71	-	-	2,71

Fotografías del ensayo:



Observaciones:



- Se realizo nueve pruebas , tomandose cuenta para la ficha la quinta en la que se produjo la falla de la probeta.
- Se utilizo un incremento de 0,123 kg en la masa aplicada.
- No se causa una rotura total en las dos caras de la probeta.

Evaluación:

Altura de falla (mm):	1000
Energía máxima al impacto (J):	3,39
Energía promedio absorbido (J):	2,71

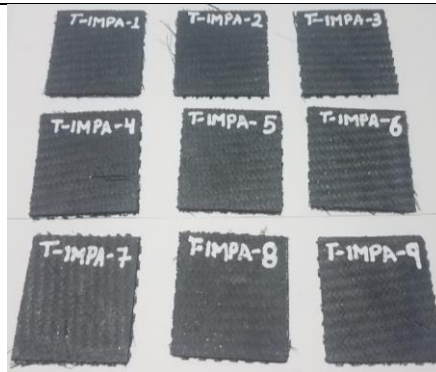
Fuente: Autor.

Tabla 77. Ficha Técnica 65 Ensayo de impacto probeta 8 FC +1 FCo.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE IMPACTO ASTM D 5628-10			
Datos informativos:			
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM		
Fecha:	Ambato 11/11/2019		
Tipo de máquina:	Máquina tipo caída de masa de Impacto		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FC=F. de Carbono FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	9
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	8 FC +1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Diámetro del dardo:	20 mm
Dimensiones de la probeta (mm):	58*58	Masa del dardo:	0,2319 Kg
Nº de Probetas:	9	Geometría del dardo:	FE
Espesor promedio (mm):	1,9	Temperatura:	20° C
Tabulación de datos:			

N° de Probeta Espesor (mm)	Altura de lanzamiento (mm)	Coefficiente	Energía máxima al	Impacto (J)
1	1,77	500	0,009807	1,87
2	1,79	600	0,009807	2,24
3	1,94	700	0,009807	2,62
4	1,93	800	0,009807	2,99
5	1,88	900	0,009807	3,36
Promedio:	1,86	-	-	2,62

Fotografías del ensayo:



Observaciones:



- Se realizó nueve pruebas, tomándose en cuenta para la ficha la quinta en la que se produjo la falla de la probeta.
- Se utilizó un incremento de 0,158 kg en la masa aplicada.
- No se causó una rotura total en las dos caras de la probeta.

Evaluación:

Altura de falla (mm):	900
Energía máxima al impacto (J):	3,36
Energía promedio absorbido (J):	2,62

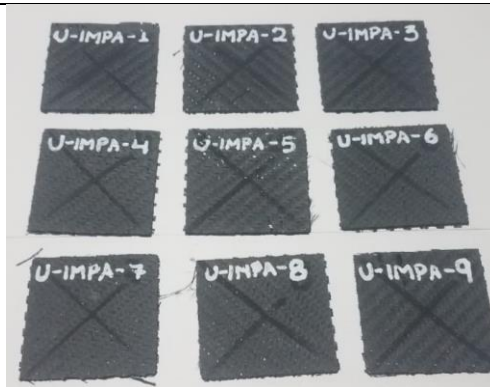
Fuente: Autor.

Tabla 78. Ficha Técnica 66. Ensayo de impacto probeta 8 FC +1 FCo.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
Ficha de recolección de datos			
ENSAYO DE IMPACTO ASTM D5628-10			
Datos informativos:			
Lugar:	Laboratorio de Materiales Universidad Técnica de Ambato FICM		
Fecha:	Ambato 11/11/2019		
Tipo de máquina:	Máquina tipo caída de masa de Impacto		
Realizó: Sr. Vinicio Silva	Revisó: Ing. Juan Paredes	Aprobó: Ing. Juan Paredes	
Parámetros de ensayo:			
Matriz:	Resina Epoxi	Código de ensayo:	-
Refuerzo:	FC=F. de Carbono FCo=F. de Cobre.	Número de capas:	9
Configuración:	Tejido	Orden de capas:	8 FC +1 FCo.
Orientación:	Según Tabla 8	Diámetro del dardo:	20 mm
Dimensiones de la probeta (mm):	58*58	Masa del dardo:	0,2319 Kg
Nº de Probetas:	9	Geometría del dardo:	FE
Espesor promedio (mm):	2,15	Temperatura:	20° C
Tabulación de datos:			

Nº de Probeta Espesor (mm)	Altura de lanzamiento (mm)	Coefficiente	Energía máxima al	Impacto (J)
1	2,12	600	0,009807	2,55
2	2,13	700	0,009807	2,98
3	2,12	800	0,009807	3,40
4	2,12	900	0,009807	3,83
5	2,07	1000	0,009807	4,26
Promedio:	2,11	-	-	3,40

Fotografías del ensayo:



Observaciones:

- Se realizo nueve pruebas , tomandose cuenta para la ficha la quinta en la que se produjo la falla de la probeta.
- Se utilizo un incremento de 0,211 kg en la masa aplicada.
- No se causa una rotura total en las dos caras de la probeta.

Evaluación:

Altura de falla (mm):	1000
Energía máxima al impacto (J):	4,26
Energía promedio absorbido (J):	3,40

Fuente: Autor.

3.4 Interpretación de resultados.

En la Tabla 79 se muestra los resultados de los 22 casos sometidos a pruebas de tracción, flexión e impacto, se tomó el promedio de los casos estudiados.

Tabla 79. Resultados de pruebas mecánicas.

DENOMINACIÓN DE LA PROBETA	ENSAYO DE TRACCIÓN			ENSAYO DE FLEXIÓN			ENSAYO DE IMPACTO
	ESFUERZO DE TRACCIÓN (MPa)	MÓDULO DE ELASTICIDAD (MPa)	DEFORMACIÓN A LA RUPTURA (%)	ESFUERZO DE FLEXIÓN (MPa)	MODULO DE FLEXIÓN (MPa)	DEFLEXIÓN (mm)	ENERGÍA MAXIMA AL IMPACTO (J)
A	452,07	28735,63	2,14	315,49	21188,41	3,78	1,75
B	458,19	30114,58	2,13	287,87	16608,45	3,77	1,97
C	429,62	24520,18	2,16	389,51	21246,88	4,18	2,19
D	513,84	32729,55	2,09	355,03	18558	4,34	2,55
E	418,67	29174,41	2,13	343,72	16841,15	3,85	3,40
F	370,91	26827,76	2,06	298,24	5053,29	3,14	3,40
G	416,73	29448,1	2,12	301,95	17299,09	3,10	3,40
H	278,77	16421,94	2,28	310,75	8565,38	7,02	1,53
I	177,57	12646,04	2,07	240,04	12216,91	4,66	1,31
J	244,4	15386,94	2,39	340,06	10757,41	6,79	1,53
K	243,38	15446,22	2,22	271,46	11223,93	6,05	3,83
L	255,9	16883,47	1,92	396,46	13815,57	6,35	2,13
M	243,3	20971,9	2,61	124,48	7981,09	8,29	2,87
N	206,31	12258,22	2,56	164,89	8514,68	11,01	3,83
Ñ	295,02	15723,35	2,57	130,98	6052,24	9,86	4,30

O	360,45	16235,68	3,12	213,88	4783,94	6,27	3,34
P	330,58	15791,96	2,88	138	4549,17	8,14	5,81
Q	681,6	43385,51	1,98	430,96	18199,48	4,09	2,19
R	406,6	28441,55	1,81	428,56	29723,55	2,88	2,19
S	639,57	37835,55	2,13	453,94	30894,31	3,02	3,39
T	501,83	34495,22	1,91	435,47	21974,49	3,36	3,36
U	561,47	34051,56	2,04	343,14	20923,3	2,75	4,26

Fuente: Autor.

3.5 Mejores resultados.

De los datos obtenidos mediante los ensayos a tracción se agrupo los datos como en la Tabla 79 y se procedió a ordenar de mayor a menor valor teniendo encuenta que el esfuerzo a la tracción y módulo de elasticidad sea el valor mayo y en el porcentaje a la ruptura sea de menor valor.

3.5.1 Mejores resultados de Ensayo a Tracción se los indica en la Tabla 80,81 y 82.

Tabla 80. Valores altos en esfuerzo a tracción.

DENOMINACIÓN	ESFUERZO DE TRACCIÓN(MPa)
Q	681,6
S	639,57
U	561,47
D	513,84
T	501,83

Fuente: Autor

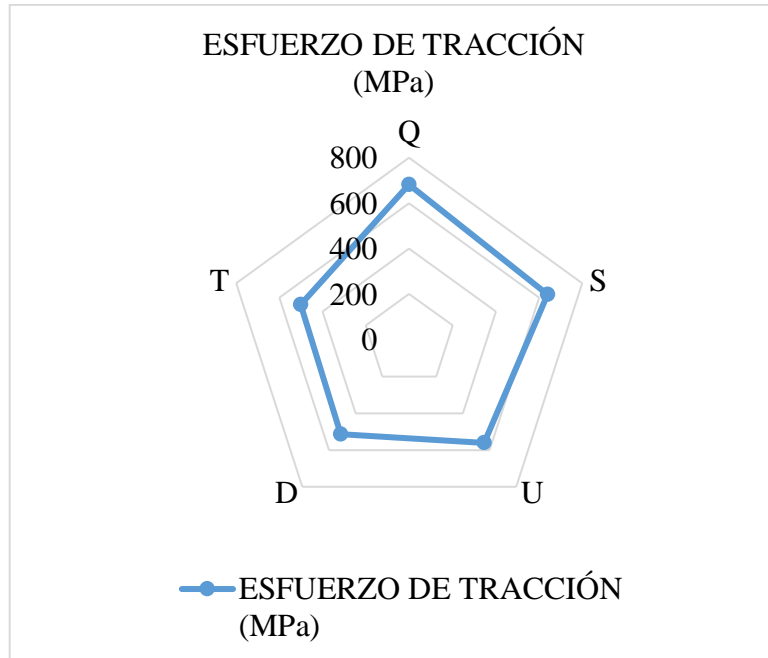


Figura 10. Diagrama de araña de esfuerzo a la tracción de los 5 valores altos.

Fuente: Autor

Tabla 81. Valores altos de módulo de elasticidad.

DENOMINACIÓN	MÓDULO DE ELASTICIDAD (MPa)
Q	43385,51
S	37835,55
T	34495,22
U	34051,56
D	32729,55

Fuente: Autor

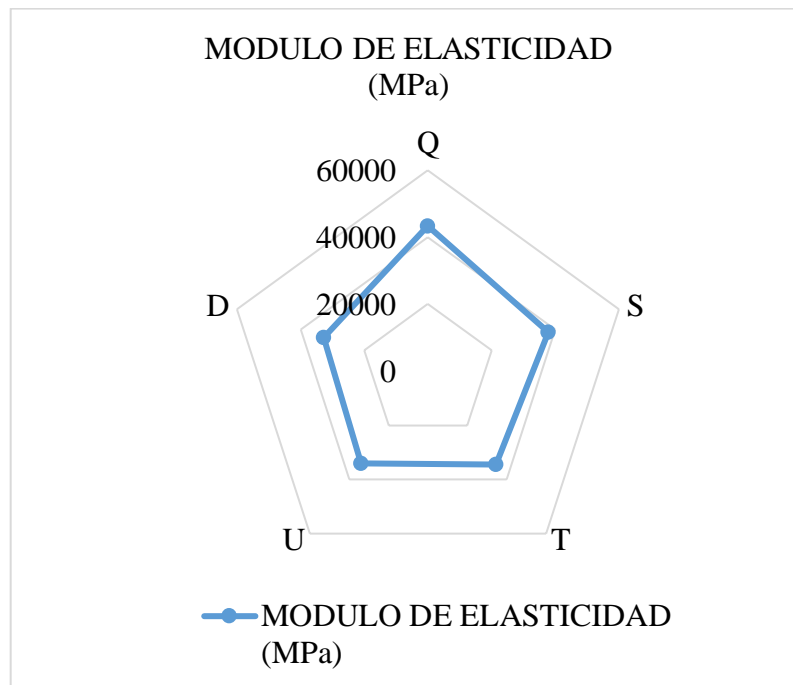


Figura 11. Diagrama de araña de módulo de elasticidad de los 5 valores altos.
Fuente: Autor

Tabla 82. Valores menores de deformación a la ruptura.

DENOMINACIÓN	DEFORMACIÓN A LA RUPTURA (%)
R	1,81
T	1,91
L	1,92
Q	1,98
U	2,04

Fuente: Autor

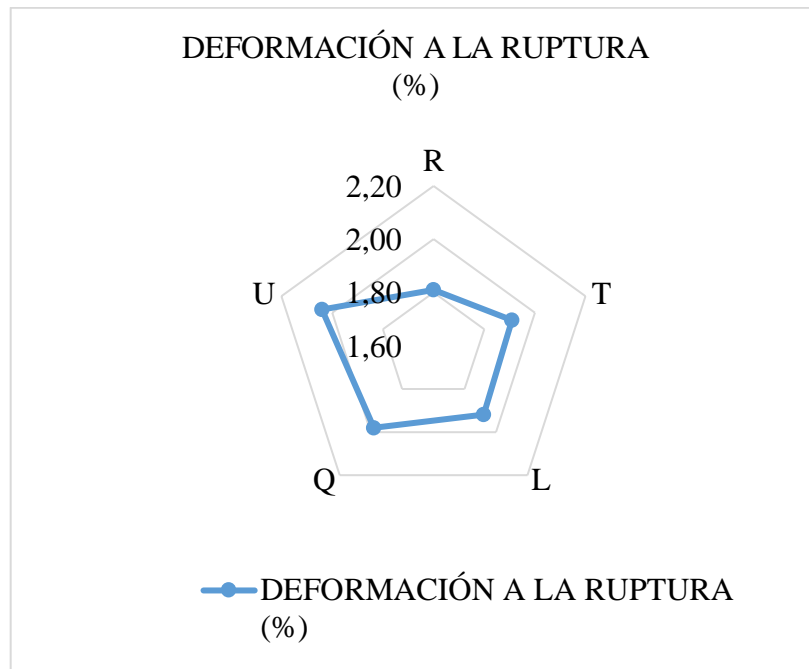


Figura 12. Diagrama de araña de deformación a la ruptura de los 5 valores bajos.
Fuente: Autor

3.5.2 Mejores resultados de Ensayo a flexión se los muestra en la Tabla 83,84 y 85.

Tabla 83. Valores altos en esfuerzo a tracción.

DENOMINACIÓN	ESFUERZO DE FLEXIÓN (MPa)
S	453,94
T	435,47
Q	430,96
R	428,56
L	396,46

Fuente: Autor

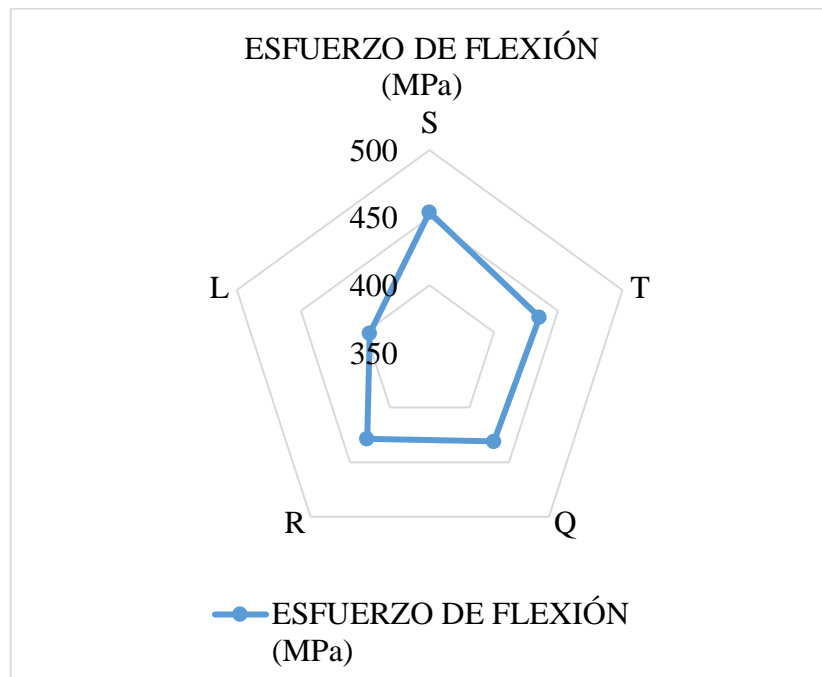


Figura 13. Diagrama de araña de esfuerzo de flexión de los 5 valores altos.
Fuente: Autor

Tabla 84. Valores altos de módulos de flexión.

DENOMINACIÓN	MÓDULO DE FLEXIÓN (MPa)
S	30894,31
R	29723,55
T	21974,49
C	21246,88
A	21188,41

Fuente: Autor

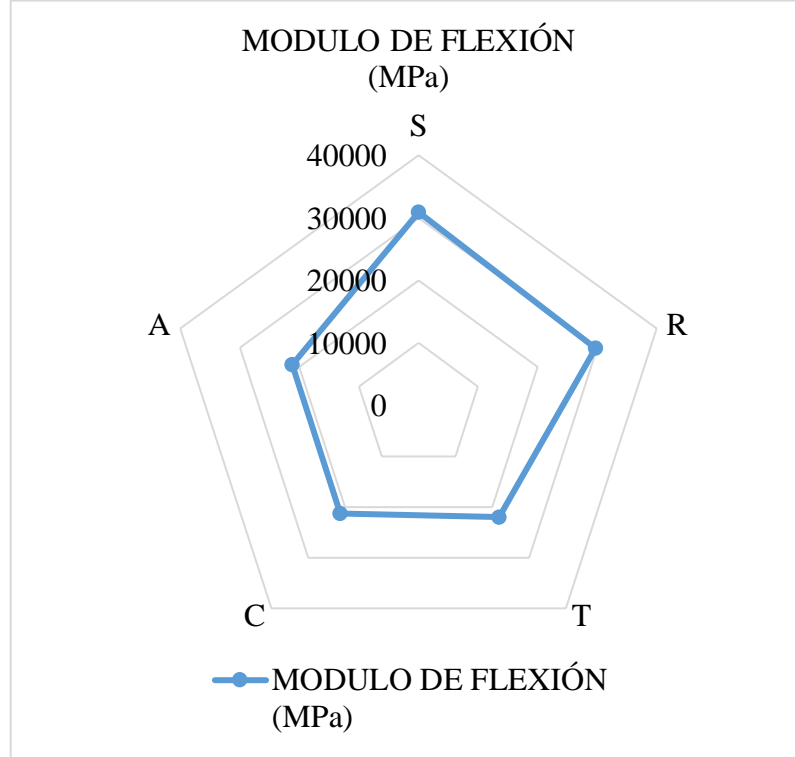


Figura 14. Diagrama de araña del módulo de flexión de los 5 valores altos
Fuente: Autor

Tabla 85. Valores menores de deflexión.

DENOMINACIÓN	DEFLEXIÓN (mm)
U	2,75
R	2,88
S	3,02
G	3,10
F	3,14

Fuente: Autor

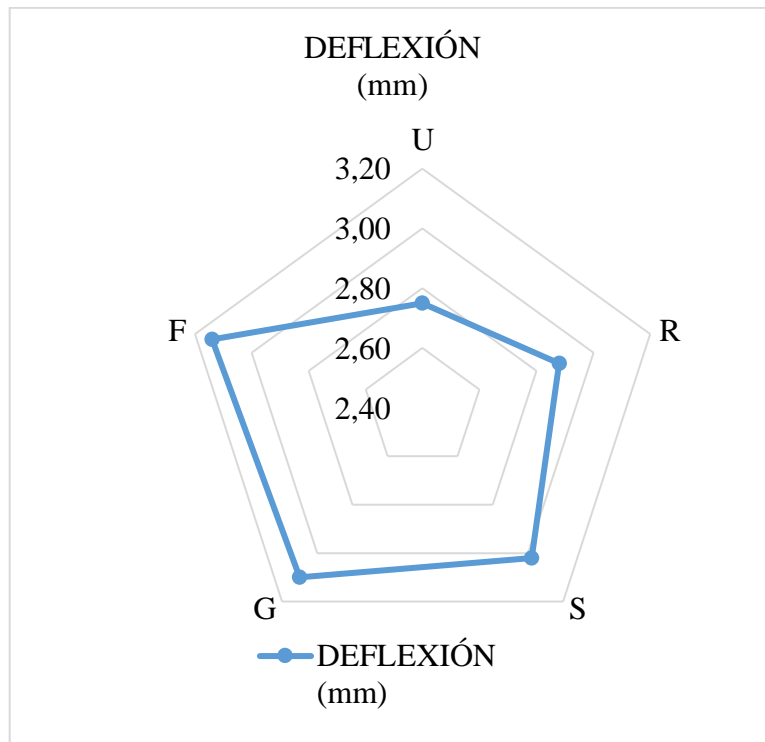


Figura 15. Diagrama de araña de deflexión de los 5 valores bajos.
Fuente: Autor

3.5.3 Mejores resultados de Ensayo de Impacto se los indica en la Tabla 86.

Tabla 86. Valores altos de energía de impacto.

DENOMINACIÓN	ENERGÍA MÁXIMA AL IMPACTO (J)
P	5,81
Ñ	4,30
U	4,26
K	3,83
N	3,83

Fuente: Autor

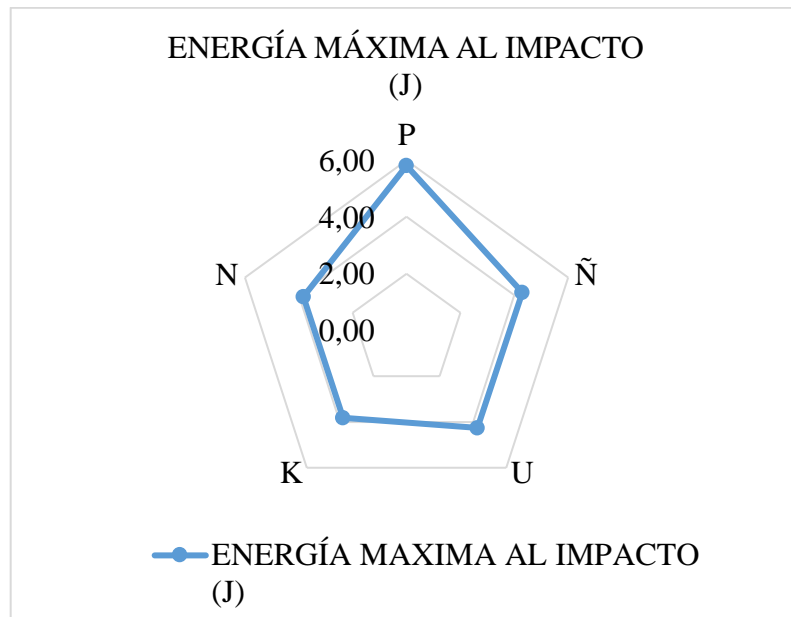


Figura 16. Diagrama de araña de energía máxima al impacto de los 5 valores altos.
Fuente: Autor

3.5.4 Resultados de ensayos se los muestra en la Figura 17 con un diagrama de araña

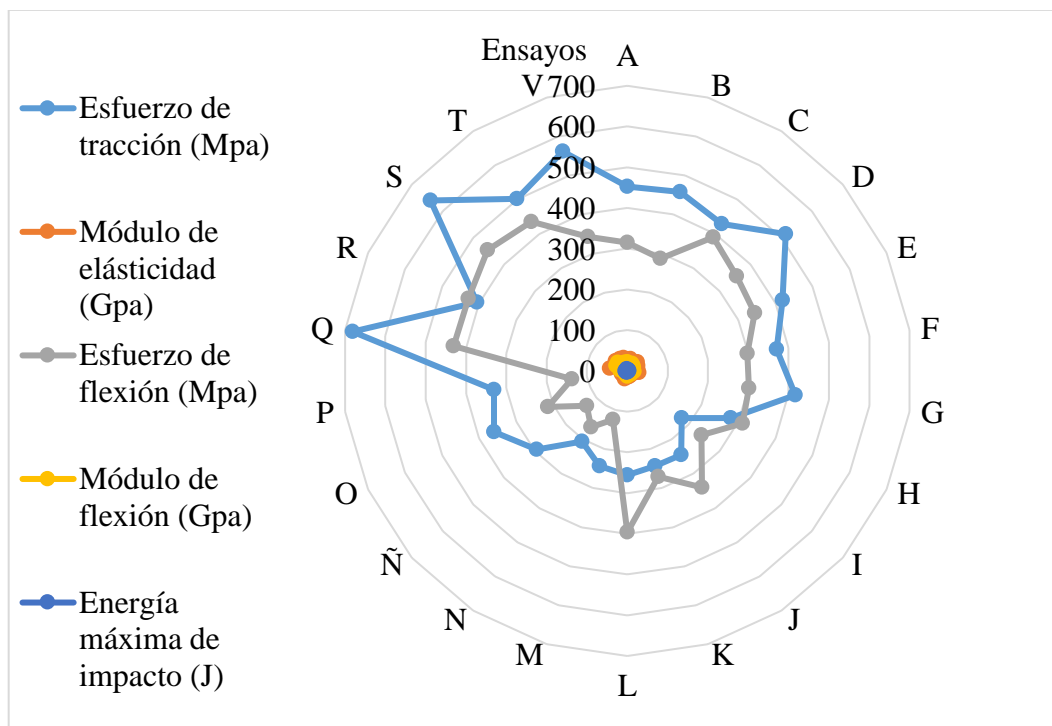


Figura 17. Diagrama de araña de los ensayos.
Fuente: Autor

3.6 Verificación de Hipótesis

La hipótesis planteada “La variación de los parámetros de configuración del material compuesto alternativo de matriz epoxi reforzada con fibras sintéticas mejorara las propiedades mecánicas en las superficies de vuelo de las aeronaves del CID-FAE” en este estudio experimental se ve sujeta a un estudio de diseño de experimentos donde encaja en el estudio de diseño completamente al azar, teniendo las muestras, se clasificó en factores de acuerdo a la orientación y el número de capas teniendo una matriz muy extensa por la cantidad de niveles.

Un diseño que involucró todo el grupo de parámetros en un solo factor analizable de manera eficiente es el DCA “Diseño completamente al azar”, en el que tenemos un factor de 22 niveles, y cada nivel tiene las características específicas de la combinación de parámetros (orientación, capas, fibra), se evidencia la eficiencia del método por los altos coeficientes de determinación R^2 aplicando una deseabilidad compuesta entre todos los casos propuestos para obtener la mejor combinación con propiedades mecánicas.

La deseabilidad global de esta investigación se la muestra en la Tabla 87 y Figura 18 donde la deseabilidad calcula de manera igual las respuestas sean estas máximas o mínimas dependiendo el requerimiento en las propiedades del material para establecer una respuesta.

Tabla 87. Matriz de diseño para la deseabilidad global.

CONFIG	DESEABILIDAD
A	0.421672907
B	0.424853265
C	0.451513747
D	0.510783206
E	0.49737228
F	0.389259094
G	0.492654168
H	0.237832191
I	0.129146869
J	0.227818079
K	0.307093022
L	0.303360352
M	0.258428134

N	0.181441007
Ñ	0.237526579
O	0.198460336
P	0.230139201
Q	0.578280327
R	0.522473258
S	0.671325622
T	0.605104918
U	0.612697919

Fuente: Autor

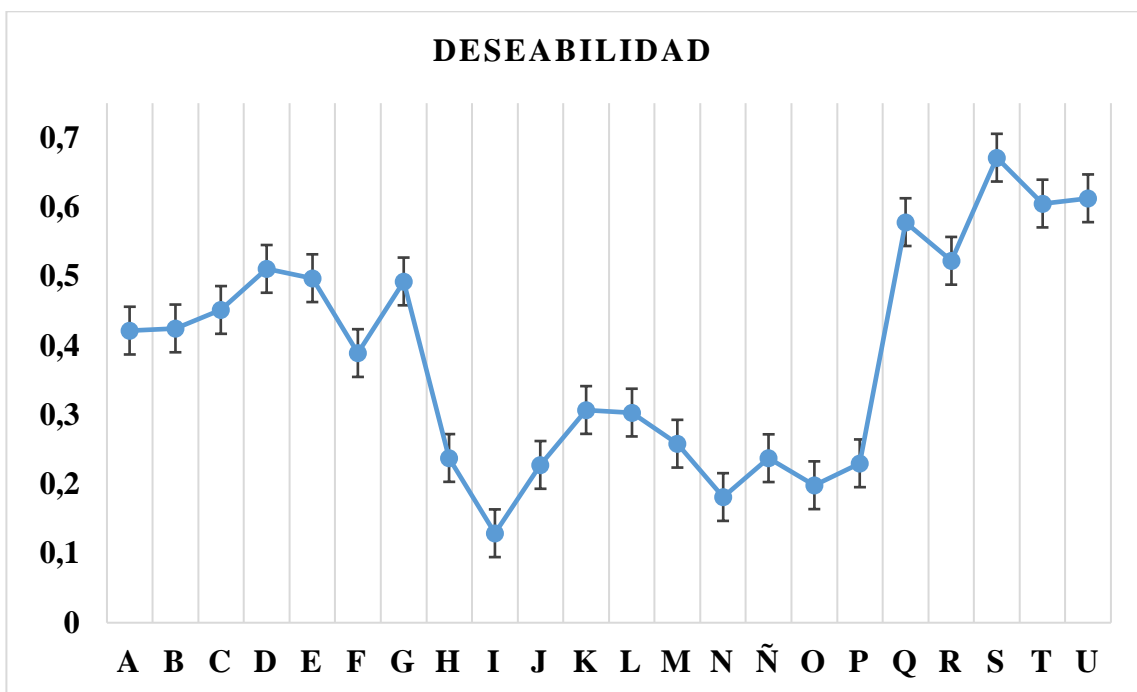


Figura 18. Deseabilidad global

Fuente: Minitab® Statistical Software

Según se establece en la tabla de la deseabilidad Tabla 87, se evidencia que por medio del diseño completamente al azar el material que presenta mejores propiedades mecánicas es el caso S compuesto de fibra de carbono con 6 capas a 0° , 1 a 135° y 1 capa de cobre a 0° .

CAPÍTULO IV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El presente trabajo experimental ocupó una metodología estadística basando en diseño de experimentos con un diseño completamente al azar DCA donde los factores más importantes para esta investigación fueron la orientación y número de capas para determinar la mejor configuración de los casos propuestos para el material compuesto alternativo de matriz epoxi con fibras sintéticas para las aeronaves del CID-FAE.
- La configuración del material alternativo que mayor satisface propiedades mecánicas se encuentra compuesto por 6 fibras de carbono a 0° , 1 fibra de carbono a 135° y 1 fibra de cobre a 0° con Esfuerzo a la tracción de 639.57 MPa, Esfuerzo a la flexión de 453.94 MPa y Energía de impacto de 3.39 J.
- Se analizó los materiales compuestos alternativos con factores y niveles que modifican las propiedades mecánicas siendo factor de entrada el número de capas y niveles (7,8 u 9) y su orientación y sus niveles (0° , 45° o 135°) determinando que incide más en las propiedades mecánicas la orientación de la capa en comparación con el número de las mismas.
- El caso óptimo del presente estudio determinó que el caso con denominación S compuesta por 6 fibras de carbono a 0° , 1 a 135° y 1 fibra de cobre a 0° es el caso óptimo para utilizar en las aeronaves de la CID-FAE.
- El caso óptimo donde se incorpora los tres tipos de refuerzos fibra de vidrio, aramida y carbono es el caso con denominación D compuesto por 2 fibras de vidrio a 0° , 2 fibras de aramida a 0° , 2 fibras de carbono a 0° , 1 fibra de carbono a 45° y 1 fibra de cobre a 45° con un esfuerzo a tracción de 513.84 MPa, esfuerzo a la flexión de 355,03 MPa y una energía de impacto de 2.55 J.

4.2 Recomendaciones

- Impórtate tener en cuenta las recomendaciones de mezcla de la resina aeropoxy con el catalizar impuesta por la CID-FAE.
- Colocar bloques que establezcan un peso sobre las probetas al momento de estar en el proceso de vacío para obtener una mejor compactación de todas las fibras.
- Utilizar equipos de protección personal al momento de elaborar las probetas ya que la resina es toxica y perjudicial para la salud.
- Elaborar las probetas con supervisión de una persona calificada para la manipulación de la resina.
- Limpiar los instrumentos en el mismo instante de terminar de elaborar las probetas con thinner.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] P. D. Mazón Ortiz, «Repositorio Universidad Tecnica de Ambato,» Septiembre 2018. [En línea]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/28763>. [Último acceso: 2020].
- [2] M. D. Telenchana Flores, «Repositorio Universidad Tecnica de Ambato,» Enero 2020. [En línea]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/30654>. [Último acceso: 2020].
- [3] O. A. Navarro Garcia y A. A. Ramírez Zambrano, «Repositorio Universidad Autonoma del Caribe,» 2014. [En línea]. Available: <http://repositorio.uac.edu.co/handle/123456789/804>. [Último acceso: 2020].
- [4] S. S. Pacha Guashco, «Repositorio Universidad Tecnica de Ambato,» Octubre 2016. [En línea]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25128>. [Último acceso: 2020].
- [5] P. H. Vilañez Espinoza, «Repositorio de la Univerdidad de Fuerzas Armadas ESPE,» Enero 2020. [En línea]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/21656>. [Último acceso: 2020].
- [6] A. D. Jácome León , «Repositorio Universidad Tecnica de Ambata,» Abril 2015. [En línea]. Available: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/10373>. [Último acceso: 2020].
- [7] M. M. Escobar, «nanotubos.com,» 2020. [En línea]. Available: <http://www.nanotubo.com.ar/materiales-compuestos.php>. [Último acceso: 2020].
- [8] J. G. Paredes Salinas, «Repositorio Univeridad Tecnica de Ambato,» 2012. [En línea]. Available: <https://url2.cl/KmbMg>. [Último acceso: 2020].
- [9] A. O. Jácome Aguiño, «Repositorio Univerdidad Tecnica de Ambato,» Abril 2015. [En línea]. Available: <https://url2.cl/1Fabh>. [Último acceso: 2020].
- [10] C. N. Acosta Benavides, «Repositorio Universidad Tecnica de Ambato,» Agosto 2018. [En línea]. Available: <https://url2.cl/BhiQ3>. [Último acceso: 2020].
- [11] C. E. Izurieta Gerrero, «Repositorio Universidad Tecnica de Anbato,» Octubre 2017. [En línea]. Available: <https://url2.cl/cy4vm>. [Último acceso: 2020].

- [12] E. F. Lalaleo Galarza, «Repositorio Universidad Tecnica de Ambato,» Noviembre 2016. [En línea]. Available: <https://url2.cl/mwdbW>. [Último acceso: 2020].
- [13] G. A. Iza Tutillo, «Repositorio Univerdidad Tecnica de Ambato,» Julio 2017. [En línea]. Available: <https://url2.cl/tnm7c>. [Último acceso: 2020].
- [14] C. M. Sailema Moyolema, «Repositorio Universidad Tecnica de Ambato,» Mayo 2017. [En línea]. Available: <https://url2.cl/vfpqU>. [Último acceso: 2020].
- [15] ISR, «ISRCER,» 23 12 2017. [En línea]. Available: <https://url2.cl/R5sNm>. [Último acceso: 15 5 2019].

ANEXOS

Factura del pedido: 100674615388

OnTheHub <noreply@kivuto.com>

Mié 5/2/2020 11:09

Para: Paredes Salinas Juan Gilberto <jgparedes@uta.edu.ec>

** Este es un mensaje automático - por favor, no responda ya que no recibirá respuesta. **



Estimado Juan Paredes:

Gracias por el pedido.

Todos los detalles sobre su pedido, incluido cualquier clave del producto, código de activación o vínculo de descarga necesarios (si es el caso), están disponibles en su tienda web en [Su cuenta/Pedidos](#).

Si es redirigido a la página de inicio de sesión interna de su organización, tendrá que iniciar sesión con las credenciales proporcionadas por su organización.

Resumen de pedido

Información del pedido

Número de pedido: 100674615388
Fecha del pedido: 2020-02-05 10:36
Hora estándar del Este

Nombre: Juan Paredes
Correo electrónico: jgparedes@uta.edu.ec
Tarjeta de crédito: Visa *****9264
Esta transacción puede reflejarse como "estore.onthehub.com" en su estado de su cuenta.

Dirección de facturación

Juan Paredes
Av. Chasquis y Guayllabamba
Camino real y león febres cordero
Ambato
Ecuador

Ítems (Todos los precios están en Dólares estadounidenses)

[Vea los detalles para recuperar los artículos de su pedido.](#)

	Cantidad	Precio unitario	Importe
1. Minitab 19 for Windows (Multilanguage) (12-Month Rental) - Descargar	1	\$49.99	\$49.99
2. Extended Access Guarantee (24 months)	1	\$5.95	\$5.95
		Subtotal:	\$55.94
		Impuestos:	--
		Total:	\$55.94

Asegúrese de que toda la información listada a continuación sea correcta y guarde esta factura para su registro.

Si tiene alguna pregunta, consulte la [página de Ayuda de la tienda web](#).

Gracias,
[OnTheHub](#)



Designation: D 3039/D 3039M – 00^{e1}

Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials¹

This standard is issued under the fixed designation D 3039/D 3039M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (e) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

^{e1} NOTE —Eq. 5 was revised editorially in December 2002.

1. Scope

1.1 This test method determines the in-plane tensile properties of polymer matrix composite materials reinforced by high-modulus fibers. The composite material forms are limited to continuous fiber or discontinuous fiber-reinforced composites in which the laminate is balanced and symmetric with respect to the test direction.

1.2 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. Within the text, the inch-pound units are shown in brackets. The values stated in each system are not exact equivalents; therefore, each system must be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in nonconformance with the standard.

1.3 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

- D 792 Test Methods for Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement²
- D 883 Terminology Relating to Plastics²
- D 2584 Test Method for Ignition Loss of Cured Reinforced Resins³
- D 2734 Test Method for Void Content of Reinforced Plastics³
- D 3171 Test Methods for Constituent Content of Composites Materials⁴
- D 3878 Terminology for Composite Materials⁴
- D 5229/D 5229M Test Method for Moisture Absorption Properties and Equilibrium Conditioning of Polymer Matrix Composite Materials⁴
- E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines²
- E 6 Terminology Relating to Methods of Mechanical Testing⁵
- E 83 Practice for Verification and Classification of Extensometers⁵

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D30 on Composite Materials and is the direct responsibility of Subcommittee D30.04 on Lamina and Laminate Test Methods.

² *Annual Book of ASTM Standards*, Vol 03.01. ⁶
Annual Book of ASTM Standards, Vol 14.02.

E 111 Test Method for Young's Modulus, Tangent Modulus, and Chord Modulus⁵

E 122 Practice for Choice of Sample Size to Estimate a Measure of Quality for a Lot or Process⁶

E 132 Test Method for Poisson's Ratio at Room Temperature⁵

E 177 Practice for Use of the Terms Precision and Bias in ASTM Test Methods⁶

E 251 Test Methods for Performance Characteristics of

Metallic Bonded Resistance Strain Gages⁵

E 456 Terminology Relating to Quality and Statistics⁶

E 691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method⁶

E 1012 Practice for Verification of Specimen Alignment Under Tensile Loading⁵

E 1237 Guide for Installing Bonded Resistance Strain Gages⁵

3. Terminology

3.1 *Definitions*—Terminology D 3878 defines terms relating to high-modulus fibers and their composites. Terminology D 883 defines terms relating to plastics. Terminology E 6 defines terms relating to mechanical testing. Terminology E 456 and Practice E 177 define terms relating to statistics. In the event of a conflict between terms, Terminology D 3878 shall have precedence over the other standards.

3.2 Definitions of Terms Specific to This Standard:

NOTE—If the term represents a physical quantity, its analytical dimensions are stated immediately following the term (or letter symbol) in fundamental dimension form, using the following ASTM standard symbology for fundamental

Current edition approved April 10, 2000. Published July 2000. Originally published as D 3039 – 71T. Last previous edition D 3039 – 95 a. ²

Annual Book of ASTM Standards, Vol 08.01. ³

Annual Book of ASTM Standards, Vol 08.02. ⁴

Annual Book of ASTM Standards, Vol 15.03.

Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States.

dimensions, shown within square brackets: [M] for mass, [L] for length, [T] for time, [Q] for thermodynamic temperature, and [nd] for nondimensional quantities. Use of these symbols is restricted to analytical dimensions when used with square brackets, as the symbols may have other definitions when used without the brackets.

3.2.1 *nominal value, n*—a value, existing in name only, assigned to a measurable property for the purpose of convenient designation. Tolerances may be applied to a nominal value to define an acceptable range for the property.

3.2.2 *transition region, n*—a strain region of a stress-strain or strain-strain curve over which a significant

change in the slope of the curve occurs within a small strain range.

3.2.3 *transition strain, $e^{transition}$ [nd], n*—the strain value at the mid range of the transition region between the two essentially linear portions of a bilinear stress-strain or strain-strain curve.

3.2.3.1 *Discussion*—Many filamentary composite materials show essentially bilinear behavior during loading, such as seen in plots of either longitudinal stress versus longitudinal strain or transverse strain versus long longitudinal strain. There are varying physical reasons for the existence of a transition region. Common examples include: matrix cracking under tensile loading and ply delamination.

3.3 Symbols:

- 3.3.1 A —minimum cross-sectional area of a coupon.
- 3.3.2 B_y —percent bending for a uniaxial coupon of rectangular cross section about y axis of the specimen (about the narrow direction).
- 3.3.3 B_z —percent bending for a uniaxial coupon of rectangular cross section about z axis of the specimen (about the wide direction).
- 3.3.4 CV —coefficient of variation statistic of a sample population for a given property (in percent).
- 3.3.5 E —modulus of elasticity in the test direction.
- 3.3.6 F^{tu} —ultimate tensile strength in the test direction.
- 3.3.7 F^{su} —ultimate shear strength in the test direction.
- 3.3.8 h —coupon thickness.
- 3.3.9 L_g —extensometer gage length.
- 3.3.10 L_{min} —minimum required bonded tab length.
- 3.3.11 n —number of coupons per sample population.
- 3.3.12 P —load carried by test coupon.
- 3.3.13 P^f —load carried by test coupon at failure.
- 3.3.14 P^{max} —maximum load carried by test coupon before failure.
- 3.3.15 s_{n-1} —standard deviation statistic of a sample population for a given property.
- 3.3.16 w —coupon width.
- 3.3.17 x_i —test result for an individual coupon from the sample population for a given property.
- 3.3.18 \bar{x} —mean or average (estimate of mean) of a sample population for a given property.
- 3.3.19 d —extensional displacement.
- 3.3.20 e —general symbol for strain, whether normal strain or shear strain.
- 3.3.21 e —indicated normal strain from strain transducer or extensometer.

3.3.22 s —normal stress.

3.3.23 ν —Poisson's ratio.

4. Summary of Test Method

4.1 A thin flat strip of material having a constant rectangular cross section is mounted in the grips of a mechanical testing machine and monotonically loaded in tension while recording load. The ultimate strength of the material can be determined from the maximum load carried before failure. If the coupon strain is monitored with strain or displacement transducers then the stress-strain response of the material can be determined, from which the ultimate tensile strain, tensile modulus of elasticity, Poisson's ratio, and transition strain can be derived.

5. Significance and Use

5.1 This test method is designed to produce tensile property data for material specifications, research and development, quality assurance, and structural design and analysis. Factors that influence the tensile response and should therefore be reported include the following: material, methods of material preparation and lay-up, specimen stacking sequence, specimen preparation, specimen conditioning, environment of testing, specimen alignment and gripping, speed of testing, time at temperature, void content, and volume percent reinforcement. Properties, in the test direction, which may be obtained from this test method include the following:

5.1.1 Ultimate tensile strength,

5.1.2 Ultimate tensile strain,

5.1.3 Tensile chord modulus of elasticity,

5.1.4 Poisson's ratio, and

5.1.5 Transition strain.

6. Interferences

6.1 *Material and Specimen Preparation*—Poor material fabrication practices, lack of control of fiber alignment, and damage induced by improper coupon machining are known causes of high material data scatter in composites.

6.2 *Gripping*—A high percentage of grip-induced failures, especially when combined with high material data scatter, is an indicator of specimen gripping problems. Specimen gripping methods are discussed further in 7.2.4, 8.2, and 11.5.

6.3 *System Alignment*—Excessive bending will cause premature failure, as well as highly inaccurate modulus of elasticity determination. Every effort should be made to eliminate excess bending from the test system. Bending may occur as a result of misaligned grips or from specimens themselves if improperly installed in the grips or out-of-tolerance caused by poor specimen preparation. If there is any doubt as to the alignment inherent in a given test machine, then the alignment should be checked as discussed in 7.2.5.

6.4 *Edge Effects in Angle Ply Laminates*—Premature failure and lower stiffnesses are observed as a result of edge softening in laminates containing off-axis plies. Because of this, the strength and modulus for angle ply laminates can be drastically underestimated. For quasi-isotropic laminates containing significant 0° plies, the effect is not as significant.

7. Apparatus

7.1 *Micrometers*—A micrometer with a 4- to 5-mm [0.16 to 0.20-in] nominal diameter double-ball interface shall be used to measure the thickness of the specimen. A micrometer with a flat anvil interface shall be used to measure the width of the specimen. The accuracy of the instruments shall be suitable for reading to within 1 % of the sample width and thickness. For typical specimen geometries, an instrument with an accuracy of 62.5 μm [60.0001 in.] is adequate for thickness measurement, while an instrument with an accuracy of 625 μm [60.001 in.] is adequate for width measurement.

7.2 *Testing Machine*—The testing machine shall be in conformance with Practices E 4 and shall satisfy the following requirements:

7.2.1 *Testing Machine Heads*—The testing machine shall have both an essentially stationary head and a movable head.

7.2.2 *Drive Mechanism*—The testing machine drive mechanism shall be capable of imparting to the

movable head a controlled velocity with respect to the stationary head. The velocity of the movable head shall be capable of being regulated as specified in 11.3.

7.2.3 *Load Indicator*—The testing machine load-sensing device shall be capable of indicating the total load being carried by the test specimen. This device shall be essentially free from inertia lag at the specified rate of testing and shall indicate the load with an accuracy over the load range(s) of interest of within 61 % of the indicated value. The load range(s) of interest may be fairly low for modulus evaluation, much higher for strength evaluation, or both, as required.

NOTE 1—Obtaining precision load data over a large range of interest in the same test, such as when both elastic modulus and ultimate load are being determined, place extreme requirements on the load cell and its calibration. For some equipment, a special calibration may be required. For some combinations of material and load cell, simultaneous precision measurement of both elastic modulus and ultimate strength may not be possible and measurement of modulus and strength may have to be performed in separate tests using a different load cell range for each test.

7.2.4 *Grips*—Each head of the testing machine shall carry one grip for holding the test specimen so that the direction of load applied to the specimen is coincident with the longitudinal axis of the specimen. The grips shall apply sufficient lateral pressure to prevent slippage between the grip face and the coupon. If tabs are used the grips should be long enough that they overhang the beveled portion of the tab by approximately 10 to 15 mm [0.5 in.]. It is highly desirable to use grips that are rotationally self-aligning to minimize bending stresses in the coupon.

NOTE 2—Grip surfaces that are lightly serrated, approximately 1 serration/mm [25 serrations/in.], have been found satisfactory for use in wedge-action grips when kept clean and sharp; coarse serrations may produce grip-induced failures in untabbed coupons. Smooth gripping surfaces have been used successfully with either hydraulic grips or an emery cloth interface, or both.

7.2.5 *System Alignment*—Poor system alignment can be a major contributor to premature failure, to elastic property data scatter, or both. Practice E 1012 describes bending evaluation guidelines and describes potential sources of misalignment during tensile testing. In addition to Practice E 1012, the degree of bending in a tensile system can also be evaluated using the following related procedure. Specimen bending is considered separately in 11.6.1.

7.2.5.1 A rectangular alignment coupon, preferably similar in size and stiffness to the test specimen of interest, is instrumented with a minimum of three longitudinal strain gages of similar type, two on the front face across the width and one on the back face of the specimen, as shown in Fig. 1. Any difference in indicated strain between these gages during loading provides a measure of the amount of bending in the thickness plane (B_y) and width plane (B_z) of the coupon. The strain gage location should normally be located in the middle of the coupon gage section (if modulus determination is a concern), near a grip (if premature grip failures are a problem), or any combination of these areas.

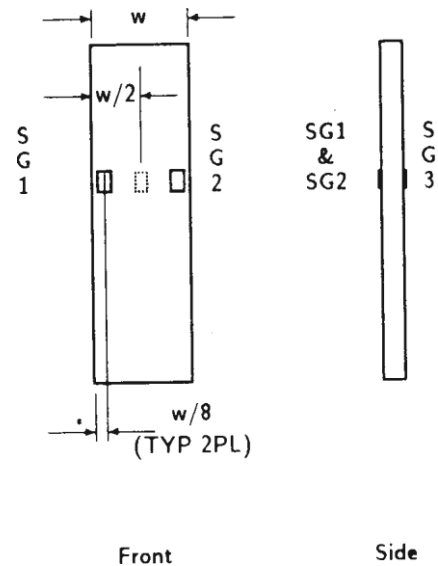


FIG. 1 Gage Locations for System Alignment Check Coupon
 maximum advisable amount of system misalignment is material and location dependent, good testing practice is generally able to limit percent bending to a range of 3 to 5 % at moderate strain levels (>1000 $\mu\epsilon$). A system showing excessive bending for the given application should be readjusted or modified.

7.2.5.2 When evaluating system alignment, it is advisable to perform the alignment check with the same coupon inserted in each of the four possible installation permutations (described relative to the initial position): initial (top-front facing observer), rotated back to front only (top back facing observer), rotated end for end only (bottom front facing observer), and rotated both front to back and end to end (bottom back facing observer). These four data sets provide an indication of whether the bending is due to the system itself or to tolerance in the alignment check coupon or gaging.

7.2.5.3 The zero strain point may be taken either before gripping or after gripping. The strain response of the alignment coupon is subsequently monitored during the gripping process, the tensile loading process, or both. Eq 1-3 use these indicated strains to calculate the ratio of the percentage of bending strain to average extensional strain for each bending plane of the alignment coupon and the total percent bending, B_{total} . Plotting percent bending versus axial average strain is useful in understanding trends in the bending behavior of the system.

7.2.5.4 Problems with failures during gripping would be reason to examine bending strains during the gripping process in the location near the grip. Concern over modulus data scatter would be reason to evaluate bending strains over the modulus evaluation load range for the typical transducer location. Excessive failures near the grips would be reason to evaluate bending strains near the grip at high loading levels. While the

$$e_2 e$$

$$B_y = 5 \frac{e_2}{e_{ave}} \quad (1)$$

$$4/3 \sim e_2 2e_1!$$

where:

$$B_z = 5 \frac{e_1}{e_{ave}} \quad (2)$$

B_y = percent bending about system y axis (about the narrow plane), as calculated by

$$\text{Eq 1, \%};$$

B_z = percent bending about system z axis (about the wide plane), as calculated by

$$\text{Eq 2, \%};$$

$e_1, e_2, \text{ and } e_3$ = indicated longitudinal strains displayed by Gages 1, 2, and 3, respectively, of Fig. 1, $\mu\epsilon$; and

$$e_{ave} = \frac{(|e_1 + |e_2|)/2 + |e_3|}{2}$$

The total bending component is:

$$B_{total} = 5 |B_y| + 1 |B_z| \quad (3)$$

7.3 Strain-Indicating Device—Load-strain data, if required, shall be determined by means of either a strain transducer or an extensometer. Attachment of the strain-indicating device to the coupon shall not cause damage to the specimen surface. If Poisson’s ratio is to be determined, the specimen shall be instrumented to measure strain in both longitudinal and lateral directions. If the modulus of elasticity is to be determined, the longitudinal strain should be simultaneously measured on opposite faces of the specimen to allow for a correction as a result of any bending of the specimen (see 11.6 for further guidance).

7.3.1 Bonded Resistance Strain Gage Selection—Strain gage selection is a compromise based on the type of material. An active gage length of 6 mm [0.25 in.] is recommended for most materials. Active gage lengths should not be less than 3 mm [0.125 in.].⁷ Gage calibration certification shall comply with Test Methods E 251. When testing woven fabric laminates, gage selection should consider the use of an active gage length that is at least as great as the characteristic repeating unit of the weave. Some guidelines on the use of strain gages on composites follow. A general reference on the subject is Tuttle and Brinson.⁸

7.3.1.1 Surface preparation of fiber-reinforced composites in accordance with Practice E 1237 can penetrate the matrix material and cause damage to the reinforcing fibers resulting in improper coupon failures. Reinforcing fibers should not be exposed or damaged during the surface preparation process.

The strain gage manufacturer should be consulted regarding surface preparation guidelines and recommended bonding agents for composites pending the development of a set of standard practices for strain gage installation surface preparation of fiber-reinforced composite materials.

7.3.1.2 Consideration should be given to the selection of gages having larger resistances to reduce heating effects on low-conductivity materials. Resistances of 350 Ω or higher are preferred. Additional consideration should be given to the use of the minimum possible gage excitation voltage consistent with the desired accuracy (1 to 2 V is recommended) to reduce further the power consumed by the gage. Heating of the coupon by the gage may affect the performance of the material directly, or it may affect the indicated strain as a result of a difference between the gage temperature compensation factor and the coefficient of thermal expansion of the coupon material.

7.3.1.3 Consideration of some form of temperature compensation is recommended, even when testing at standard laboratory atmosphere. Temperature compensation is required when testing in nonambient temperature environments.

7.3.1.4 Consideration should be given to the transverse sensitivity of the selected strain gage. The strain gage manufacturer should be consulted for recommendations on transverse sensitivity corrections and effects on composites. This is particularly important for a transversely mounted gage used to determine Poisson’s ratio, as discussed in Note 11.

7.3.2 Extensometers—For most purposes, the extensometer gage length should be in the range of 10 to 50 mm [0.5 to 2.0 in.]. Extensometers shall satisfy, at a minimum, Practice E 83, Class B-1 requirements for the strain range of interest and shall be calibrated over that strain range in accordance with Practice E 83. For extremely stiff materials, or for measurement of transverse strains, the fixed error allowed by Class B-1 extensometers may be significant, in which case Class A extensometers should be considered. The extensometer shall be essentially free of inertia lag at

the specified speed of testing, and the weight of the extensometer should not induce bending strains greater than those allowed in 6.3.

NOTE 3—It is generally less difficult to perform strain calibration on extensometers of longer gage length as less precision in displacement is required of the extensometer calibration device.

7.4 Conditioning Chamber—When conditioning materials at nonlaboratory environments, a

A typical gage would have a 0.25-in. active gage length, 350strain rating of 3 % or better, and the appropriate environmental resistance and thermal coefficient.⁸ Tuttle, M. E. and Brinson, H. F., "Resistance-Foil Strain-Gage Technology as Applied to Composite Materials," *Experimental Mechanics*, Vol 24, No. 1, March 1984; pp. 54–65; errata noted in Vol 26, No. 2, June 1986, pp. 153–154.

7.5 Environmental Test Chamber—An environmental test chamber is required for test environments other than ambient testing laboratory conditions. This chamber shall be capable of maintaining the gage section of the test specimen at the required test environment during the mechanical test.

8. Sampling and Test Specimens

8.1 Sampling—Test at least five specimens per test condition unless valid results can be gained through the use of fewer specimens, such as in the case of a designed experiment. For statistically significant data, the procedures outlined in Practice E 122 should be consulted. Report the method of sampling.

NOTE 4—If specimens are to undergo environmental conditioning to equilibrium, and are of such type or geometry that the weight change of the material cannot be properly measured by weighing the specimen itself (such as a tabbed mechanical coupon), then use another traveler coupon of the same nominal thickness and appropriate size (but without tabs) to determine when equilibrium has been reached for the specimens being conditioned.

8.2 Geometry—Design of mechanical test coupons, especially those using end tabs, remains to a large extent an art rather than a science, with no industry consensus on how to approach the engineering of the gripping interface. Each major composite testing laboratory has developed gripping methods for the specific material systems and environments commonly encountered within that laboratory. Comparison of these methods shows them to differ widely, making it extremely difficult to recommend a universally useful approach or set of approaches. Because of this

temperature/vaporlevelcontrolled environmental conditioning chamber is required that shall be capable of maintaining the required temperature to within 63°C [65°F] and the required relative vapor level to within 63 %. Chamber conditions shall be monitored either on an automated continuous basis or on a manual basis at regular

difficulty, definition of the geometry of the test coupon is broken down into the following three levels, which are discussed further in each appropriate section:

Purpose	Degree of Geometry Definition
8.2.1 General Requirements	Mandatory Shape and Tolerances
8.2.2 Specific Recommendations	Nonmandatory Suggested Dimensions
8.2.3 Detailed Examples	Nonmandatory Typical Practices

8.2.1 General Requirements:

8.2.1.1 Shape, Dimensions, and Tolerances—The complete list of requirements for specimen shape, dimensions, and tolerances is shown in Table 1.

8.2.1.2 Use of Tabs—Tabs are not required. The key factor in the selection of specimen tolerances and gripping methods is the successful introduction of load into the specimen and the prevention of premature failure as a result of a significant discontinuity. Therefore, determine the need to use tabs, and specification of the major tab design parameters, by the end result: acceptable failure mode and location. If acceptable failure modes occur with reasonable frequency, then there is no reason to change a given gripping method (see 11.10).

8.2.2 Specific Recommendations:

8.2.2.1 Width, Thickness, and Length—Select the specimen width and thickness to promote failure in the gage section and assure that the specimen contains a sufficient number of fibers in the cross section to be statistically representative of the bulk material. The specimen length should normally be substantially longer than the minimum requirement to minimize bending stresses caused by minor grip eccentricities. Keep the gage section as far from the grips as reasonably possible and provide a significant amount of material under

stress and therefore produce a more statistically significant result. The minimum requirements for specimen design shown in Table 1 are by themselves insufficient to create a properly dimensioned and toleranced coupon drawing. Therefore, recommendations on other important dimensions are provided for typical material configurations in Table 2. These geometries have been found by a number of testing laboratories to produce acceptable failure modes on a wide variety of material systems, but use of them does not guarantee success for every existing or future material system.

8.2.2.2 *Gripping/Use of Tabs*—There are many material configurations, such as multidirectional laminates, fabric-based materials, or randomly reinforced sheet-molding compounds, which can be successfully tested

TABLE 1 Tensile Specimen Geometry Requirements

Parameter	Requirement
Coupon Requirements:	
shape	constant rectangular cross-section
minimum length	gripping + 2 times width + gage length
specimen width	as needed ^A
specimen width tolerance	61 % of width
specimen thickness	as needed
specimen thickness tolerance	64 % of thickness
specimen flatness	flat with light finger pressure
Tab Requirements (if used):	
tab material	as needed
fiber orientation (composite tabs)	as needed
tab thickness	as needed
tab thickness variation between tabs	61 % tab thickness
tab bevel angle	5 to 90°, inclusive
tab step at bevel to specimen	feathered without damaging specimen

^A See 8.2.2 or Table 2 for recommendations.

coupon material, coupon ply orientation, and the type of grips being used. When pressure-operated nonwedge grips are used with care, squared-off 90° tabs have been used successfully. Wedge-operated grips have been used most successfully with tabs having low bevel angles (7 to 10°) and a feathered smooth transition into the coupon. For

without tabs. However, tabs are strongly recommended when testing unidirectional materials (or strongly unidirectionally dominated laminates) to failure in the fiber direction. Tabs may also be required when testing unidirectional materials in the matrix direction to prevent gripping damage.

8.2.2.3 *Tab Geometry*—Recommendations on important dimensions are provided for typical material configurations in Table 2. These dimensions have been found by a number of testing laboratories to produce acceptable failure modes on a wide variety of material systems, but use of them does not guarantee success for every existing or future material system. The selection of a tab configuration that can successfully produce a gage section tensile failure is dependent upon the

alignment purposes, it is essential that the tabs be of matched thickness.

8.2.2.4 *Friction Tabs*—Tabs need not always be bonded to the material under test to be effective in introducing the load into the specimen. Friction tabs, essentially nonbonded tabs held in place by the pressure of the grip, and often used with emery cloth or some other light abrasive between the tab and the coupon, have been successfully used in some applications. In specific cases, lightly serrated wedge grips (see Note 2) have been successfully used with only emery cloth as the interface between the grip and the coupon. However, the abrasive used

TABLE 2 Tensile Specimen Geometry Recommendations^A

Fiber Orientation	Width, mm [in.]	Overall Length, mm [in.]	Thickness, mm [in.]	Tab Length, mm [in.]	Tab Thickness, mm [in.]	Tab Bevel Angle, °
0° unidirectional	15 [0.5]	250 [10.0]	1.0 [0.040]	56 [2.25]	1.5 [0.062]	7 or 90
90° unidirectional	25 [1.0]	175 [7.0]	2.0 [0.080]	25 [1.0]	1.5 [0.062]	90
balanced and symmetric	25 [1.0]	250 [10.0]	2.5 [0.100]	emery cloth	—	—
random-discontinuous	25 [1.0]	250 [10.0]	2.5 [0.100]	emery cloth	—	—

^A Dimensions in this table and the tolerances of Fig. 2 or Fig. 3 are recommendations only and may be varied so long as the requirements of Table 1 are met.

must be able to withstand significant compressive loads. Some types of emery cloth have been found ineffective in this application because of disintegration of the abrasive.³

8.2.2.5 Tab Material—The most consistently used bonded tab material has been continuous E-glass fiber-reinforced polymer matrix materials (woven or unwoven) in a [0/90]_{ns} laminate configuration. The tab material is commonly applied at 45° to the loading direction to provide a soft interface. Other configurations that have reportedly been successfully used have incorporated steel tabs or tabs made of the same material as is being tested.

8.2.2.6 Bonded Tab Length—When using bonded tabs, estimate the minimum suggested tab length for bonded tabs by the following simple equation. As this equation does not account for the peaking stresses that are known to exist at the ends of bonded joints. The tab length calculated by this equation should normally be increased by some factor to reduce the chances of joint failure:

$$L_{min} = 5 F_{tu} h / 2 F_{su} \quad (4)$$

where:

L_{min} = minimum required bonded tab length, mm [in.];

F_{tu} = ultimate tensile strength of coupon material, MPa

[psi];

h = coupon thickness, mm [in.]; and

F_{su} = ultimate shear strength of adhesive, coupon material, or tab material (whichever is lowest), MPa [psi].

8.2.2.7 Bonded Tab Adhesive—Any high-elongation (tough) adhesive system that meets the environmental requirements may be used when bonding tabs to the material under test. A uniform bondline of minimum thickness is desirable to reduce undesirable stresses in the assembly.

8.2.3 Detailed Examples—The minimum requirements for specimen design discussed in 8.2.1 are by themselves insufficient to create a properly dimensioned and toleranced coupon drawing. Dimensionally toleranced specimen drawings for both tabbed and untabbed forms are shown as examples in Fig. 2 (SI) and Fig. 3 (inch-pound). The tolerances on these drawings are fixed, but satisfy the requirements of Table 1 for all of the recommended configurations of Table 2. For a specific configuration, the tolerances on Fig. 2 and Fig. 3 might be able to be relaxed.

8.3 Specimen Preparation:

8.3.1 Panel Fabrication—Control of fiber alignment is critical. Improper fiber alignment will reduce the measured properties. Erratic fiber alignment will also

³ E-Z Flex Metalite K224 cloth, Grit 120-J, available from Norton Company, Troy, NY 12181, has been found satisfactory in this

application. Other equivalent types of emery cloth should also be suitable.

increase the coefficient of variation. The specimen preparation method shall be reported.

8.3.2 Machining Methods—Specimen preparation is extremely important for this specimen. Mold the specimens individually to avoid edge and cutting effects or cut from them plates. If they are cut from plates, take precautions to avoid notches, undercuts, rough or uneven surfaces, or delaminations caused by inappropriate machining methods. Obtain final dimensions by water-lubricated precision sawing, milling, or grinding. The use of diamond tooling has been found to be extremely effective for many material systems. Edges should be flat and parallel within the specified tolerances.

8.3.3 Labeling—Label the coupons so that they will be distinct from each other and traceable back to the raw material and in a manner that will both be unaffected by the test and not influence the test.

9. Calibration

9.1 The accuracy of all measuring equipment shall have certified calibrations that are current at the time of use of the equipment.

10. Conditioning

10.1 Standard Conditioning Procedure—Unless a different environment is specified as part of the experiment, condition the test specimens in accordance with Procedure C of Test Method D 5229/D 5229M and store and test at standard laboratory atmosphere (23 ± 3°C [73 ± 5°F] and 50 ± 10 % relative humidity).

11. Procedure

11.1 Parameters To Be Specified Before Test:

11.1.1 The tension specimen sampling method, coupon type and geometry, and conditioning travelers (if required).

11.1.2 The tensile properties and data reporting format desired.

NOTE 5—Determine specific material property, accuracy, and data reporting requirements before test for proper selection of instrumentation and data-recording equipment. Estimate operating stress and strain levels to aid in transducer selection, calibration of equipment, and determination of equipment settings.

11.1.3 The environmental conditioning test parameters.

11.1.4 If performed, the sampling method, coupon geometry, and test parameters used to determine density and

reinforcement volume.

11.2 General Instructions:

11.2.1 Report any deviations from this test method, whether intentional or inadvertent.

DRAWING NOTES:

1. INTERPRET DRAWING IN ACCORDANCE WITH ANSI Y14.5M-1982, SUBJECT TO THE FOLLOWING:
2. ALL DIMENSIONS IN MILLIMETRES WITH DECIMAL TOLERANCES AS FOLLOWS:
 NO DECIMAL | .X | .XX
 ± 3 | ± 1 | ± .3
3. ALL ANGLES HAVE TOLERANCE OF ± .5°.
4. PLY ORIENTATION DIRECTION TOLERANCE RELATIVE TO [-A-] WITHIN ± .5°.
5. FINISH ON MACHINED EDGES NOT TO EXCEED 1.6√ (SYMBOLOLOGY IN ACCORDANCE WITH ASA B46.1, WITH ROUGHNESS HEIGHT IN MICROMETRES.)
6. VALUES TO BE PROVIDED FOR THE FOLLOWING, SUBJECT TO ANY RANGES SHOWN ON THE FIELD OF DRAWING: MATERIAL, LAY-UP, PLY ORIENTATION REFERENCE RELATIVE TO [-A-], OVERALL LENGTH, GAGE LENGTH, COUPON THICKNESS, TAB MATERIAL, TAB THICKNESS, TAB LENGTH, TAB BEVEL ANGLE, TAB ADHESIVE.
7. NO ADHESIVE BUILDUP ALLOWED IN THIS AREA.

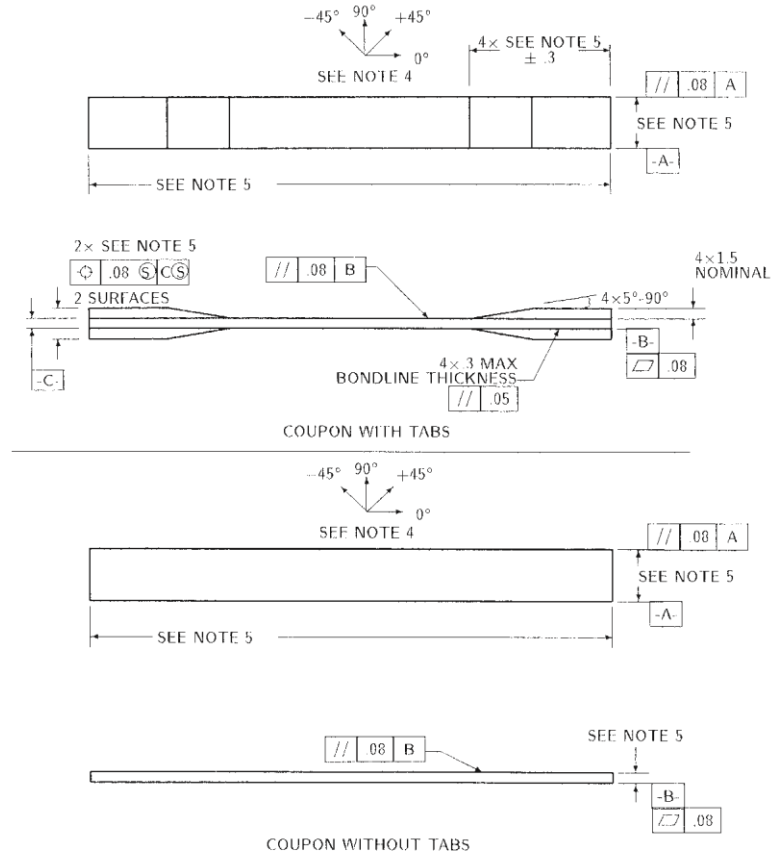


FIG. 2 Tension Test Specimen Drawing (SI)

11.2.2 If specific gravity, density, reinforcement volume, or void volume are to be reported, then obtain these samples from the same panels being tension tested. Specific gravity and density may be evaluated by means of Test Methods D 792. Volume percent of the constituents may be evaluated by one of the matrix digestion procedures of Test Method D 3171, or, for certain reinforcement materials such as glass and ceramics, by the matrix burn-off technique of Test Method D 2584. The void content equations of Test Methods D 2734 are applicable to both Test Method D 2584 and the matrix digestion procedures.

11.2.3 Following final specimen machining and any conditioning, but before the tension testing, determine the specimen area as $A = w \ 3 \ h$, at three places in the gage section, and report the area as the

average of these three determinations to the accuracy in 7.1. Record the average area in units of mm^2 (in.^2).

11.3 *Speed of Testing*—Set the speed of testing to effect a nearly constant strain rate in the gage section. If strain control is not available on the testing machine, this may be approximated by repeated monitoring and adjusting of the rate of load application to maintain a nearly constant strain rate, as measured by strain transducer response versus time. The strain rate should be selected so as to produce failure within 1 to 10 min. If the ultimate strain of the material cannot be reasonably estimated, initial trials should be conducted using standard speeds until the ultimate strain of the material and the compliance of the system are known, and the strain rate can be adjusted. The suggested standard speeds are:

11.3.1 *Strain-Controlled Tests*—A standard strain rate of 0.01 min^{-1} .

11.3.2 *Constant Head-Speed Tests*—A standard head displacement rate of 2 mm/min [0.05 in./min].

NOTE 6—Use of a fixed head speed in testing machine systems with a high compliance may result in a strain rate that is much lower than required. Use of wedge grips can cause extreme compliance in the system, especially when using compliant tab materials. In some such cases, actual strain rates 10 to 50 times lower than estimated by head speeds have been observed.

11.4 *Test Environment*—Condition the specimen to the desired moisture profile and, if possible, test under the

capabilities of common testing machine environmental chambers. In such cases, the mechanical test environment may need to be modified, for example, by testing at elevated temperature with no fluid exposure control, but with a specified limit on time to failure from withdrawal from the conditioning chamber. Modifications to the test environment shall be recorded.

11.4.1 Store the specimen in the conditioned environment until test time, if the testing area environment is different than the conditioning environment.

DRAWING NOTES:

1. INTERPRET DRAWING IN ACCORDANCE WITH ANSI Y14.5M-1982, SUBJECT TO THE FOLLOWING:
2. ALL DIMENSIONS IN INCHES WITH DECIMAL TOLERANCES AS FOLLOWS:

.X	.XX	.XXX
$\pm .1$	$\pm .03$	$\pm .01$
3. ALL ANGLES HAVE TOLERANCE OF $\pm 5^\circ$.
4. PLY ORIENTATION DIRECTION TOLERANCE RELATIVE TO [-A-] WITHIN $\pm 5^\circ$.
5. FINISH ON MACHINED EDGES NOT TO EXCEED $64\sqrt{\text{ }}$ (SYMBOLGY IN ACCORDANCE WITH ASA B46.1, WITH ROUGHNESS HEIGHT IN MICROINCHES.)
5. VALUES TO BE PROVIDED FOR THE FOLLOWING, SUBJECT TO ANY RANGES SHOWN ON THE FIELD OF DRAWING: MATERIAL, LAY-UP, PLY ORIENTATION REFERENCE RELATIVE TO [-A-], OVERALL LENGTH, GAGE LENGTH, COUPON THICKNESS, TAB MATERIAL, TAB THICKNESS, TAB LENGTH, TAB BEVEL ANGLE, TAB ADHESIVE.
6. NO ADHESIVE BUILDUP ALLOWED IN THIS AREA.

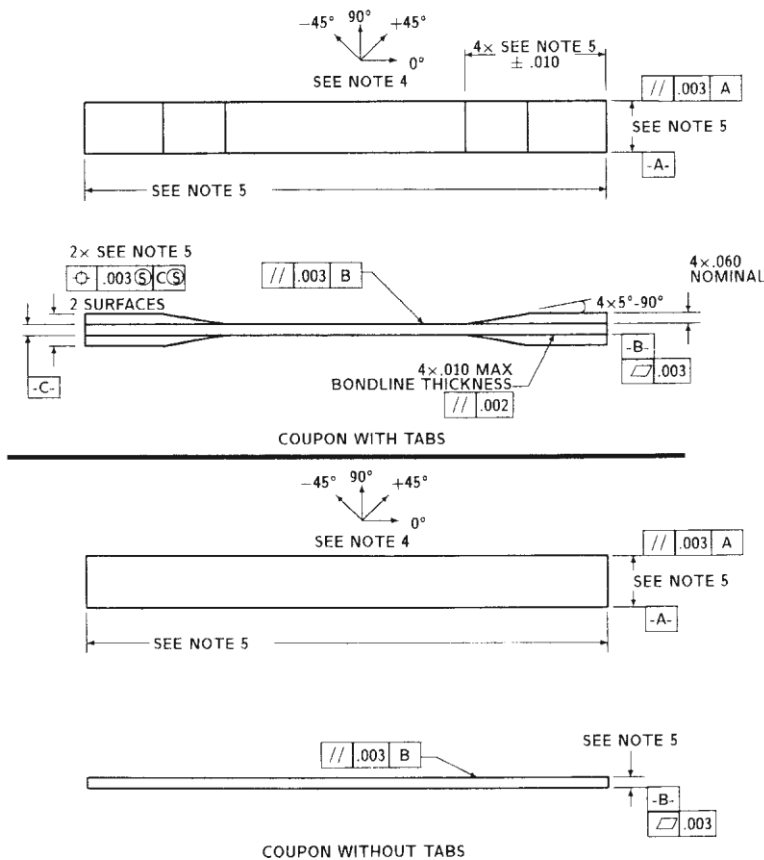


FIG. 3 Tension Test Specimen Drawing (inch-pound)

same conditioning fluid exposure level. However, cases such as elevated temperature testing of a moist specimen place unrealistic requirements on the

11.5 *Specimen Insertion*—Place the specimen in the grips of the testing machine, taking care to align the long axis of the gripped specimen with the test direction. Tighten

the grips, recording the pressure used on pressure controllable (hydraulic or pneumatic) grips.

NOTE 7—The ends of the grip jaws on wedge-type grips should be even with each other following insertion to avoid inducing a bending moment that results in premature failure of the specimen at the grip. When using untabbed specimens, a folded strip of medium grade (80 to 150 grit) emery cloth between the specimen faces and the grip jaws (grit-side toward specimen) provides a nonslip grip on the specimen without jaw serration damage to the surface of the specimen. When using tabbed specimens, insert the coupon so that the grip jaws extend approximately 10 to 15 mm [0.5 in.] past the beginning of the tapered portion of the tab. Coupons having tabs that extend beyond the grips are prone to failure at the tab ends because of excessive interlaminar stresses.

11.6 *Transducer Installation*—If strain response is to be determined attach the strain-indication transducer(s) to the specimen, symmetrically about the mid-span, mid-width location. Attach the strain-recording instrumentation to the transducers on the specimen.

11.6.1 When determining modulus of elasticity, it is recommended that at least one specimen per like sample be evaluated with back-to-back axial transducers to evaluate the percent bending, using Eq 5, at the average axial strain checkpoint value (the mid range of the appropriate chord modulus strain range) shown in Table 3. A single transducer can be used if the

TABLE 3 Specimen Alignment and Chord Modulus Calculation Strain Ranges

Tensile Chord Modulus Calculation Longitudinal Strain Range		Longitudinal Strain Checkpoint for Bending
Start Point $\mu\epsilon^A$	End Point $\mu\epsilon$	$\mu\epsilon$
1000 ^B	3000	2000

^A 1000 $\mu\epsilon$ = 0.001 absolute strain.

^B This strain range is to be contained in the lower half of the stress/strain curve. For materials that fail below 6000 $\mu\epsilon$, a strain range of 25 to 50 % of ultimate is recommended.

percent bending is no more than 3 %. When bending is greater than 3 % averaged strains from back-to-back transducers of like kind are recommended.

$$\frac{|e_f 2e_b|}{B_y 5 |e_f 1e_b|} \quad (5)$$

where:

e_f = indicated strain from front transducer, $\mu\epsilon$; e_b = indicated strain from back transducer, $\mu\epsilon$; and B_y = percent bending in specimen.

11.7 *Loading*—Apply the load to the specimen at the specified rate until failure, while recording data.

11.8 *Data Recording*—Record load versus strain (or transducer displacement) continuously or at frequent regular intervals. If a transition region or initial ply failures are noted, record the load, strain, and mode of damage at such points. If the specimen is to be failed, record the maximum load, the failure load, and the strain (or transducer displacement) at, or as near as possible to, the moment of rupture.

NOTE 8—Other valuable data that can be useful in understanding testing anomalies and gripping or specimen slipping problems includes load versus head displacement data and load versus time data.

11.9 *Failure Mode*—Record the mode and location of failure of the specimen. Choose, if possible, a standard description using the three-part failure mode code that is shown in Fig. 4.

11.10 *Grip/Tab Failures*—Reexamine the means of load introduction into the material if a significant fraction of failures in a sample population occur within one specimen width of the tab or grip. Factors considered should include the tab alignment, tab material, tab angle, tab adhesive, grip type, grip pressure, and grip alignment.

12. Calculation

12.1 *Tensile Stress/Tensile Strength*—Calculate the ultimate tensile strength using Eq 6 and report the results to three significant figures. If the tensile modulus is to be calculated, determine the tensile stress at each required data point using Eq 7.

$$F^{tu} 5 P_{max}/A \quad (6)$$

$$s_i 5 P_i/A \quad (7)$$

where:

F^{tu} = ultimate tensile strength, MPa [psi]; P^{max} = maximum load before failure, N [lbf]; s_i = tensile stress at i th data point, MPa [psi]; P_i = load at i th data point, N [lbf]; and A = average cross-sectional area from 11.2.3, mm^2 [in.²].

12.2 *Tensile Strain/Ultimate Tensile Strain*—If tensile modulus or ultimate tensile strain is to be calculated, and material response is being determined by an extensometer, determine the tensile strain from the indicated displacement at each required data point using Eq 8 and report the results to three significant figures.

$$e_i = 5d_i/L_g \quad (8)$$

where: e_i = tensile strain at i th data point, $\mu\epsilon$; d_i = extensometer displacement at i th data point, mm [in.]; and

L_g = extensometer gage length, mm [in.].

12.3 Tensile Modulus of Elasticity:

NOTE 9—To minimize potential effects of bending it is recommended that the strain data used for modulus of elasticity determination be the average of the indicated strains from each side of the specimen, as discussed in 7.3 and 11.6.

12.3.1 *Tensile Chord Modulus of Elasticity*—Select the appropriate chord modulus strain range from Table 3. Calculate the tensile chord modulus of elasticity from the stress-strain data using Eq 9. If data is not available at the exact strain range end points (as often occurs with digital data), use the closest available data point. Report the tensile chord modulus of elasticity to three significant figures. Also report the strain range used in

the calculation. A graphical example of chord modulus is shown in Fig. 5.

12.3.1.1 The tabulated strain ranges should only be used for materials that do not exhibit a transition region (a significant change in the slope of the stress-strain curve) within the given strain range. If a transition region occurs within the recommended strain range, then a more suitable strain range shall be used and reported.

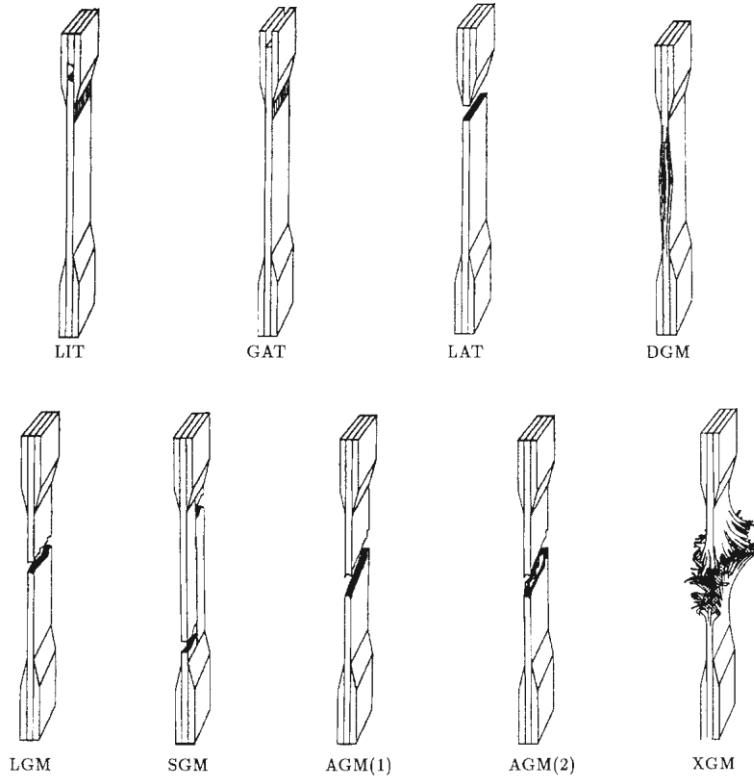
where: $E_{\text{chord}} = 5D_s/D_e$ (9)

E_{chord} = tensile chord modulus of elasticity, GPa [psi];

D_s = difference in applied tensile stress between the two strain points of Table 3, MPa [psi]; and

D_e = difference between the two strain points of Table 3 (nominally 0.002).

12.3.2 *Tensile Modulus of Elasticity (Other Definitions)*— Other definitions of elastic modulus may be evaluated and reported at the user's discretion. If such data is generated and reported, report also the definition used, the strain range used,



First Character		Second Character		Third Character	
Failure Type	Code	Failure Area	Code	Failure Location	Code
Angled	A	Inside grip/tab	I	Bottom	B
edge Delamination	D	At grip/tab	A	Top	T
Grip/tab	G	<1W from grip/tab	W	Left	L
Lateral	L	Gage	G	Right	R
Multi-mode	M(xyz)	Multiple areas	M	Middle	M
long. Splitting	S	Various	V	Various	V
eXplosive	X	Unknown	U	Unknown	U
Other	O				

FIG. 4 Tensile Test Failure Codes/Typical Modes

and the results to three significant figures. Test Method E 111 provides additional guidance in the determination of modulus of elasticity.

NOTE 10—An example of another modulus definition is the secondary chord modulus of elasticity for materials that exhibit essentially bilinear stress-strain behavior. An example of secondary chord modulus is shown in Fig. 5.

12.4 Poisson's Ratio:

NOTE 11—If bonded resistance strain gages are being used, the error produced by the transverse sensitivity effect on the transverse gage will generally be much larger for composites than for metals. An accurate measurement of Poisson's ratio requires correction for this effect. The strain gage manufacturer should be contacted for information on the use of correction factors for transverse sensitivity.

12.4.1 *Poisson's Ratio By Chord Method*—Select the appropriate chord modulus longitudinal strain range from

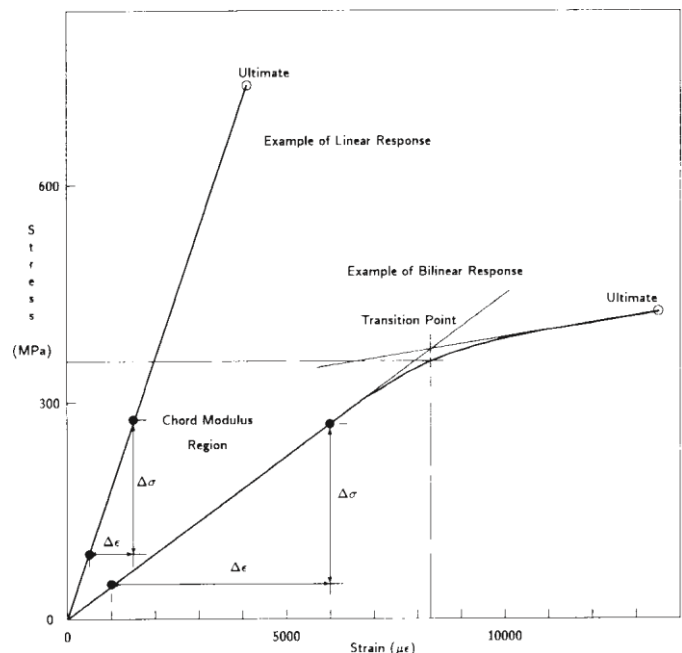


Table 3. Determine (by plotting or otherwise) the transverse strain (measured perpendicular to the applied load), e_t , at each of the two longitudinal strains (measured parallel to the applied load), e_l , strain range end points. If data is not available at the exact

strain range end points (as often occurs with digital data), use **FIG. 5 Typical Tensile Stress-Strain Curves**

the closest available data point. Calculate Poisson's ratio by Eq 10 and report to three significant figures. Also report the strain range used.

$$\nu = \frac{\Delta e_t}{\Delta e_l} \quad (10)$$

where:

ν = Poisson's ratio;

Δe_t = difference in lateral strain between the two longitudinal strain points of Table 3, $\mu\epsilon$; and

Δe_l = difference between the two longitudinal strain points of Table 3 (nominally either 0.001, 0.002, or 0.005).

12.4.2 Tensile Poisson's Ratio (Other Definitions)—Other definitions of Poisson's ratio may be evaluated and reported at the user's direction. If such data is generated and reported, report also the definition used, the strain range used, and the results to three significant figures. Test Method E 132 provides additional guidance in the determination of Poisson's ratio.

12.5 Transition Strain—Where applicable, determine the transition strain from either the bilinear longitudinal stress versus longitudinal strain curve or the bilinear transverse strain versus longitudinal strain curve. Create a best linear fit or chord line for each of the two linear regions and extend the lines until they intersect. Determine to three significant digits the longitudinal strain that corresponds to the intersection point and record this value as the transition strain. Report also the method of linear fit (if used) and the strain ranges over which the linear fit or chord lines were determined. A graphical example of transition strain is shown in Fig. 5.

12.6 Statistics—For each series of tests calculate the average value, standard deviation and coefficient of variation (in percent) for each property determined:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (11)$$

$$s_{n-1} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (12)$$

$$CV = 100 \frac{s_{n-1}}{\bar{x}} \quad (13)$$

where:

\bar{x} = sample mean (average); s_{n-1} = sample standard deviation; CV = sample coefficient of variation, in percent; n = number of specimens; and x_i = measured or derived property.

13. Report

13.1 Report the following information, or references pointing to other documentation containing this information, to the maximum extent applicable (reporting of items beyond the control of a given testing laboratory, such as might occur with material details or panel fabrication parameters, shall be the responsibility of the requestor):

13.1.1 The revision level or date of issue of this test method.

13.1.2 The date(s) and location(s) of the test.

13.1.3 The name(s) of the test operator(s).

13.1.4 Any variations to this test method, anomalies noticed during testing, or equipment problems occurring during testing. 13.1.5 Identification of the material tested including: material specification, material type, material designation, manufacturer, manufacturer's lot or batch number, source (if not from manufacturer),

date of certification, expiration of certification, filament diameter, tow or yarn filament count and twist, sizing, form or weave, fiber areal weight, matrix type, prepreg matrix content, and prepreg volatiles content.

13.1.6 Description of the fabrication steps used to prepare the laminate including: fabrication start date, fabrication end date, process specification, cure cycle, consolidation method, and a description of the equipment used.

13.1.7 Ply orientation stacking sequence of the laminate.

13.1.8 If requested, report density, volume percent reinforcement, and void content test methods, specimen sampling method and geometries, test parameters, and test results.

13.1.9 Average ply thickness of the material.

13.1.10 Results of any nondestructive evaluation tests.

13.1.11 Method of preparing the test specimen, including specimen labeling scheme and method, specimen geometry, sampling method, coupon cutting method, identification of tab geometry, tab material, and tab adhesive used.

13.1.12 Calibration dates and methods for all measurement and test equipment.

13.1.13 Type of test machine, grips, jaws, grip pressure, alignment results, and data acquisition sampling rate and equipment type.

13.1.14 Results of system alignment evaluations, if any such were done.

13.1.15 Dimensions of each test specimen.

13.1.16 Conditioning parameters and results, use of travelers and traveler geometry, and the procedure used if other than that specified in the test method.

13.1.17 Relative humidity and temperature of the testing laboratory.

13.1.18 Environment of the test machine environmental chamber (if used) and soak time at environment.

13.1.19 Number of specimens tested.

13.1.20 Speed of testing.

13.1.21 Transducer placement on the specimen and transducer type for each transducer used.

13.1.22 If strain gages were used, the type, resistance, size, gage factor, temperature compensation method, transverse sensitivity, lead-wire resistance, and any correction factors used.

13.1.23 Stress-strain curves and tabulated data of stress versus strain for each specimen.

13.1.24 Percent bending results for each specimen so evaluated.

13.1.25 Individual strengths and average value, standard deviation, and coefficient of variation (in percent) for the population. Note if the failure load was less than the maximum load before failure.

13.1.26 Individual strains at failure and the average value, standard deviation, and coefficient of variation (in percent) for the population.

13.1.27 Strain range used for chord modulus and Poisson's ratio determination.

13.1.28 If another definition of modulus of elasticity is used in addition to chord modulus, describe the method used, the resulting correlation coefficient (if applicable), and the strain range used for the evaluation.

13.1.29 Individual values of modulus of elasticity, and the average value, standard deviation, and coefficient of variation (in percent) for the population.

13.1.30 If another definition of Poisson's ratio is used in addition to the chordwise definition, describe the method used, the resulting correlation coefficient (if applicable), and the strain range used for the evaluation.

13.1.31 Individual values of Poisson's ratio, and the average value, standard deviation, and coefficient of variation (in percent) for the population.

13.1.32 If transition strain is determined, the method of linear fit (if used) and the strain ranges over which the linear fit or chord lines were determined.

13.1.33 Individual values of transition strain (if applicable), and the average value, standard deviation,

and coefficient of variation (in percent) for the population.

13.1.34 Failure mode and location of failure for each specimen.

14. Precision and Bias

14.1 Precision:

14.1.1 The precision and bias of tension test strength and modulus measurements depend on strict adherence to the Test Method D 3039/D 3039M and are influenced by mechanical and material factors, specimen preparation, and measurement errors.

14.1.2 Mechanical factors that can affect the test results include: the physical characteristics of the testing machine (stiffness, damping, and mass), accuracy of loading and displacement/strain measurement, speed of loading, alignment of test specimen with applied load, parallelism of the grips, grip pressure, and type of load control (displacement, strain, or load).

14.1.3 Material factors that can affect test results include: material quality and representativeness, sampling scheme, and specimen preparation (dimensional accuracy, tab material, tab taper, tab adhesive, and so forth).

14.1.4 The mean tensile strength for a strain rate sensitive, glass/epoxy tape composite testing in the fiber direction was found to increase by approximately two standard deviations with decreasing time to failure tested at the limits of the recommended time to failure prescribed in Test Method D 3039/D 3039M. This result suggest that caution must be used when comparing test data obtained for strain rate sensitive composite materials tested in accordance with this standard.

14.1.5 Measurement errors arise from the use of specialized measuring instruments such as load cells, extensometers and strain gages, micrometers, data acquisition devices, and so forth.

14.1.6 Data obtained from specimens that fracture outside

the gage are should be used with caution as this data may not be representative of the material. Failure in the grip region indicates the stress concentration at the tab is greater than the natural strength variation of the material in the gage section. A tapered tab, bonded with a ductile low-modulus adhesive has a relatively low-stress concentration and should result in the lowest frequency of grip failures. Low-strength bias increases with the frequency of grip failures by an amount proportional to the stress concentration at the tab.

14.1.7 An interlaboratory test program was conducted where an average of five specimens each, of six different materials and lay-up configurations, were tested by nine different laboratories.⁴ Table 4 presents the precision statistics generated from this study as defined in Practice E 691 for tensile strength, modulus, and failure strain. All data except that for Material B (90° lay-up) was normalized with respect to an average thickness. The materials listed in Table 15 are defined as:

A	IM-6/3501-6 uni-tape (0) n
B	IM-6/3501-6 uni-tape (90) n
C	IM-6/3501-6 uni-tape (90/0) n
F	Glass/epoxy fabric (7781 glass/Ciba R 7376 Epoxy)warp aligned
G	Carbon/epoxy fabric (66108 carbon/Ciba R 6376

TABLE 4 Precision Statistics

Material	\bar{x}	$s_{\bar{x}}$	S_r	S_R	$S_r/\bar{x}, \%$	$S_R/\bar{x}, \%$
Strength, ks i						
A	342.69	8.49	10.68	12.78	3.12	3.73
B	8.52	0.52	0.85	0.92	9.94	10.84
C	156.37	3.84	10.85	10.85	6.94	6.94
F	66.18	3.20	1.52	3.48	2.30	5.26
G	121.52	1.59	3.92	3.92	3.23	3.23
Modulus, M si						
A	23.57	0.65	0.63	0.86	2.69	3.66
B	1.30	0.05	0.04	0.06	3.12	4.57

⁴ International Harmonization of Composite Materials—Phase 1: Harmonization of ASTM D 3039/D 3039M and ISO 527-5, Final Report, ASTM Institute for Standards Research, April 1997.

C	12.38	0.29	0.37	0.44	2.98	3.54
F	3.95	0.08	0.04	0.09	1.01	2.28
G	9.47	0.16	0.12	0.20	1.29	2.06
Failure Strain, %						
A	1.36	0.06	0.07	0.08	4.95	6.15
B	0.66	0.04	0.08	0.09	12.47	13.02
C	1.22	0.03	0.06	0.06	5.25	5.27
F	2.04	0.15	0.07	0.16	3.19	8.03
G	1.27	0.03	0.05	0.05	3.83	4.13

14.1.8 The averages of the coefficients of variation are in Table 5. The values of S_r/X and S_R/X represent the repeatability and the reproducibility coefficients of variation, respectively. These averages permit a relative comparison of the repeatability (within laboratory precision) and reproducibility (between laboratory precision) of the tension test parameters. Overall, this indicates that the failure strain measurements exhibit the least repeatability and reproducibility of all the parameters measured while modulus was found to provide the highest repeatability and reproducibility of the parameters measured.

TABLE 5 Averages of the Coefficients of Variation

Parameter	Average of S_r/X , %	Average of S_R/X , %
Strength	5.11	6.00
Modulus	2.22	3.22
Failure strain	5.94	7.32

14.1.9 The consistency of agreement for repeated tests of the same material is dependent on lay-up configuration, material and specimen preparation techniques, test conditions, and measurements of the tension test parameters.

14.2 *Bias*—Bias cannot be determined for this test method as no acceptable reference standard exists.

15. Keywords

15.1 composite materials; modulus of elasticity; Poisson's ratio; tensile properties; tensile strength

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).



Designation: D 7264/D 7264M – 07

Standard Test Method for Flexural Properties of Polymer Matrix Composite Materials⁵

This standard is issued under the fixed designation D 7264/D 7264M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope

1.1 This test method determines the flexural stiffness and strength properties of polymer matrix composites.

1.1.1 *Procedure A*—A three-point loading system utilizing center loading on a simply supported beam.

1.1.2 *Procedure B*—A four-point loading system utilizing two load points equally spaced from their adjacent support points, with a distance between load points of one-half of the support span.

NOTE 1—Unlike Test Method D 6272, which allows loading at both one-third and one-half of the support span, in order to standardize geometry and simplify calculations this standard permits loading at only one-half the support span.

1.2 For comparison purposes, tests may be conducted according to either test procedure, provided that the same procedure is used for all tests, since the two procedures generally give slightly different property values.

1.3 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded separately as standard. Within the text, the inch-pound units are shown in brackets. The values stated in each system are not exact equivalents; therefore, each system must be used independently of the other. Combining values from the two systems may result in nonconformance with the standard.

1.4 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the

responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:²

D 790 Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials
D 2344/D 2344M Test Method for Short-Beam Strength of Polymer Matrix Composite Materials and Their Laminates
D 3878 Terminology for Composite Materials

D 5229/D 5229M Test Method for Moisture Absorption Properties and Equilibrium Conditioning of Polymer Matrix Composite Materials

D 5687/D 5687M Guide for Preparation of Flat Composite Panels with Processing Guidelines for Specimen Preparation

D 6272 Test Method for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials by Four-Point Bending

D 6856 Guide for Testing Fabric-Reinforced “Textile” Composite Materials

E 4 Practices for Force Verification of Testing Machines

E 6 Terminology Relating to Methods of Mechanical Testing

⁵ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D30 on Composite Materials and is the direct responsibility of Subcommittee D30.04 on Lamina and Laminate Test Methods.

E 18 Test Methods for Rockwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness of Metallic Materials

E 122 Practice for Calculating Sample Size to Estimate, With a Specified Tolerable Error, the Average for a Characteristic of a Lot or Process

E 177 Practice for Use of the Terms Precision and Bias in
ASTM Test Methods

E 456 Terminology Relating to Quality and Statistics

E 1309 Guide for Identification of Fiber-Reinforced Polymer-Matrix Composite Materials in Databases

E 1434 Guide for Recording Mechanical Test Data of Fiber-Reinforced Composite Materials in Databases

2.2 Other Documents:

ANSI Y14.5-1999 Dimensioning and Tolerancing—Includes Inch and Metric⁶

ANSI B46.1-1995 Surface Texture (Surface Roughness, Waviness and Lay)³

3. Terminology

3.1 *Definitions*—Terminology **D 3878** defines the terms re-

lating to high-modulus fibers and their composites. Terminology **E 6** defines terms relating to mechanical testing. Terminology **E 456** and Practice **E 177** define terms relating to statistics. In the event of a conflict between terms, Terminology **D 3878** shall have precedence over the other documents.

approved in 2006. Last previous edition approved in 2006 as D 7264/D 7264M – 06.²

For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

Copyright (C) ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C-700 West Conshohocken, Pennsylvania 19428-2959, United States

3.2 Definitions of Terms Specific to This Standard:

3.2.1 *flexural strength, n*—the maximum stress at the outer surface of a flexure test specimen corresponding to the peak applied force prior to flexural failure.

3.2.2 *flexural modulus, n*—the ratio of stress range to corresponding strain range for a test specimen loaded in flexure.

3.3 *Symbols: b* = specimen width

CV = sample coefficient of variation, in percent

E_f^{chord} = flexural chord modulus of elasticity
 E_f^{secant} = flexural secant modulus of elasticity
 h = specimen thickness
 L = support span

m = slope of the secant of the load-deflection curve

n = number of specimens
 P = applied force
 s_{n-1} = sample standard deviation

x_i = measured or derived property
 \bar{x} = sample mean
 d = mid-span deflection of the specimen
 ϵ = strain at the outer surface at mid-span of the specimen
 s = stress at the outer surface at mid-span of the specimen

4. Summary of Test Method

4.1 A bar of rectangular cross section, supported as a beam, is deflected at a constant rate as follows:

4.1.1 *Procedure A*—The bar rests on two supports and is loaded by means of a loading nose midway between the supports (see **Fig. 1**).

⁶ Available from American National Standards Institute (ANSI), 25 W. 43rd St., 4th Floor, New York, NY 10036, <http://www.ansi.org>.

4.1.2 *Procedure B*—The bar rests on two supports and is loaded at two points (by means of two loading noses), each an equal distance from the adjacent support point. The distance between the loading noses (that is, the load span) is one-half of the support span (see Fig. 2).

4.2 Force applied to the specimen and resulting specimen deflection at the center of span are measured and recorded until the failure occurs on either one of the outer surfaces, or the deformation reaches some pre-determined value.

4.3 The major difference between four-point and three-point loading configurations is the location of maximum bending moment and maximum flexural stress. With the four-point configuration the bending moment is constant between the central force application members. Consequently, the maximum flexural stress is uniform between the central force application members. In the three-point configuration, the maximum flexural stress is located directly under the center

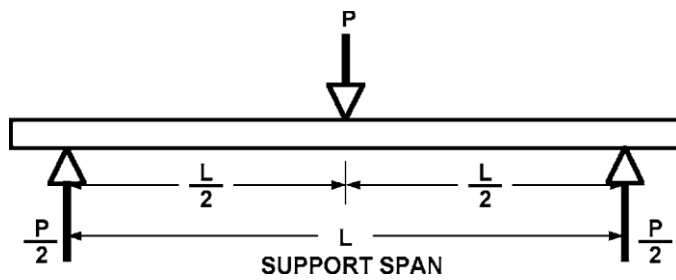


FIG. 1 Procedure A—Loading Diagram

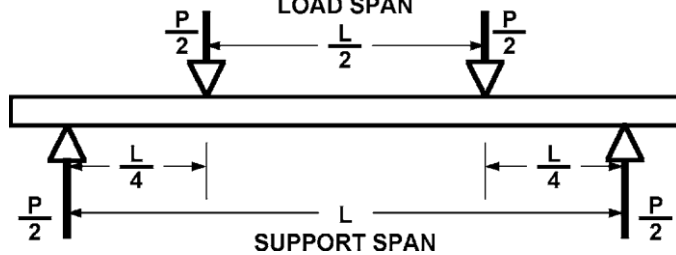


FIG. 2 Procedure B—Loading Diagram

force application member. Another difference between the three-point and four-point configurations is the presence of resultant vertical shear force in the three-point configuration everywhere in the beam except right under the mid-point force application member whereas in the four-point configuration, the area between the central force application members has no

resultant vertical shear force. The distance between the outer support members is the same as in the equivalent three-point configuration.

4.4 The test geometry is chosen to limit out-of-plane shear deformations and avoid the type of short beam failure modes that are interrogated in Test Method D 2344/D 2344M.

5. Significance and Use

5.1 This test method determines the flexural properties (including strength, stiffness, and load/deflection behavior) of polymer matrix composite materials under the conditions defined. Procedure A is used for three-point loading and Procedure B is used for four-point loading. This test method was developed for optimum use with continuous-fiberreinforced polymer matrix composites and differs in several respects from other flexure methods, including the use of a standard span-to-thickness ratio of 32:1 versus the 16:1 ratio used by Test Methods D 790 (a plastics-focused method covering three-point flexure) and D 6272 (a plastics-focused method covering four-point flexure).

5.2 This test method is intended to interrogate long-beam strength in contrast to the short-beam strength evaluated by Test Method D 2344/D 2344M.

5.3 Flexural properties determined by these procedures can be used for quality control and specification purposes, and may find design applications.

5.4 These procedures can be useful in the evaluation of multiple environmental conditions to determine which are design drivers and may require further testing.

5.5 These procedures may also be used to determine flexural properties of structures.

6. Interferences

6.1 Flexural properties may vary depending on which surface of the specimen is in compression, as no laminate is perfectly symmetric (even when full symmetry is intended); such differences will shift the neutral axis and will be further affected by even modest asymmetry in the laminate. Flexural properties may also vary with specimen thickness, conditioning and/or testing environments, and rate of straining. When

evaluating several datasets these parameters should be equivalent for all data in the comparison.

6.2 For multidirectional laminates with a small or moderate number of laminae, flexural modulus and flexural strength may be affected by the ply-stacking sequence and will not necessarily correlate with extensional modulus, which is not stacking-sequence dependent.

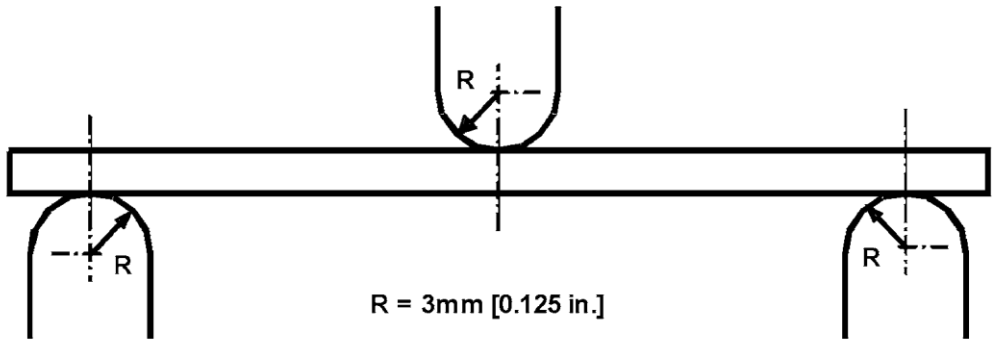
6.3 The calculation of the flexural properties in Section 13 of this standard is based on beam theory, while the specimens in general may be described as plates. The differences may in some cases be significant, particularly for laminates containing a large number of plies in the 645° direction. The deviations from beam theory decrease with decreasing width.

6.4 Loading noses may be fixed, rotatable or rolling. Typically, for testing composites, fixed or rotatable loading noses are used. The type of loading nose can affect results, since non-rolling paired supports on either the tension or compression side of the specimen introduce slight longitudinal forces and resisting moments on the beam, which superpose with the intended loading. The type of supports used is to be reported as described in Section 14. The loading noses should also uniformly contact the specimen across its width. Lack of uniform contact can affect flexural properties by initiating damage by crushing and by non-uniformly loading the beam. Formulas used in this standard assume a uniform line loading at the specimen supports across the entire specimen width; deviations from this type of loading is beyond the scope of this standard.

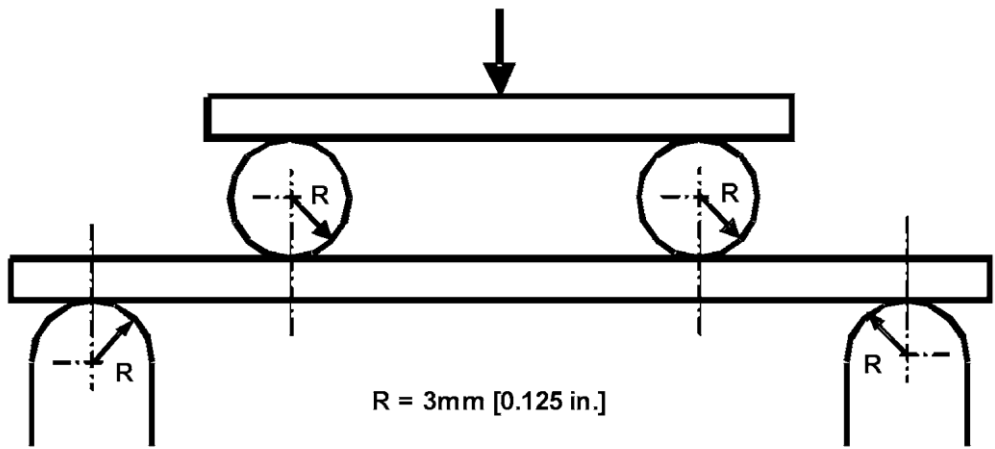
7. Apparatus

7.1 *Testing Machine*—Properly calibrated, which can be operated at a constant rate of crosshead motion, and in which the error in the force application system shall not exceed 61 % of the full scale. The force indicating mechanism shall be essentially free of inertia lag at the crosshead rate used. Inertia lag shall not exceed 1 % of the measured force. The accuracy of the testing machine shall be verified in accordance with Practices E 4.

7.2 Loading Noses and Supports—The loading noses and supports shall have cylindrical contact surfaces of radius 3.00 mm [0.125 in.] as shown in Fig. 3, with a hardness of 60 to 62 HRC, as specified in Test Methods



Three-Point Loading Configuration with Fixed Supports and Loading Nose



Four-Point Loading Configuration with Fixed Supports and Rolling Loading Noses

FIG. 3 Example Loading Nose and Supports for Procedures A (top) and B (bottom)

E 18, and shall have finely

ground surfaces free of indentation and burrs with all sharp edges relieved. Loading noses and supports may be arranged in a fixed, rotatable or rolling arrangement. Typically, with composites, rotatable or fixed arrangements are used.

7.3 Micrometers—For width and thickness measurements the micrometers shall use a 4 to 7 mm [0.16 to 0.28 in.] nominal diameter ball-interface on an irregular surface such as the bag side of a laminate, and a flat anvil interface on machined edges or very smooth tooled surfaces. A micrometer or caliper with flat anvil faces shall be used to measure the length of the specimen. The accuracy of the instrument(s) shall be suitable for reading to within 1 % or better of the specimen dimensions. For typical section geometries, an instrument with an accuracy of 60.02 mm [60.001 in.] is desirable for thickness and width measurement, while an instrument with an accuracy of 60.1 mm [60.004 in.] is adequate for length measurement.

7.4 Deflection Measurement—Specimen deflection at the common center of the loading span shall be measured by a properly calibrated device having an accuracy of 61 % or better of the expected maximum displacement. The device shall automatically and continuously record the deflection during the test.

7.5 Conditioning Chamber—When conditioning materials at non-laboratory environments, a temperature/vapor-level controlled environmental conditioning chamber is required that shall be capable of maintaining the required temperature to within 61°C [62°F] and the required vapor level to within 63 % relative humidity, as outlined in Test Method **D 5229/ D 5229M**. Chamber conditions shall be monitored either on an automated continuous basis or on a manual basis at regular intervals.

7.6 Environmental Test Chamber—An environmental test chamber is required for test environments other than ambient testing laboratory conditions. This chamber shall be capable of maintaining the test

NOTE 1—Drawing interpretation per **ANSI Y14.5-1999** and **ANSI B46.1-1995**.

NOTE 2—See **8.2** and **11.3** of this test standard for the required values of span and overall length.

specimen at the required temperature within 63°C [65°F] and the required vapor level to within 65 % relative humidity.

8. Test Specimens

8.1 Specimen Preparation—Guide **D 5687/D 5687M** provides recommended specimen preparation practices and should be followed when practical.

8.2 Specimen Size is chosen such that the flexural properties are determined accurately from the tests. For flexural strength, the standard support span-to-thickness ratio is chosen such that failure occurs at the outer surface of the specimens, due only to the bending moment (see Notes **2** and **3**). The standard span-to-thickness ratio is 32:1, the standard specimen thickness is 4 mm [0.16 in.], and the standard specimen width is 13 mm [0.5 in.] with the specimen length being about 20 % longer than the support span. See **Figs. 4** and **5** for a drawing of the standard test specimen in SI and inch-pound units, respectively. For fabric-reinforced textile composite materials, the width of the specimen shall be at least two unit cells, as defined in Guide **D 6856**. If the standard specimen thickness cannot be obtained in a given material system, an alternate specimen thickness shall be used while maintaining the support span-to-thickness ratio [32:1] and specimen width. Optional support span-to-thickness ratios of 16:1, 20:1, 40:1, and 60:1 may also be used provided it is so noted in the report. Also, the data obtained from a test using one support span-to-thickness ratio may not be compared with the data from another test using a different support span-to-thickness ratio.

8.2.1 Shear deformations can significantly reduce the apparent modulus of highly orthotropic laminates when they are tested at low support span-to-thickness ratios. For this reason, a high support span-to-thickness ratio is recommended for flexural modulus determinations. In some cases, separate sets of specimens may have to be used for modulus and strength determination.

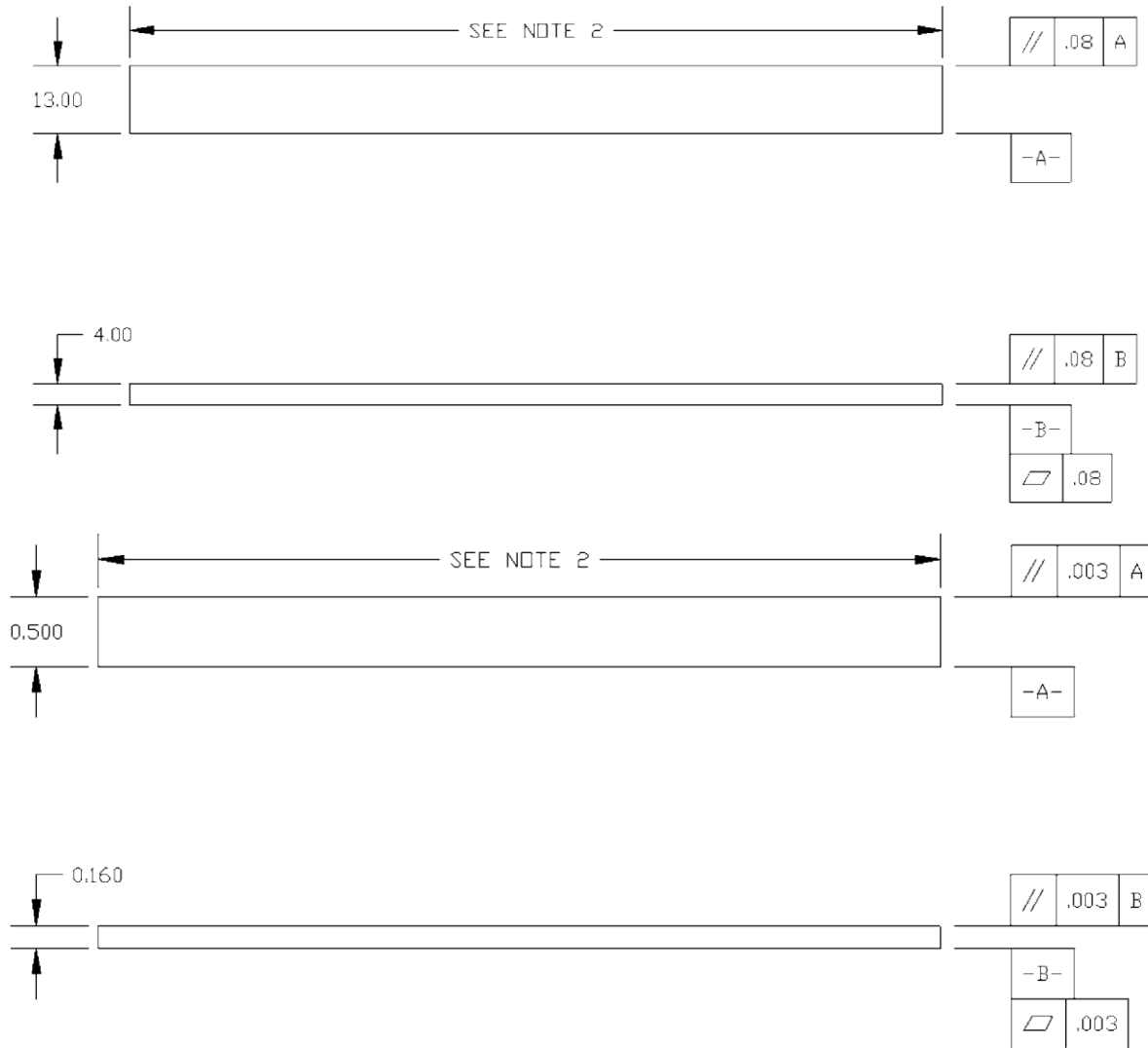


FIG. 4 Standard Flexural Test Specimen Drawing (SI)

NOTE 1—Drawing interpretation per ANSI Y14.5-1999 and ANSI B46.1-1995.

NOTE 2—See 8.2 and 11.3 of this test standard for the required values of span and overall length.

FIG. 5 Standard Flexural Test Specimen Drawing (Inch-Pound)

NOTE 2—A support span-to-thickness ratio of less than 32:1 may be acceptable for obtaining the desired flexural failure mode when the ratio of the lower of the compressive and tensile strength to out-of-plane shear strength is less than 8, but the support span-to-thickness ratio must be increased for composite laminates having relatively low out-of-plane shear strength and relatively high in-plane tensile or compressive strength parallel to the support span.

NOTE 3—While laminate stacking sequence is not limited by this test method, significant deviations from a lay-up of nominal balance and symmetry may induce unusual test behaviors and a shift in the neutral axis.

9. Number of Test Specimens

9.1 Test at least five specimens per test condition unless valid results can be gained through the use of fewer specimens, such as in the case of a designed experiment. For statistically significant data the

procedures outlined in Practice E 122 should be consulted. Report the method of sampling.

10. Conditioning

10.1 The recommended pre-test specimen condition is effective moisture equilibrium at a specific relative humidity as established by Test Method D 5229/D5229M; however, if the test requester does not explicitly specify a pre-test conditioning environment, conditioning is not required and the test specimens may be tested as prepared.

NOTE 4—The term *moisture*, as used in Test Method D 5229/D5229M, includes not only the vapor of a liquid and its condensate, but the liquid itself in large quantities, as for immersion.

10.2 The pre-test specimen conditioning process, to include specified environmental exposure levels and resulting moisture content, shall be reported with the data.

10.3 If there is no explicit conditioning process, the conditioning process shall be reported as “unconditioned” and the moisture content as “unknown.”

11. Procedure

11.1 Condition the specimens as required. Store the specimens in the conditioned environment until test time.

11.2 Following final specimen machining and any conditioning but before testing, measure and record the specimen width and thickness at the specimen mid-section, and the specimen length, to the specified accuracy.

11.3 Measure the span accurately to the nearest 0.1 mm [0.004 in.] for spans less than 63 mm [2.5 in.] and the nearest 0.3 mm [0.012 in.] for spans greater than or equal to 63 mm [2.5 in.]. Use the measured span for all calculations. See [Annex A1](#) for information on the determination of and setting of the span.

11.4 *Speed of Testing*—Set the speed of testing at a rate of crosshead movement of 1.0 mm/min [0.05 in./min] for a specimen with standard dimensions. For specimens with dimensions that vary greatly from the standard dimensions, a crosshead rate that will give a similar rate of straining at the outer surface can be obtained via the method outlined in Test Methods [D 790](#) for Procedure A and Test Method [D 6272](#) for Procedure B.

11.5 Align the loading nose(s) and supports so that the axes of the cylindrical surfaces are parallel. For Procedure A, the loading nose shall be midway between the supports. For Procedure B, the load span shall be one-half of the support span and symmetrically placed between the supports. The parallelism may be checked by means of plates with parallel grooves into which the loading nose(s) and supports will fit when properly aligned. Center the specimen on the supports, with the long axis of the specimen perpendicular to the loading

noses and supports. See [Annex A1](#) for setting and measuring span.

11.6 Apply the force to the specimen at the specified crosshead rate. Measure and record force-deflection data at a rate such that a minimum of 50 data points comprise the force deflection curve. (A higher sampling rate may be required to properly capture any nonlinearities or progressive failure of the specimen.) Measure deflection by a transducer under the specimen in contact with it at the center of the support span, the transducer being mounted stationary relative to the specimen supports. Do not use the measurement of the motion of the loading nose relative to the supports as this will not take into account the rotation of the specimen about the load and support noses, nor account for the compliance in the loading nose or crosshead.

11.7 *Failure Modes*—To obtain valid flexural strength, it is necessary that the specimen failure occurs on either one of its outer surfaces, without a preceding interlaminar shear failure or a crushing failure under a support or loading nose. Failure on the tension surface may be a crack while that on the compression surface may be local buckling. Buckling may be manifested as fiber micro-buckling or ply-level buckling. Ply-level buckling may result in, or be preceded by delamination of the outer ply.

11.7.1 *Failure Identification Codes*—Record the mode, area, and location of failure for each specimen. Choose a standard failure identification code based on the three-part code shown in [Fig. 6](#). A multimode failure can be described by including each of the appropriate failure-mode codes between the parentheses of the M failure mode.

12. Validation

12.1 Values for properties at failure shall not be calculated for any specimen that breaks at some obvious, fortuitous flaw, unless such flaws constitute a variable being studied. Specimens that fail in an unacceptable failure mode shall not be included in the flexural property calculations. Retests shall be made for any specimen for which values are not calculated. If a significant fraction (>50 %) of the specimens fail in an

unacceptable failure mode then the span-to-thickness ratio (for excessive shear failures) or the loading nose diameter (crushing under the loading nose) should be reexamined.

13. Calculation

NOTE 5—In determination of the calculated value of some of the properties listed in this section it is necessary to determine if the toe compensation (see Annex A2) adjustment must be made. This toe compensation correction shall be made only when it has been shown that the toe region of the curve is due to take up of the slack, alignment, or seating of the specimen and is not an authentic material response.

13.1 *Maximum Flexural Stress, Procedure A*—When a beam of homogenous, elastic material is tested in flexure as a beam simply supported at two points and loaded at the midpoint, the maximum stress at the outer surface occurs at mid-span. The stress may be calculated for any point on the load-deflection curve by the following equation (Note 6):

$$s = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (1)$$

where:

s = stress at the outer surface at mid-span, MPa [psi],

P = applied force, N [lbf],

L = support span, mm [in.],

b = width of beam, mm [in.], and

h = thickness of beam, mm [in.].

NOTE 6—Eq 1 applies strictly to materials for which the stress is linearly proportional to strain up to the point of rupture and for which the strains are small. Since this is not always the case, a slight error will be introduced in the use of this equation. The equation will however, be valid for comparison data and specification values up to the maximum fiber strain of 2 % for specimens tested by the procedure herein described. It should be noted that the maximum ply stress may not occur at the outer surface of a multidirectional laminate.⁴ Laminated beam theory must be applied to determine the maximum tensile stress at failure. Thus, Eq 1 yields an apparent strength based on homogeneous beam theory. This apparent strength is highly dependent on the ply-stacking sequence for multidirectional laminates.

13.2 *Maximum Flexural Stress, Procedure B*—When a beam of homogeneous, elastic material is tested in flexure as a beam simply supported at two outer points and loaded at two central points separated by a distance equal to 1/2 the support span and at equal

distance from the adjacent support point, the maximum stress at the outer surface occurs between the two central loading points that define the load span (Fig. 2). The stress may be calculated for any point on the load-deflection curve by the following equation (Note 7):

$$s = \frac{3PL}{4bh^2} \quad (2)$$

where:

s = stress at the outer surface in the load span region, MPa

[psi],

P = applied force, N [lbf], L

= support span, mm [in.],

b = width of beam,

mm [in.], and

⁴For the theoretical details, see Whitney, J. M., Browning, C. E., and Mair, A., "Analysis of the Flexure Test for Laminated Composite Materials," *Composite Materials: Testing and Design (Third Conference)*, ASTM STP 546 , 1974, pp.

First Character		Second Character		Third Character	
Failure Mode	Code	Failure Area	Code	Failure Location	Code
Tension	T	At loading nose	A	Top	T
Compression	C	Between loading noses	B	Bottom	B
Buckling	B	at Support nose	S	Left	L
interlaminar Shear	S	between Load and support nose	L	Right	R
Multi-mode	M(xyz)	Unknown	U	Middle	M
Other	O			Various	V
				Unknown	U

FIG. 6 Flexure Test Specimen Three-Part Failure Identification Code

30 -45.

h = thickness of beam, mm [in.].

NOTE 7—The limitations defined for Eq 1 in Note 6 apply also to Eq 2.

13.3 Flexural Strength—The flexural strength is equal to the maximum stress at the outer surface corresponding to the peak applied force prior to failure. (for multidirectional laminates, see Note 6). It is calculated in accordance with Eq 1 and 2 by letting P equal the peak applied force.

13.4 Flexural Stress at a Given Strain—The maximum flexural stress at any given strain may be calculated in accordance with Eq 1 and 2 by letting P equal the applied force read from the force-deflection curve at the deflection corresponding to the desired strain (for multidirectional laminates, see Note 6). Equations for calculating strains from the measured deflection are given in 13.5 and 13.6.

13.5 Maximum Strain, Procedure A—The maximum strain at the outer surface also occurs at mid-span, and it may be calculated as follows:

$$\frac{6dh}{L} = e \quad (3)$$

where:

e = maximum strain at the outer surface, mm/mm [in./in.],

d = mid-span deflection, mm [in.], L = support span, mm [in.], and h = thickness of beam, mm [in.].

13.6 Maximum Strain, Procedure B—The maximum strain at the outer surface also occurs at mid-span, and it may be calculated as follows:

$$\frac{4.36dh}{L} = e \quad (4)$$

where:

d = mid-span deflection, mm [in.],

e = maximum strain at the outer surface, mm/mm [in./in.], L = support span, mm [in.], and h = thickness of beam, mm [in.].

13.7 Flexural Modulus of Elasticity:

13.7.1 Flexural Chord Modulus of Elasticity—The flexural chord modulus of elasticity is the ratio of stress range and corresponding strain range. For calculation of flexural chord modulus, the recommended strain range is 0.002 with a start point of 0.001 and an end point 0.003. If the data is not available at the exact strain range end points (as often occurs with digital data), use the closest available data point. Calculate the flexural chord modulus of elasticity from the stress-strain data using Eq 5 (for multidirectional or highly orthotropic composites, see Note 8).

$$E_{f, \text{chord}} = \frac{\Delta \sigma}{\Delta \epsilon} \quad (5)$$

where:

$E_{f, \text{chord}}$ = flexural chord modulus of elasticity, MPa [psi],

D_s = difference in flexural stress between the two selected strain points, MPa [psi], and

D_e = difference between the two selected strain points

(nominally 0.002).

13.7.1.1 Report the chord modulus of elasticity in MPa [psi] for the strain range 0.001 to 0.003. If a different strain range is used in the calculations, also report the strain range used.

NOTE 8—Shear deformation can seriously reduce the apparent flexural modulus of highly orthotropic laminates when they are tested at low span-to-thickness ratios.⁷ For this reason, a high span-to-thickness ratio is recommended for flexural modulus determinations. In some cases, separate sets of specimens may have to be used for modulus and strength determination.

13.7.2 *Flexural Secant Modulus of Elasticity*—The flexural secant modulus of elasticity is the ratio of stress to corresponding strain at any given point on the stress-strain curve. The flexural secant modulus is same as the flexural chord modulus in which the initial strain point is zero. It shall be expressed in MPa [psi]. It is calculated as follows (for multidirectional or highly orthotropic composites, see Note 8):

13.7.2.1 For Procedure A:

$$E_f^{secant} = \frac{L_3 m}{4bh} \quad (6)$$

where:

E_f^{secant} = flexural secant modulus of elasticity, MPa [psi],

L = support span, mm [in.], b = width of beam, mm [in.], h = thickness of beam, mm [in.] and m = slope of the secant of the force-deflection curve.

13.7.2.2 For Procedure B:

$$E_f^{secant} = \frac{0.17L_3 m}{4bh} \quad (7)$$

where E_f^{secant} , m , L , b , and h are the same as for Eq 6.

13.7.3 Chord modulus of elasticity shall be reported although other definitions of moduli may also be used. However, when other definitions of moduli are used, it should be clearly indicated in the report.

13.8 *Statistics*—For each series of tests calculate the average value, standard deviation, and coefficient of

variation for each property determined:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (8)$$

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

$$CV = \frac{s_{n-1}}{\bar{x}} \cdot 100$$

where:

- \bar{x} = average value or sample mean,
- x_i = value of single measured or derived property, n = number of specimens,
- s_{n-1} = estimated standard deviation,
- CV = coefficient of variation in percentage.

14. Report

14.1 The information reported for this test method includes material identification and mechanical testing data. These data shall be reported in accordance with Guides E 1309 and E 1471. At a minimum, the following should be reported:

- 14.1.1 The revision level or date of issue of the test method used.
- 14.1.2 The date(s) and location(s) of the testing.
- 14.1.3 The name(s) of the test operator(s).
- 14.1.4 The test Procedure used (A or B).

⁷ For discussion of these effects, see Zweben C., Smith, W. S., and Wardle, M. W., "Test Methods for Fiber Tensile Strength, Composite Flexural Modulus, and

Properties of Fabric-Reinforced Laminates," *Composite Materials: Testing and Design (Fifth Conference)*, ASTM STP 674, 1979, pp. 228-262.

14.1.5 Any variations to this test method, anomalies noticed during testing, or equipment problems occurring during testing.

14.1.6 Identification of the material tested including: material specification, material type, material designation, manufacturer, manufacturer's lot or batch number, source (if not from the manufacturer), date of certification, expiration of certification, filament diameter, tow or yarn filament count and twist, sizing, form or weave, fiber areal weight, matrix type, prepreg matrix content, and prepreg volatiles content.

14.1.7 Description of the fabrication steps used to prepare the laminate including: fabrication start date, fabrication end date, process specification, cure cycle, consolidation method, and a description of the equipment used.

14.1.8 Ply orientation stacking sequence of the laminate.

14.1.9 If requested, report density, reinforcement volume fraction, and void content test methods, specimen sampling method and geometries, test parameters, and test data.

14.1.10 Average ply thickness of the material.

14.1.11 Results of any nondestructive evaluation tests.

14.1.12 Method of preparing the test specimens, including specimen labeling scheme and method, specimen geometry, sampling method, and specimen cutting method.

14.1.13 Calibration dates and methods for all measurement and test equipment.

14.1.14 Type of test machine, grips, jaws, alignment data, and data acquisition sampling rate and equipment type.

14.1.15 Dimensions of each specimen to at least three significant figures, including specimen width, thickness, and overall length.

14.1.16 Conditioning parameters and results, and the procedure used if other than that specified in this test method.

14.1.17 Relative humidity and temperature of the testing laboratory.

14.1.18 Environment of the test machine environmental chamber (if used) and soak time at environment.

14.1.19 Number of specimens tested.

14.1.20 Load-span length, support-span length, and support span-to-thickness ratio.

14.1.21 Loading and support nose type and dimensions.

14.1.22 Speed of testing.

14.1.23 Transducer placement on the specimen, transducer type, and calibration data for each transducer used.

14.1.24 Force-deflection curves for each specimen. Note method and offset value if toe compensation was applied to force-deflection curve.

14.1.25 Tabulated data of flexural stress versus strain for each specimen.

14.1.26 Individual flexural strengths and average value, standard deviation, and coefficient of variation (in percent) for the population. Note if the failure load was less than the maximum load prior to failure.

14.1.27 Individual strains at failure and the average value, standard deviation, and coefficient of variation (in percent) for the population.

14.1.28 Strain range used for the flexural chord modulus of elasticity determination.

14.1.29 Individual values of flexural chord modulus of elasticity, and the average value, standard deviation, and coefficient of variation (in percent) for the population.

14.1.30 If an alternate definition of flexural modulus of elasticity is used in addition to chord modulus, describe the method used, the resulting correlation coefficient (if applicable), and the strain range used for the evaluation.

14.1.31 Individual values of the alternate (see above) flexural modulus of elasticity, and the average value,

standard deviation, and coefficient of variation (in percent) for the population.

14.1.32 Individual maximum flexural stresses, and the average, standard deviation, and coefficient of variation (in percent) values for the population. Note any test in which the failure load was less than the maximum load before failure.

14.1.33 For flexural modulus only tests: maximum load applied, strain at maximum applied load, and calculated flexural modulus of elasticity (E_f).

14.1.34 Individual maximum flexural strains and the average, standard deviation, and coefficient of variation (in percent) values for the population. Note any test that was truncated to 2 % strain.

14.1.35 Failure mode and location of failure for each specimen.

15. Precision and Bias

15.1 *Precision*—The data required for the development of precision is not currently available for this test method.

15.2 *Bias*—Bias cannot be determined for this test method as no acceptable reference standard exists.

A1.2.1 This technique is needed to ensure that the correct span, not an estimated span, is used in calculation of results.

A1.2.2 Scribe a permanent line or mark at the exact center of the support where the specimen makes complete contact. The type of mark depends on whether the supports are fixed or rotatable (see Figs. A1.1 and A1.2).

A1.2.3 Using a vernier caliper with pointed tips that is readable to at least 0.1 mm [0.004 in.], measure the distance between the supports, and use this measurement of span in the calculations.

A1.3 *Setting the Span and Alignment of Loading Nose(s)*—To ensure a constant day-to-day setup of the span and ensure the alignment and proper positioning of the loading nose(s), simple jigs should be manufactured for each of the standard setups used. An example of a jig found to be useful is shown in Fig. A1.3.

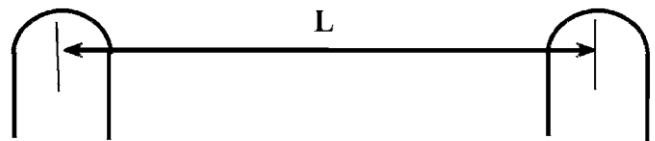


FIG. A1.1 Markings on Fixed Specimen Supports

ANNEXES

(Mandatory Information)

A1. MEASURING AND SETTING SPAN

16. Keywords

16.1 fiber-reinforced composites; flexural properties; stiffness; strength

A1.1 For flexural fixtures that have adjustable spans, it is important that the span between the supports is maintained constant or the actual measured span is used in the calculation of flexural stress, flexural modulus and strain, and the loading noses are positioned and aligned properly with respect to the supports. Some simple steps as follows can improve the repeatability of results when using adjustable span fixtures.

A1.2 Measurement of Span:

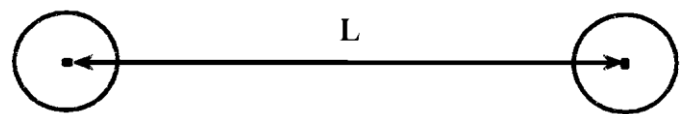


FIG. A1.2 Markings on Rotatable Specimen Supports

FIG. A1.3 Fixture Used to Align Loading Noses and Supports

A2. TOE COMPENSATION

A2.1 In a typical force-deflection curve (see Fig. A2.1) there is a toe region, AC, which does not represent a property of the material. It is an artifact caused by a take-up of slack and alignment, or seating of the specimen. In order to obtain correct values of such parameters as flexural modulus, and deflection at failure, this artifact must be compensated for to give the corrected zero point on the deflection, or extension axis.

A2.2 In the case of a material exhibiting a region of Hookean (linear) behavior (see Fig. A2.1), a continuation of the linear (CD) region is constructed through the zero axis. This intersection (B) is the corrected zero deflection point from which all deflections must be measured. The slope can be determined by dividing the change in force between any two points along the line CD (or its extension) by the change in deflection at the same two points (measured from Point B, defined as zero-deflection).

A2.3 In the case of a material that does not exhibit any linear region (see Fig. A2.2), the same kind of toe correction of zero-deflection point can be made by constructing a tangent to the maximum slope at the inflection Point H'. This is extended to intersect the deflection axis at Point B', the corrected zero-deflection point. Using Point B' as zero deflection, the force at any point (G') on the curve can be divided by the FIG. A2.2 Material without a Hookean Region deflection at that point to obtain a flexural chord modulus (slope of Line B'G').

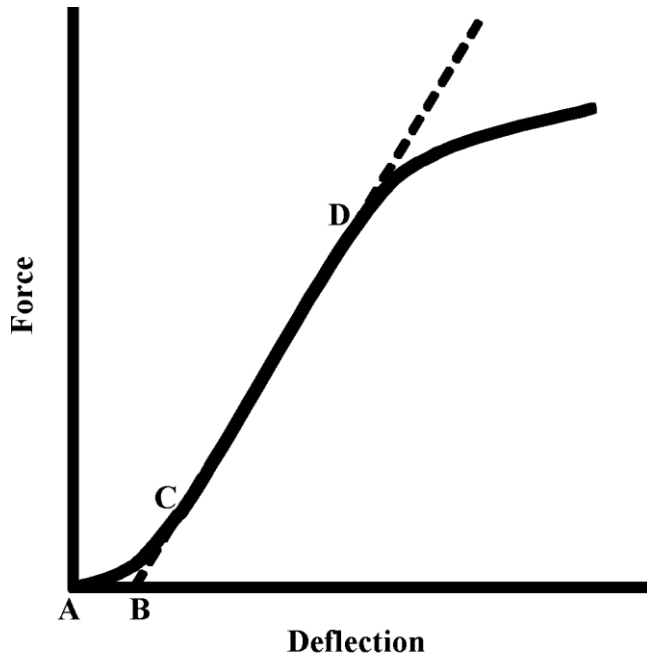
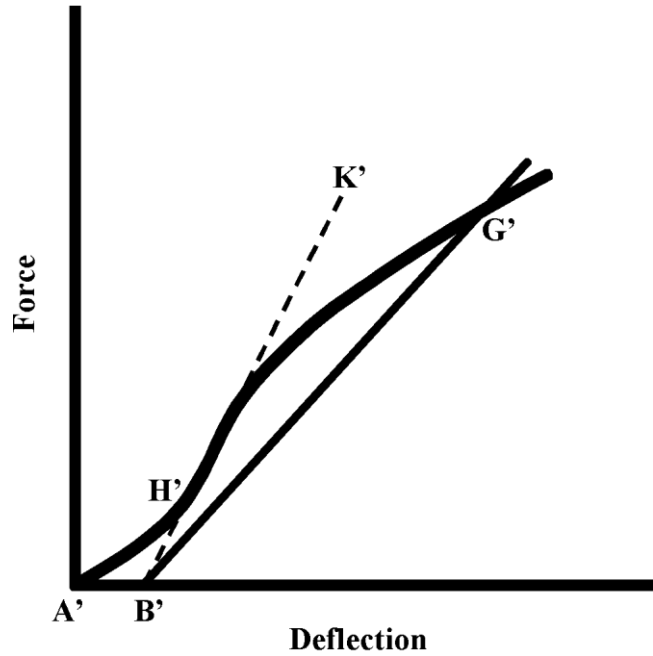


FIG. A2.1 Material with a Hookean Region

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to

ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).



Standard Test Method for Impact Resistance of Flat, Rigid Plastic Specimens by Means of a Falling Dart (Tup or Falling Mass)¹

This standard is issued under the fixed designation D5628; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ε) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

1. Scope*

1.1 This test method covers the determination of the threshold value of impact-failure energy required to crack or break flat, rigid plastic specimens under various specified conditions of impact of a free-falling dart (tup), based on testing many specimens.

1.2 The values stated in SI units are to be regarded as the standard. The values in parentheses are for information only.

1.3 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.* Specific hazard statements are given in Section 8.

NOTE 1—This test method and ISO 6603-1 are technically equivalent only when the test conditions and specimen geometry required for Geometry FE and the Brucceton Staircase method of calculation are used.

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:²

- D618 Practice for Conditioning Plastics for Testing
- D883 Terminology Relating to Plastics
- D1600 Terminology for Abbreviated Terms Relating to Plastics
- D1709 Test Methods for Impact Resistance of Plastic Film by the Free-Falling Dart Method
- D2444 Test Method for Determination of the Impact Resistance of Thermoplastic Pipe and Fittings by Means of a Tup (Falling Weight)
- D3763 Test Method for High Speed Puncture Properties of Plastics Using Load and Displacement Sensors

¹ This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D20 on Plastics and is the direct responsibility of Subcommittee D20.10 on Mechanical Properties.

Current edition approved July 1, 2010. Published July 2010. Originally approved in 1994. Last previous edition approved in 2007 as D5628 - 07. DOI: 10.1520/D5628-10.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

D4000 Classification System for Specifying Plastic Materials

D5947 Test Methods for Physical Dimensions of Solid Plastics Specimens

D6779 Classification System for Polyamide Molding and Extrusion Materials (PA)

E691 Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method

2.2 ISO Standards:³

ISO 291 Standard Atmospheres for Conditioning and Testing

ISO 6603-1 Plastics—Determination of Multiaxial Impact Behavior of Rigid Plastics—Part 1: Falling Dart Method

3. Terminology

3.1 Definitions:

3.1.1 For definitions of plastic terms used in this test method, see Terminologies D883 and D1600.

3.2 Definitions of Terms Specific to This Standard:

3.2.1 *failure (of test specimen)*—the presence of any crack or split, created by the impact of the falling tup, that can be seen by the naked eye under normal laboratory lighting conditions.

3.2.2 *mean-failure energy (mean-impact resistance)*—the energy required to produce 50 % failures, equal to the product of the constant drop height and the mean-failure mass, or, to the product of the constant mass and the mean-failure height.

3.2.3 *mean-failure height (impact-failure height)*—the height at which a standard mass, when dropped on test specimens, will cause 50 % failures.

NOTE 2—Cracks usually start at the surface opposite the one that is struck. Occasionally incipient cracking in glass-reinforced products, for example, is difficult to differentiate from the reinforcing fibers. In such cases, a penetrating dye can confirm the onset of crack formation.

3.2.4 *mean-failure mass (impact-failure mass)*—the mass of the dart (tup) that, when dropped on the test specimens from a standard height, will cause 50 % failures.

³ Available from American National Standards Institute (ANSI), 25 W. 43rd St., 4th Floor, New York, NY 10036, http://www.ansi.org.

struck. Occasionally incipient cracking in glass-reinforced products, for example, is difficult to differentiate from the reinforcing fibers. In such cases, a penetrating dye can confirm the onset of crack formation.

3.2.4 *mean-failure mass (impact-failure mass)*—the mass of the dart (tup) that, when dropped on the test specimens from a standard height, will cause 50 % failures.

*A Summary of Changes section appears at the end of this standard.

Copyright © ASTM International, 100 Barr Harbour Drive PO box C-700 West Conshohocken, Pennsylvania 19428-2959, United States

3.2.5 *tup*—a dart with a hemispherical nose. See 7.2 and Fig. 1.

4. Summary of Test Method

4.1 A free-falling dart (tup) is allowed to strike a supported specimen directly. Either a dart having a fixed mass is dropped from various heights, or a dart having an adjustable mass is dropped from a fixed height. (See Fig. 2).

4.2 The procedure determines the energy (mass \times height) that will cause 50 % of the specimens tested to fail (mean failure energy).

4.3 The technique used to determine mean failure energy is commonly called the Bruceton Staircase Method or the Up-and-Down Method (1).⁸ Testing is concentrated near the mean, reducing the number of specimens required to obtain a reasonably precise estimate of the impact resistance.

4.4 Each test method permits the use of different tup and test specimen geometries to obtain different modes of failure, permit easier sampling, or test limited amounts of material. There is no known means for correlating the results of tests made by different impact methods or procedures.

5. Significance and Use

5.1 Plastics are viscoelastic and therefore are likely to be sensitive to changes in velocity of the mass falling on their surfaces. However, the velocity of a free-falling

object is a function of the square root of the drop height. A change of a factor of two in the drop height will cause a change of only 1.4 in velocity. Hagan et al (2) found that the mean-failure energy of sheeting was constant at drop heights between 0.30 and 1.4 m. This suggests that a constant mass-variable height method will give the same results as the constant height-variable mass technique. On the other hand, different materials respond differently to changes in the velocity of impact. Equivalence of these methods should not be taken for granted. While both constant-mass and constant-height techniques are permitted by these methods, the constant-height method should be used for those materials that are found to be rate-sensitive in the range of velocities encountered in falling-weight types of impact tests.

5.2 The test geometry FA causes a moderate level of stress concentration and can be used for most plastics.

5.3 Geometry FB causes a greater stress concentration and results in failure of tough or thick specimens that do not fail with Geometry FA (3). This approach can produce a punch shear failure on thick sheet. If that type of failure is undesirable, Geometry FC should be used. Geometry FB is suitable for research and development because of the smaller test area required.

5.3.1 The conical configuration of the 12.7-mm diameter tup used in Geometry FB minimizes problems with tup penetration and sticking in failed specimens of some ductile materials.

⁸ The boldface numbers in parentheses refer to a list of references at the end of the text.

5.4 The test conditions of Geometry FC are the same as those of Test Method A of Test Method [D1709](#). They have been used in specifications for extruded sheeting. A limitation of this geometry is that considerable material is required.

5.5 The test conditions of Geometry FD are the same as for Test Method [D3763](#).

5.6 The test conditions of Geometry FE are the same as for [ISO 6603-1](#).

5.7 Because of the nature of impact testing, the selection of a test method and tup must be somewhat arbitrary. Although a choice of tup geometries is available, knowledge of the final or intended end-use application shall be considered.

5.8 Clamping of the test specimen will improve the precision of the data. Therefore, clamping is recommended. However, with rigid specimens, valid determinations can be made without clamping. Unclamped specimens tend to exhibit greater impact resistance.

5.9 Before proceeding with this test method, reference should be made to the specification of the material being tested. Table 1 of Classification System [D4000](#) lists the ASTM materials standards that currently exist. Any test specimens preparation, conditioning, dimensions, or testing parameters or combination thereof covered in the relevant ASTM materials specification shall take precedence over those mentioned in this test method. If there are no relevant ASTM material specifications, then the default conditions apply.

6. Interferences

6.1 Falling-mass-impact-test results are dependent on the geometry of both the falling mass and the support.

Thus, impact tests should be used only to obtain relative rankings of materials. Impact values cannot be considered absolute unless the geometry of the test equipment and specimen conform to the end-use requirement. Data obtained by different procedures within this test method, or with different geometries, cannot, in general, be compared directly with each other. However, the relative ranking of materials is expected to be the same between two test methods if the mode of failure and the impact velocities are the same.

6.1.1 Falling-mass-impact types of tests are not suitable for predicting the relative ranking of materials at impact velocities differing greatly from those imposed by these test methods.

6.2 As cracks usually start at the surface opposite the one that is struck, the results can be greatly influenced by the quality of the surface of test specimens. Therefore, the composition of this surface layer, its smoothness or texture, levels of and type of texture, and the degree of orientation introduced during the formation of the specimen (such as during injection molding) are very important variables. Flaws in this surface will also affect results.

6.3 Impact properties of plastic materials can be very sensitive to temperature. This test can be carried out at any reasonable temperature and humidity, thus representing actual use environments. However, this test method is intended primarily for rating materials under specific impact conditions.

7. Apparatus

7.1 *Testing Machine*—The apparatus shall be constructed

essentially as is shown in [Fig. 2](#). The geometry of the specimen clamp and tup shall conform to the dimensions given in [7.1.1](#) and [7.2](#).

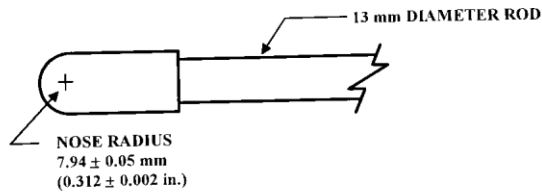


FIG. 1 (a)

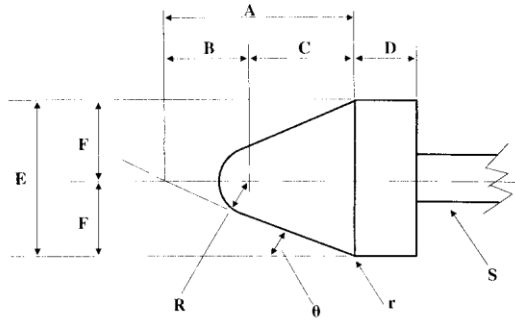


FIG. 1 (b)

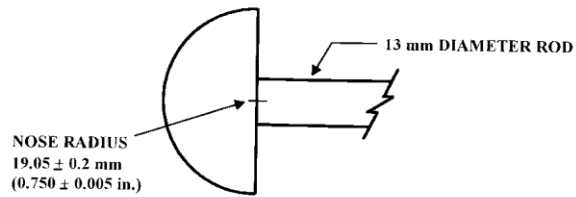


FIG. 1 (c)

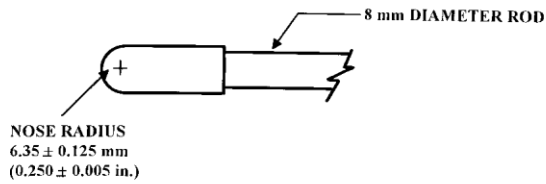


FIG. 1 (d)

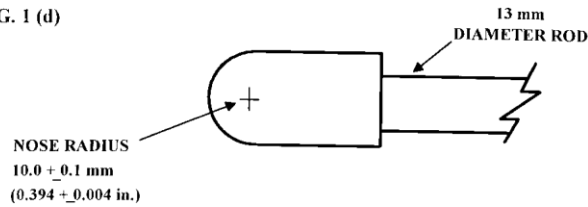
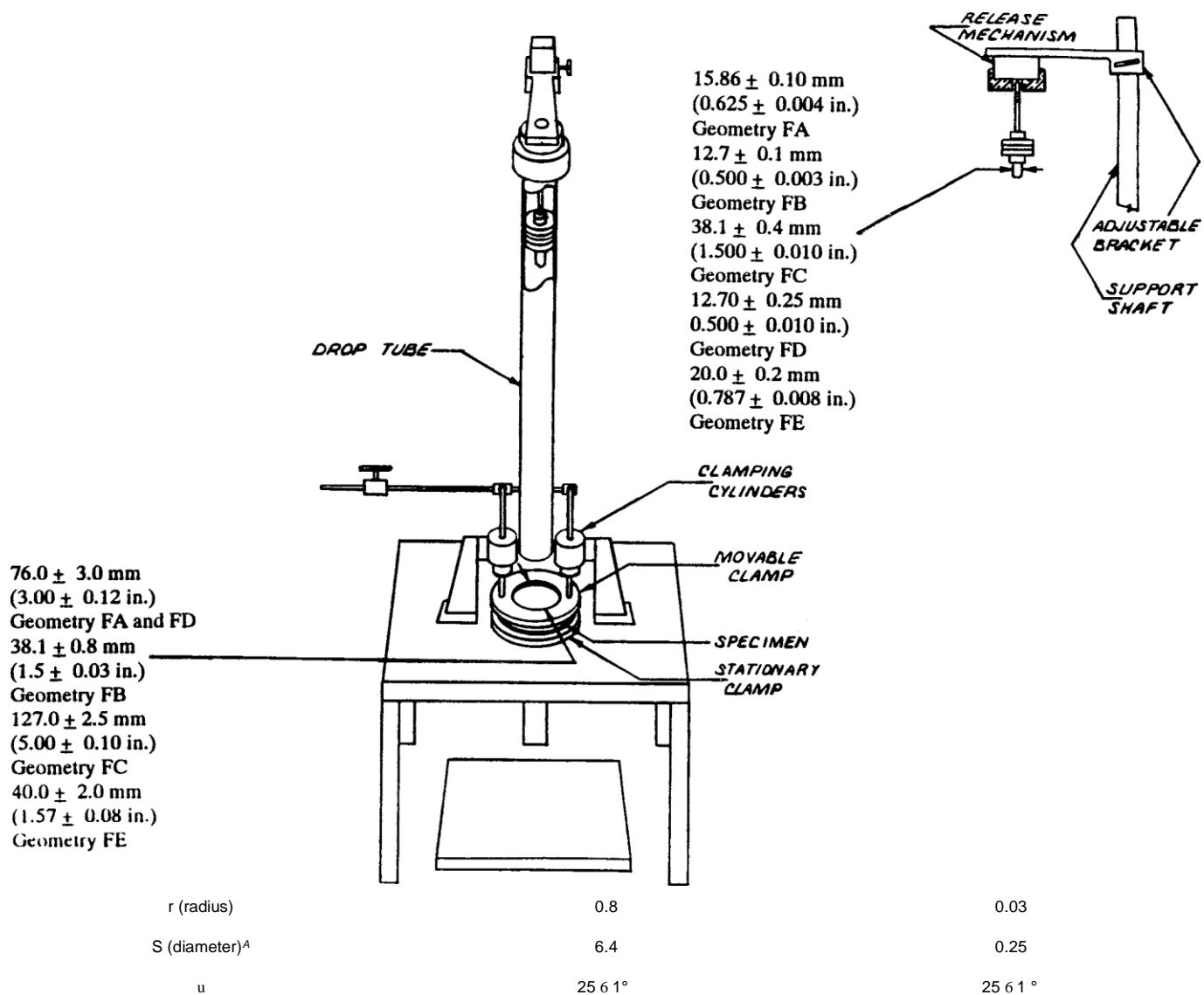


FIG. 1 (e)

Dimensions of Conical Dart (Not to scale.)—Fig. 1(b)

NOTE 1—Unless specified, the tolerance on all dimensions shall be 62 %.

Position	Dimension, mm	Dimension, in.
A	27.2	1.07
B	15	0.59
C	12.2	0.48
D	6.4	0.25
E	25.4	1
F	12.7	0.5
R (nose radius)	6.35 \pm 0.05	0.250 \pm 0.002



^A Larger diameter shafts shall be used.

FIG. 1 Top Geometries for Geometries FA (1a), FB (1b), FC (1c), FD (1d), and FE (1e)
 FIG. 2 One Type of Falling Mass Impact Tester

7.1.1 *Specimen Clamp*—For flat specimens, a two-piece annular specimen clamp similar to that shown in Fig. 3 is recommended. For Geometries FA and FD, the inside diameter should be 76.0 \pm 3.0 mm (3.00 \pm 0.12 in.). For Geometry FB, the inside diameter should be 38.1 \pm 0.80 mm (1.5 \pm 0.03 in.). For Geometry FC, the inside diameter should be 127.0 \pm 2.5 mm (5.00 \pm 0.10 in.). For Geometry FE an annular specimen clamp similar to that shown in Fig. 4 is required. The inside diameter should be 40 \pm 2 mm (1.57 \pm 0.08 in.) (see Table 1). For Geometries FA, FB, FC, and FD, the inside edge of the upper or supporting surface of the lower clamp should be rounded slightly; a radius of 0.8 mm (0.03 in.) has

been found to be satisfactory. For Geometry FE this radius should be 1 mm (0.04 in.).

7.1.1.1 Contoured specimens shall be firmly held in a jig so that the point of impact will be the same for each specimen.

7.1.2 *Tup Support*, capable of supporting a 13.5-kg (30-lb) mass, with a release mechanism and a centering device to ensure uniform, reproducible drops.

NOTE 3—Reproducible drops are ensured through the use of a tube or cage within which the tup falls. In this event, care should be exercised so that any friction that develops will not reduce the velocity of the tup appreciably.

7.1.3 *Positioning Device*—Means shall be provided for positioning the tup so that the distance from the

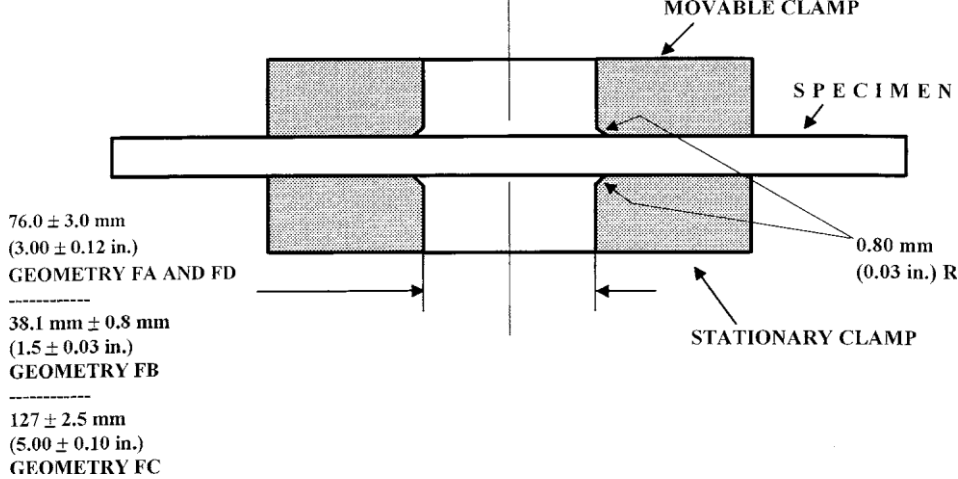


FIG. 3 Support Plate/Specimen/Clamp Configuration for Geometries FA, FB, FC, and FD

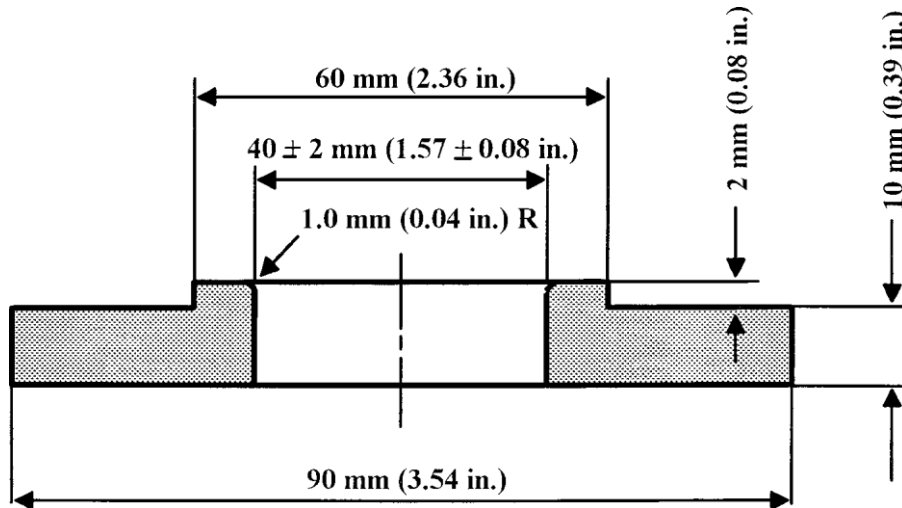


FIG. 4 Test-Specimen Support for Geometry FE

impinging surface of the tup head to the test specimen is as specified.

7.2 Tup:

7.2.1 The tup used in Geometry FA shall have a 15.86 ± 0.10-mm (0.625 ± 0.004-in.) diameter hemispherical head of tool steel hardened to 54 HRC or harder. A steel shaft about 13 mm (0.5 in.) in diameter shall be attached to the center of the flat surface of the head with its longitudinal axis at 90° to that surface. The length of the shaft shall be great enough to accommodate the maximum mass required (see Fig. 1(a) and Table 1).

7.2.2 The tup used in Geometry FB shall be made of tool steel hardened to 54 HRC or harder. The head shall have a diameter of 12.76 ± 0.1 mm (0.500 ± 0.003 in.) with a conical (50° included angle) configuration such that the conical surface is tangent to the hemispherical nose. A 6.4-mm (0.25-in.) diameter shaft is satisfactory (see Fig. 1(b) and Table 1).

7.2.3 The tup used for Geometry FC shall be made of tool steel hardened to 54 HRC or harder. The hemispherical head shall have a diameter of 38.1 ± 0.4 mm (1.5 ± 0.015 in.). A steel shaft about 13 mm (0.5 in.) in diameter shall be attached to the center of the flat surface of the head with its longitudinal

TABLE 1 Tup and Support Ring Dimensions

	Dimensions, mm (in.)	
	Tup Diameter	Inside Diameter Support Ring
FA	15.86 \pm 0.10 (0.625 \pm 0.004)	76.0 \pm 3.0 (3.00 \pm 0.12)
FB	12.7 \pm 0.1 (0.500 \pm 0.003)	38.1 \pm 0.8 (1.5 \pm 0.03)
FC	38.1 \pm 0.4 (1.5 \pm 0.010)	127.0 \pm 2.5 (5.00 \pm 0.10)
FD	12.70 \pm 0.25 (0.500 \pm 0.010)	76.0 \pm 3.0 (3.00 \pm 0.12)
FE	20.0 \pm 0.2 (0.787 \pm 0.008)	40.0 \pm 2.0 (1.57 \pm 0.08)
Geometry		

axis at 90° to that surface. The length of the shaft shall be great enough to accommodate the maximum mass (see Fig. 1(c) and Table 1).

7.2.4 The tup used in Geometry FD shall have a 12.70 \pm 0.25-mm (0.500 \pm 0.010-in.) diameter hemispherical head of tool steel hardened to 54 HRC or harder. A steel shaft about 8 mm (0.31 in.) in diameter shall be attached to the center of the

flat surface of the head with its longitudinal axis at 90° to the surface. The length of the shaft shall be great enough to accommodate the maximum mass required (see Fig. 1(d) and Table 1).

7.2.5 The tup used in Geometry FE shall have a 20.0 \pm 0.2-mm (0.787 \pm 0.008-in.) diameter hemispherical head of tool steel hardened to 54 HRC or harder. A steel shaft about 13 mm (0.5 in.) in diameter shall be attached to the center of the flat surface of the head

with its longitudinal axis at 90° to the surface. The length of the shaft shall be great enough to accommodate the maximum mass required (see Fig. 1(e) and Table 1).

7.2.6 The tup head shall be free of nicks, scratches, or other surface irregularities.

7.3 *Masses*—Cylindrical steel masses are required that have a center hole into which the tup shaft will fit. A variety of masses are needed if different materials or thicknesses are to be

TABLE 2 Minimum Size of Specimen

Geometry	Specimen Diameter, mm (in.)	Square Specimen, mm (in.)
FA	89 (3.5)	89 by 89 (3.5 by 3.5)
FB	51 (2.0)	51 by 51 (2.0 by 2.0)
FC	140 (5.5)	140 by 140 (5.5 by 5.5)
FD	89 (3.5)	89 by 89 (3.5 by 3.5)
FE	58 (2.3)	58 by 58 (2.3 by 2.3)

tested. The optimal increments in tup mass range from 10 g or less for materials of low impact resistance, to 1 kg or higher for materials of high impact resistance.

7.4 *Micrometer*, for measurement of specimen thickness. It should be accurate to within 1 % of the average thickness of the specimens being tested. See Test Methods D5947 for descriptions of suitable micrometers.

7.5 The mass of the tup head and shaft assembly and the additional mass required must be known to within an accuracy of 61 %.

8. Hazards

8.1 Safety Precautions:

8.1.1 Cushioning and shielding devices shall be provided to protect personnel and to avoid damage to the impinging surface of the tup. A tube or cage can contain the tup if it rebounds after striking a specimen.

8.1.2 When heavy weights are used, it is hazardous for an operator to attempt to catch a rebounding tup.

Figure 2 of Test Method [D2444](#) shows an effective mechanical “rebound catcher” employed in conjunction with a drop tube.

9. Sampling

9.1 Sample the material to meet the requirements of Section [14](#).

10. Test Specimens

10.1 Flat test specimens shall be large enough so that they can be clamped firmly if clamping is desirable. See [Table 2](#) for the minimum size of specimen that can be used for each test geometry.

10.2 The thickness of any specimen in a sample shall not differ by more than 5 % from the average specimen thickness of that sample. However, if variations greater than 5 % are unavoidable in a sample that is obtained from parts, the data shall not be used for referee purposes. For compliance with [ISO 6603-1](#) the test specimen shall be 60.62 mm (2.4608 in.) in diameter or 60.62 mm (2.4608 in.) square with a thickness of 2.601 mm (0.086004 in.). Machining specimens to reduce thickness variation is not permissible.

10.3 When the approximate mean failure mass for a given sample is known, 20 specimens will usually yield sufficiently precise results. If the approximate mean failure mass is unknown, six or more additional specimens should be used to determine the appropriate starting point of the test. For compliance with [ISO 6603-1](#) a minimum of 30 specimens must be tested.

10.4 Carefully examine the specimen visually to ensure that samples are free of cracks or other obvious imperfections or damages, unless these imperfections constitute variables under study. Samples known to be defective should not be tested for specification purposes. Production parts, however, should be tested in the as-received condition to determine conformance to specified standards.

10.5 Select a suitable method for making the specimen that will not affect the impact resistance of the material.

10.6 Specimens range from having flat smooth surfaces on both sides, being textured on one side and smooth

on the other side, or be textured on both surfaces. When testing, special attention must be paid to how the specimen is positioned on the support.

NOTE 4—As few as ten specimens often yield sufficiently reliable estimates of the mean-failure mass. However, in such cases the estimated standard deviation will be relatively large (1).

11. Conditioning

11.1 Unless otherwise specified, by contract or relevant ASTM material specification, condition the test specimens in accordance with Procedure A of Practice [D618](#), for those tests where conditioning is required. Temperature and humidity tolerances shall be in accordance with Section 7 of Practice [D618](#), unless otherwise specified by contract or relevant ASTM material specification. For compliance with ISO requirements, the specimens must be conditioned for a minimum of 16 h prior to testing or post conditioning in accordance with [ISO 291](#), unless the period of conditioning is stated in the relevant ISO specification for the material.

11.1.1 Note that for some hygroscopic materials, such as polyamides, the material specifications (for example, Classification System [D6779](#)) call for testing “dry as-molded specimens”. Such requirements take precedence over the above routine preconditioning to 50 % RH and require sealing the specimens in water vapor-impermeable containers as soon as molded and not removing them until ready for testing.

11.2 Conduct tests at the same temperature and humidity used for conditioning with tolerances in accordance with Section 7 of Practice [D618](#), unless otherwise specified by contract or relevant ASTM material specification.

11.3 When testing is desired at temperatures other than 23°C, transfer the materials to the desired test temperature within 30 min, preferably immediately, after completion of the preconditioning. Hold the specimens at the test temperature for no more than 5 h prior to test, and, in no case, for less than the time required to ensure thermal equilibrium in accordance with Section 10 of Test Method [D618](#).

12. Procedure

12.1 Determine the number of specimens for each sample to be tested, as specified in 10.3.

12.2 Mark the specimens and condition as specified in 11.1.

12.3 Prepare the test apparatus for the geometry (FA, FB, FC, FD, FE) selected.

12.4 Measure and record the thickness of each specimen in the area of impact. In the case of injection molded specimens, it is not necessary to measure each specimen. It is sufficient to measure and record thickness for one specimen when it has been previously demonstrated that the thickness does not vary by more than 5 %.

12.5 Choose a specimen at random from the sample.

12.6 Clamp or position the specimen. The same surface or area should be the target each time (see 6.2). When clamping is employed, the force should be sufficient to prevent motion of the clamped portion of the specimen when the tup strikes.

12.7 Unless otherwise specified, initially position the tup 0.660 ± 0.008 m (26.0 ± 0.3 in.) from the surface of the specimen.

12.8 Adjust the total mass of the tup or the height of the tup, or both, to that amount expected to cause half the specimens to fail.

NOTE 5—If failures cannot be produced with the maximum available missile mass, the drop height can be increased. The test temperature could be reduced by (a) use of an ice-water mixture, or (b) by air-conditioned environment to provide one of the temperatures given in 3.3 of Test Methods D618. Conversely, if the unloaded tup causes failures when dropped 0.660 m, the drop height can be decreased. A moderate change in dart velocity will not usually affect the mean-failure energy appreciably. Refer to 5.1.

12.9 Release the tup. Be sure that it hits the center of the specimen. If the tup bounces, catch it to prevent multiple impact damage to the specimen's surface (see 8.1.2).

12.10 Remove the specimen and examine it to determine whether or not it has failed. Permanent deformation alone is not considered failure, but note the extent of such deformation (depth, area). For some polymers, for example, glass-reinforced polyester, incipient cracking is difficult to determine with the naked eye. Exposure of the stressed surface to a penetrating dye, such as gentian violet, confirms the

onset of cracking. As a result of the wide range of failure types observed with different materials, the definition of failure defined in the material specification, or a definition agreed upon by supplier and user, shall take precedence over the definition stated in 3.2.1.

12.11 If the first specimen fails, remove one increment of mass from the tup while keeping the drop height constant, or decrease the drop height while keeping the mass constant (see 12.12). If the first specimen does not fail, add one increment of mass to the tup or increase the drop height one increment, as above. Then test the second specimen.

12.12 In this manner, select the impact height or mass for each test from the results observed with the specimen just previously tested. Test each specimen only once.

12.13 For best results, the mass or height increment used should be approximately equivalent to s , the estimated standard deviation of the test for that sample. An increment of 0.5 to 2 times s is satisfactory (see section 13.4).

NOTE 6—An increment of 10 % of the estimated mean-failure mass or mean-failure height has been found to be acceptable in most instances.

12.14 Keep a running plot of the data, as shown in Appendix X1. Use one symbol, such as X , to indicate a failure and a different symbol, such as O , to indicate a non-failure at each mass or height level.

12.15 For any specimen that gives a break behavior that appears to be an outlier, the conditions of that impact shall be examined. The specimen shall be discarded only if a unique cause for the anomaly can be found, such as an internal flaw visible in the broken specimen. Note that break behavior can vary widely within a set of specimens. Data from specimens that show atypical behavior shall not be discarded simply on the basis of such behavior.

13. Calculation

13.1 *Mean-Failure Mass*—If a constant-height procedure was used, calculate the mean-failure mass from the test data obtained, as follows:

$$\bar{w} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N w_i \quad (1)$$

13.2 *Mean-Failure Height*—If a constant-mass procedure was used, calculate the mean-failure height from the test data obtained, as follows:

$$h = h_o + d_h \sim A/N \quad (2)$$

where:

w = mean-failure mass, kg,

h = mean-failure height, mm,

d_w = increment of tup weight, kg,

d_h = increment of tup height, mm,

N = total number of failures or non-failures, whichever is smaller. For ease of notation, call whichever are used events,

w_o = smallest mass at which an event occurred, kg

h_o = lowest height at which an event occurred, mm (or in.),

$A = \sum_{i=0}^k i n_i$,

$i = 0, 1, 2, \dots, k$ (counting index, starts at h_o or w_o),

n_i = number of events that occurred at h_i or w_i ,

$w_i = w_o + i d_w$, and

$h_i = h_o + i d_h$.

In calculating w or h , the negative sign is used when the events are failures. The positive sign is used when the events are non-failures. Refer to the example in [Appendix X1](#).

13.3 *Mean-Failure Energy*—Compute the mean-failure energy as follows: $MFE = hwf$

where:

MFE = mean-failure energy, J, h = mean-failure height or constant height as applicable, mm

w = mean-failure mass or constant mass as applicable, kg, and

f = factor for conversion to joules.

Use $f = 9.80665 \times 10^{-3}$ if $h = \text{mm}$ and $w = \text{kg}$.

13.4 *Estimated Standard Deviation of the Sample*—If desired for record purposes, the estimated standard deviation of the sample for either variable mass or variable height can be calculated as follows:

$$s_w = 1.62 d_w \sqrt{B/N - 2} \sim A/N^2 \quad (3)$$

$$s_h = 1.62 d_h \sqrt{B/N - 2} \sim A/N^2 \quad (4)$$

where:

s_w = estimated standard deviation, mass, kg

s_h = estimated standard deviation, height, mm, and

$$B = \sum_{i=0}^k n_i^2 \quad (5)$$

The above calculation is valid for $[B/N - (A/N)^2] > 0.3$. If the value is < 0.3 , use Table I from Ref (3).

13.5 *Estimated Standard Deviation of the Sample Mean*— Calculate the estimated standard deviation of the sample mean-failure height or weight as follows:

$$S_w = G s_w / \sqrt{N} \quad (6)$$

or

$$S_h = G s_h / \sqrt{N} \quad (7)$$

where:

s_h = estimated standard deviation of the mean height, mm, s_w = estimated standard deviation of the mean mass, kg, and

G = factor that is a function of s/d (see Appendix X2). A sample computation of s_w is found in [Appendix X1](#).

NOTE 7—For values of G at other levels of s/d , see Fig. 22 in Ref (4).

13.6 *Estimated Standard Deviation of the Mean-Failure Energy*—Calculate the estimated standard deviation of the mean-failure energy as follows:

$$S_{MFE} = S_h \sqrt{w f} \quad (8)$$

or

$$S_{MFE} = S_w \sqrt{h f}, \text{ as applicable} \quad (9)$$

where:

S_{MFE} = estimated standard deviation of the mean-failure energy.

14. Report

14.1 Report the following information:

14.1.1 Complete identification of the sample tested, including type of material, source, manufacturer's code, form, principal dimensions, and previous history,

14.1.2 Method of preparation of specimens,

14.1.3 Whether surface of the specimen is smooth or textured, the level of and type of texture if known, and whether texture is on only one or both surfaces,

14.1.4 If the specimen is textured, report whether textured surface faces upward towards the dart or downward away from the dart,

14.1.5 Means of clamping, if any,

14.1.6 Statement of geometry (FA, FB, FC, FD, FE) and procedure used—constant mass or constant height,

14.1.7 Thickness of specimens tested (average and range).

14.1.8 Number of test specimens employed to determine the mean failure height or mass,

14.1.9 Mean-failure energy,

14.1.10 Types of failure, for example: (a) crack or cracks on one surface only (the plaque could still hold water), (b) cracks that penetrate the entire thickness (water would probably penetrate through the plaque), (c) brittle shatter (the plaque is in several pieces after impact), or (d) ductile failure (the plaque is penetrated by a blunt tear). Report other observed deformation due to impact, whether the specimens fail or not,

TABLE 3 Precision, Method FB

Material	Mean, J	Values Expressed as Percent of the Mean	
		V_r	r
Polymethyl Methacrylate (PMMA)	0.35	12.6	35.7
Styrene-Butadiene (SB) ^A	9.26	18.7	52.9
Acrylonitrile-Butadiene-Styrene (ABS) ^A	11.8	14.9	42.2

^AData generated in three laboratories.

V_r = within-laboratory coefficient of variation of the mean.

$r = 2.83 V_r$.

14.1.11 If atypical deformation for any specimen within a sample for that material is observed, note the assignable cause, if known,

14.1.12 Date of test and operator's identification,

14.1.13 Test temperature,

14.1.14 In no case shall results obtained with arbitrary geometries differing from those contained in these test methods be reported as values obtained by this test method (D5628), and

14.1.15 The test method number and published/revision date.

15. Precision and Bias

15.1 Tables 3 and 4 are based on a round robin⁹ conducted in 1972 involving three materials tested by six laboratories. Data from only four laboratories were used in calculating the values in these tables. Each test result was the mean of multiple individual determinations (Bruceton Staircase Procedure). Each laboratory obtained one test result for a material.

NOTE 8—The number of laboratories participating in the 1972 round robin and the number of results collected do not meet the minimum requirements of Practice E691. Data in Tables 3 and 4 should be used only for guidance, and not as a referee when there is a dispute between users of this test method.

15.1.1 *Polymethylmethacrylate (PMMA)*—Specimens were cut from samples of 3.18-mm (0.125-in.) thickness extruded sheet.

15.1.2 *Styrene-Butadiene (SB)*—Specimens were cut from samples of 2.54-mm (0.100-in.) thickness extruded sheet.

15.1.3 *Acrylonitrile-Butadiene-Styrene (ABS)*—Specimens were cut from samples of 2.64-mm (0.104-

⁹ Supporting data are available from ASTM Headquarters. Request RR:D201030.

in.) thickness extruded sheet. (**Warning**—The following explanations of r and R (15.2-15.2.3) are only intended to present a meaningful way of considering the approximate precision of this test method. The data in Tables 3 and 4 should not be rigorously applied to acceptance or rejection of material, as those data are specific to the round robin and not necessarily representative of other lots, conditions, materials, or laboratories. Users of this test method should apply the principles outlined in Practice E691 to generate data specific to their laboratory and materials, or between specific laboratories. The principles of 15.2-15.2.3 would then be valid for such data.)

15.2 *Concept of r and R* —If V_r and V_R have been calculated from a large enough body of data, and for test results that were

15.3 *Bias*—There are no recognized standards by which to estimate bias of this test method.

TABLE 4 Precision, Method FC

Material	Mean, J	of the Mean	Values Expressed as Percent	
			V_r	r
Polymethyl Methacrylate (PMMA)	1.33		4.13	11.7
Styrene-Butadiene (SB)	48.3		18.3	51.8

V_r = within-laboratory coefficient of variation of the mean. r = 2.83 V_r .

means from testing multiple individual specimens (Bruceton Staircase Procedure), the following applies:

15.2.1 *Repeatability, r* —In comparing two test results for the same material obtained by the same operator using the same equipment on the same day, the two test results should be judged not equivalent if they differ by more than the r value for that material.

15.2.2 *Reproducibility, R* —In comparing two test results for the same material obtained by different operators using different equipment in different laboratories, reproducibility statis-

tics were not calculated because data from only four and three laboratories do not justify making these calculations.

15.2.3 Any judgment in accordance with 15.2.1 would have an approximate 95 % (0.95) probability of being correct.

APPENDIX

(Nonmandatory Information)

X1. SAMPLE CALCULATIONS

X1.1 See below.

Total Dart Mass, kg	Outcome of Test (X = failure; O = non-failure)																				n_x	n_o	i	n_i	in_1	i^2n_1													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20																			
9.00						X															1	0	2	1	2	4													
8.00					O		X		X				X		X						4	1	1	4	4	4													
7.00		X		O				O		X		O		O		X		X		O	4	5	0	4	0	0													
6.00	O		O								O							O		O	0	5																	
Totals																					9	11				9	6	8	(N_x)	(N_o)									

$$w_o = 7.00; N = N_x = 9; d = 1.00$$

$$w = w_o + d(A/N - 0.5)$$

$$= 7.00 + 1.00 (6/9 - 0.5)$$

$$= 7.17 \text{ kg}$$

$$s = 1.620 d [((NB - A^2)/9^2) + 0.029]$$

$$= 1.620 (1.00) [((9 \cdot 8 - 6^2)/9^2) + 0.029]$$

$$= 0.77 \text{ kg}$$

$$s/d = 0.77/1.00 = 0.77; G = 1.035 \text{ (from Table X1.1)}$$

$$s_w = Gs/\sqrt{N} = 1.035 (0.77)/\sqrt{9} = 0.27 \text{ kg}$$

TABLE X1.1 Values of G for Obtaining the Estimated Standard Deviation of the Mean

<i>s/d</i>	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.40						1.18	1.175	1.17	1.16	1.155
0.50	1.15	1.145	1.14	1.135	1.13	1.125	1.12	1.11	1.105	1.10
0.60	1.095	1.09	1.085	1.08	1.075	1.07	1.07	1.065	1.06	1.06
0.70	1.055	1.055	1.05	1.05	1.045	1.04	1.04	1.035	1.035	1.03
0.80	1.03	1.025	1.025	1.02	1.02	1.02	1.015	1.015	1.015	1.01
0.90	1.01	1.01	1.005	1.005	1.005	1.00	1.00	1.00	0.995	0.995
1.00	0.995	0.99	0.99	0.99	0.985	0.985	0.985	0.985	0.98	0.98
1.10	0.98	0.98	0.98	0.975	0.975	0.975	0.975	0.975	0.975	0.97
1.20	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.965	0.965	0.965	0.965
1.30	0.965	0.965	0.965	0.965	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96
1.40	0.96	0.96	0.96	0.955	0.955	0.955	0.955	0.955	0.955	0.955
1.50	0.955	0.955	0.955	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
1.60	0.95	0.95	0.95	0.95	0.945	0.945	0.945	0.945	0.945	0.945
1.70	0.945	0.945	0.945	0.945	0.945	0.945	0.94	0.94	0.94	0.94
1.80	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.935
1.90	0.935	0.935	0.935	0.935	0.935	0.935	0.935	0.935	0.935	0.935
2.00	0.935	0.935	0.935	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93

REFERENCES

- (1) Brownlee, K. A., Hodgest, J. L., Jr., and Rosenblatt, Murray, "The Up-and-Down Method with Small Samples," *American Statistical Association Journal*, Vol 48, 1953, pp. 262–277.
- (2) Hagan, R. S., Schmitz, J. V., and Davis, D. A., "Impact Testing of High Impact Thermoplastic Sheet," *Technical Papers, 17th Annual Technical Conference of SPE, SPPPB*, Vol VIII, January 1961.
- (3) "Test Method A—Falling Dart Impact, Proposed Method of Test for Impact Resistance of Fabricated Plastics Parts," *Proposed Test Methods for Plastics Parts Used in Appliances*, the Society of the Plastics Industry, New York, NY, January 1965.
- (4) Weaver, O. R., "Using Attributes to Measure a Continuous Variable in Impact Testing Plastic Bottles," *Materials Research and Standards, MR & S*, Vol 6, No. 6, June 1966, pp. 285–291.
- (5) Natrella, M. G., *Experimental Statistics*, National Bureau of Standards Handbook 91, October 1966, pp. 10–22 and 10–23.

SUMMARY OF CHANGES

Committee D20 has identified the location of selected changes to this standard since the last issue (D5628 - 07) that may impact the use of this standard. (July 1, 2010)

- (1) Revised 11.1 and 11.2 for consistency with Practice D618. (2)
 Revised 12.4 to allow measurement of only one specimen for injection molded specimens.

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you

may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the ASTM website (www.astm.org/ COPYRIGHT/).

ANEXO 1. AEROPOXI PR2032



NEW HARDENER

PR2032

**Laminating Resin
For Composite Parts**



DESCRIPTION

PR2032 is a medium viscosity, unfilled, light amber laminating resin that is designed for structural production applications. When used with the three hardeners listed here, the combinations provide excellent wet-out of fiber glass, carbon and aramid fibers. Special additives have been incorporated into these products to promote chemical adhesion to fabrics made with these fibers. Typical applications include aircraft and sail plane skins and structural components, auto bodies, radomes and proto type parts.

Hardeners PH3660, PH3663 and PH3665 are the standard production hardeners for fabricating composite parts. PH3660 has a one hour working time, PH3663 has 90 minutes, and PH3665 has been developed to provide a longer working time for larger and/or more complicated laminates when needed. All three of these hardeners will cure completely at room temperature without additional heat.

PH3663 is a newer addition to the AEROPOXY line that offers some unique characteristics for certain uses. The mixed viscosity of the system when using PH3663 is considerably lower than the other laminating hardeners. This allows easy penetration of thicker fabrics during hand lay-up, and provides a good system for the infusion process. Also, even though it has a working time 50% longer than PH3660, it cures essentially the same time as PH3660. Cured properties with the PH3663 maintain the high standard set by the AEROPOXY line.

PH3630 is a faster setting hardener that can be used for patching and repairs, and smaller laminates. PH3630 has a similar viscosity to PH3660 and PH3665, so handling will be similar, except for the faster cure.

These products can be considered low toxicity materials that have minimum hazard potential when used properly and in a clean and responsible manner. PR2032 does not contain any hazardous diluents or extenders. Hardeners PH3660, PH3663, PH3665 and PH3630 do not contain methylene dianiline (MDA), or other potentially harmful ingredients. Neither the resin nor the hardeners will crystallize in normal

shipping and storage conditions, including refrigerated storage. Both components have excellent moisture resistance, forming no problems in high humidity environments.

PRODUCT SPECIFICATIONS

	PR2032	PH3630	PH3660	PH3663	PH3665	ASTM Method
Color	Lt. Amber	Amber	Amber	Lt. Amber	Amber	Visual
Viscosity @77°F. centipoise	1,650 cps	150-175 cps	190-200 cps	35 cps	200-250 cps	D2392
Specific Gravity gms./cc	1.15	0.96	0.96	0.97	0.95	D1475
Mix Ratio. By Wt.		30 minutes	1 hour	90 minutes	2 hours	PTM&W
Pot Life, 4 fl. Oz. Mass @ 77°F		100 : 27 By Weight, or 3 to 1 By Volume		100 : 25 By Weight	100 : 27 By Wt, or 3 to 1 By Vol.	D2471

HANDLING and CURING

PH3660, PH3663 and PH3665 are the hardeners typically used to fabricate high performance composite parts. PH3660 has a one hour working time, and can be used for all sizes of parts using the contact layup method of fabrication. If the vacuum bagging technique is being used, PH3660 should only be used for smaller parts. Hardener PH3665 has a longer working time that is useful for vacuum bagging larger parts before the resin has gelled. PH3663 falls between these two hardeners, and can be used for parts somewhat larger than would be produced with PH3660, while maintaining a faster cure than with PH3665. In any case, with either of these three hardeners, plan to allow the laminate to cure at least 24 hours, at a minimum of

72°F, before moving the structure. This can be accelerated by applying heat after the resin has gelled. Be careful using heat guns and lamps, as they tend to concentrate heat, producing localized hot spots which can damage the epoxy. These systems can be cured at ambient temperatures, or given an elevated temperature cure. The higher the curing temperature, the higher the resulting service temperature. With a higher temperature cure, a safe service temperature over 200°F can be obtained.

Hardener PH3630 will cure completely at room temperature, and does not require a heat cure. It is intended for fast repairs or additions to a primary structure, and for parts that will be exposed to lower service temperatures. All primary structures should be fabricated with PH3660, PH3663 or PH3665 to take advantage of their longer work life and better service temperature capabilities.

Inasmuch as PTM&W Industries, Inc. has no control over the use to which others may put material, it does not guarantee that the same results as those described herein will be obtained. The above data was obtained under laboratory conditions, and to the best of our knowledge is accurate. This information is presented in good faith to assist the user in determining whether our products are suitable for his application. No warranty or representation, however is intended or made, nor is protection from any law or patent to be inferred, and all patent rights are reserved. Before using, user shall determine the suitability of the product for his intended use, and user assumes all risk and liability whatsoever in connection therewith. In no event will PTM&W Industries, Inc. be liable for incidental or consequential damages. Buyer's sole and exclusive remedy in such instances shall be limited to replacement of the purchase price.

PR2032 Laminating Resin For Composite Parts, Page 2

TIPI CAL ME CHANI CAL

	PR2032 PH3630	PR2032 with PH3660				PR2032 PH3663	PR2032 PH3665	ASTM Method
		Neat Resin (Unreinforced)	With Fiber glass	With Graphite	With Kevlar			
Mix Ratio		100 : 27 By Weight, or 3 to 1 By Volume				100 : 25 By Weight	100:27 By Wt. 3 to 1 By Vol.	PTM&W
Pot Life, @ 77°F	30 minutes	1 hour				1.5 Hour	2 hours	D2471
Color	Lt. Amber	Light Amber				Light Amber	Lt. Amber	Visual
Mixed Viscosity, @77°F, cps	800-875 cps	900 - 950 cps				440 cps	925-975 cps	D2393
Cured Hardness, Shore D	88 Shore D	88 Shore D				87 Shore D	87 Shore D	D2240
Specific Gravity, grams, cc	1.16	1.11				1.109	1.12	D1475
Density, lb./cu. Inch	.0420	.0401				.0401	.0410	D792
Specific Volume, cu. in./lb.	23.8	25.0				24.96	24.4	D792
Tensile Strength, psi ⁽¹⁾	45,350 psi	9828 psi	45,170 psi	75,640 psi	45,400 psi	40,010 psi	45,870 psi	D638
Elongation at Break, % ⁽¹⁾	1.91 %	1.90 %	1.96 %	0.91 %	1.31 %	1.67 %	1.98 %	D638
Tensile modulus, psi ⁽¹⁾	2,800,000 psi	418,525 psi	2,620,000 psi	8,170,000 psi	3,770,000 psi	2,647,520 psi	2,520,000 psi	D638
Flexural Strength, psi ⁽¹⁾	68,167 psi	16,827 psi	62,285 psi	96,541 psi	34,524 psi	65,461 psi	66,667 psi	D790
Flexural Modulus, psi ⁽¹⁾	2,770,000 psi	462,910 psi	2,560,000 psi	6,480,000 psi	2,500,000 psi	2,639,766 psi	3,050,000 psi	D790

Glass Transition Temp., Tg	194°F	196°F	194°F	194°F	TMA
Thermal Coef. of Expansion Range:	3.7 x 10 ⁻⁵ in./in./°F	4.3 x 10 ⁻⁵ in./in./°F	4.14 x 10 ⁻⁵ in./in./°F	4.15 x 10 ⁻⁵ in./in./°F	D696
⁽¹⁾ Fiber glass Properties Derived with A 10 Ply Laminate, Hand Lay-up, Style 181 Glass Fabric, 55% Glass Content; Graphite Properties with a 10 Ply Laminate of 5.6 oz. 3K Fabric; and Kevlar Properties with A 10 Ply Laminate of 5 oz. Kevlar					

PROPERTIES



PACKAGING WEIGHTS



	Quart Kit	Gal lon Kit	Pail Kit	Drum Kit				
PR2032	2.25 lb.	7.5 lb.	48 lb.	500 lb.				
PH3630, PH3660 or PH3665	.66 lb.	2 lb.	13 lb.	135 lb.				
PH3663	.6 lb.	1.9 lb.	12 lb.	126 lb.				
Kit	2.9 lb.	2.85 lb.	9.5 lb.	9.4 lb.	61 lb.	60 lb.	635 lb.	626 lb.

SAFETY and HANDLING

PTM&W AEROPOXY epoxy products are made from raw materials carefully chosen to minimize or even eliminate toxic chemicals, and therefore offer the user high performance products with minimum hazard potential when properly used. Generally, the PTM&W AEROPOXY epoxy resins and hardeners will present no handling problems if users exercise care to protect the skin and eyes, and if good ventilation is provided in the work areas. However, all epoxy resins and hardeners can be irritating to the skin, and prolonged contact may result in sensitization; and breathing of mist or vapors may cause allergic respiratory reaction, especially in highly sensitive individuals. As such, avoid contact with eyes and skin, and avoid breathing vapors. Wear protective rubber apron, clothing, gloves, face shield or other items as required to prevent contact with the skin. In case of skin contact, immediately wash with soap and water, followed by a rinse of the area with vinegar, and then a further wash with soap and water. The vinegar will neutralize the hardener and lessen the chances of long term effects. Use goggles, a face shield, safety glasses or other items as required to prevent contact with the eyes. If material gets into the eyes, immediately flush with water for at least 15 minutes and call a physician. Generally, keep the work area as uncluttered and clean as possible, and clean up any minor spills immediately to prevent accidental skin contact at a later time. Keep tools clean and properly stored. Dispose of trash and empty containers properly. Do not use any of these types of products until Material Safety Data Sheets have been read and understood.



PTM&W Industries, Inc.

10640 S. Painter Avenue Santa Fe Springs, CA 90670-4092

562-946-4511 800-421-1518 FAX: 562-941-4773

Visit Us At: www.aerpoxy.com Send Questions To: info@aerpoxy.com



CENTRO DE TRANSFERENCIA Y TECNOLOGÍA FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA - UTA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
INGENIERÍA MECÁNICA

RESISTENCIA DE IMPACTO SEGÚN ASTM D 5628-10

NOVIEMBRE DE 2019
AMBATO – ECUADOR

INFORME TÉCNICO **Lb1-0001-2019**

Objetivo

Establecer y mantener un método para evaluar la energía media de impacto en polímeros.

Alcance

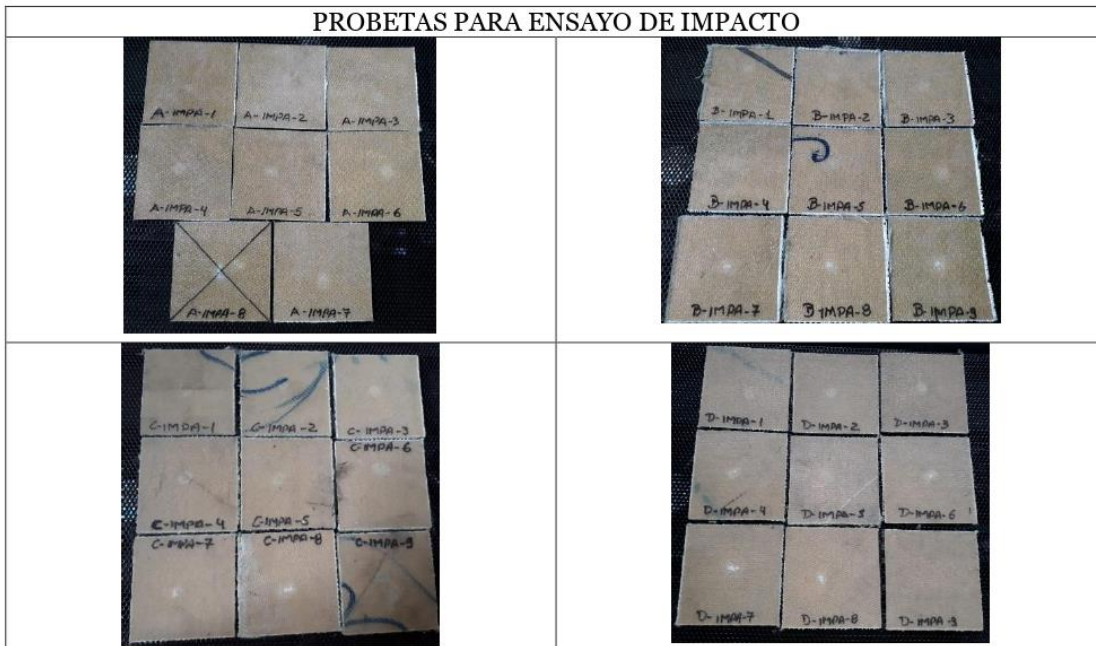
Determinación de energía necesaria para el fallo de polímeros por impacto de dardo según las especificaciones señaladas en la norma ASTM D 5628-10

ANTECEDENTES:

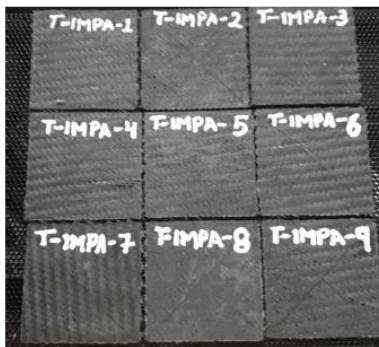
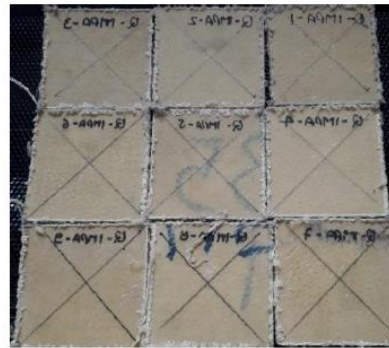
Con fecha 11 de noviembre de 2019, el Sr Vinicio Daniel Silva Barrionuevo domiciliado en la ciudad de Ambato, solicita al Centro de Transferencia y Tecnología de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, para medir la energía media de impacto de muestras de material compuesto.

Se reciben 198 muestras o probetas, en veinte y dos grupos bajo las designaciones: A-IMPA, B-IMPA, C-IMPA, D-IMPA, E-IMPA, F-IMPA, G-IMPA, H-IMPA, I-IMPA, J-IMPA, K-IMPA, L-IMPA, M-IMPA, N-IMPA, Ñ-IMPA, O-IMPA, P-IMPA, Q-IMPA, R-IMPA, S-IMPA, T-IMPA y U-IMPA. en grupos de 9 probetas cada uno. De dimensiones de 58x58 mm. Todos los grupos presentan superficies lisas.

PROBETAS PARA ENSAYO DE IMPACTO







PROCESO GENERAL:

- Determinación de número de especímenes para cada muestra
- Mantener hermetizadas las muestras hasta el ensayo y marcarlas para su identificación.
- Preparación de máquina de ensayo para la geometría preestablecida (FA,FB,FC,FD,FE) en este caso para el tipo FE dadas las dimensiones de la probeta.

Geometría	Diámetro de la Probeta mm	Probeta Cuadrada mm
FA	89	89
FB	51	51
FC	140	140
FD	89	89
FE	58	58

- Medición y registro del espesor de cada muestra, el cual se muestra en los resultados del ensayo.
- Realizar la prueba de impacto con probetas de calibración, fuera de los grupos mostrados anteriormente y localizamos el rango de falla del material.
- Se colocan las mordazas utilizando una fuerza que permita la inmovilidad de la probeta al momento del impacto.



- Colocar la masa a la altura preestablecida, según el método de prueba seleccionado.



- Se libera el dardo asegurándonos que golpe justo en el centro de la muestra, impidiendo cualquier rebote del dardo.
- Retirar la muestra y revisar si ha fallado o no. Considerando que una falla es cualquier grieta o ruptura generado por el impacto el cual pueda ser distinguido por el ojo humano bajo luz normal en condiciones normales.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
Centro de Transferencia y Tecnología			
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS			
DATOS INFORMATIVOS:			
Fecha:	11/11/2019	Ciudad:	Ambato
Lugar:	Laboratorios de Materiales	Campus Huachi	
Equipo:	Maquina tipo caída de masas de Impacto		
Realizado por:	Gustavo Pomaquero	Revisado por:	Ing. Sebastián Villegas
Tipo de material:		Orden:	
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de Medición:	Energía Media de Impacto (J)	Norma:	ASTM D5628-10
Dimensiones (mm):	58mm x 58mm	Nº de probetas:	198

Probetas	Ancho(mm)	Largo(mm)	Espesor(mm)	Masa aplicada(Kg)	Incremento de masa(Kg)	Altura media de fallo (mm)	Energía media de fallo(J)	Criterio
A-IMPA-1	56,66	58,33	1,38	0,223	0	100	0,219	No falla
A-IMPA-2	58,2	58,21	1,36	0,223	0	200	0,437	No falla
A-IMPA-3	59,77	58,13	1,41	0,223	0	300	0,656	No falla
A-IMPA-4	58,18	59,33	1,31	0,223	0	400	0,875	Se observa una mancha blanca
A-IMPA-5	59,23	58,11	1,28	0,223	0	450	0,984	Se observa una mancha blanca
A-IMPA-6	58,36	58,15	1,34	0,223	0	500	1,093	Se observa una mancha blanca
A-IMPA-7	58,24	58,16	1,3	0,223	0	600	1,312	Se observa una mancha blanca
A-IMPA-8	58,09	58,37	1,33	0,223	0	800	1,750	Falla
A-IMPA-9								

Probetas	Ancho(mm)	Largo(mm)	Espesor(mm)	Masa aplicada(Kg)	Incremento de masa(Kg)	Altura media de fallo (mm)	Energía media de fallo(J)	Criterio
B-IMPA-1	57,65	58,31	1,49	0,223	0	300	0,656	No falla
B-IMPA-2	58,29	58,81	1,59	0,223	0	400	0,875	No falla
B-IMPA-3	58,31	60,6	1,46	0,223	0	500	1,093	No falla
B-IMPA-4	58,3	58,19	1,47	0,223	0	600	1,312	No falla
B-IMPA-5	59,29	58,48	1,52	0,223	0	700	1,531	No falla
B-IMPA-6	58,7	58,3	1,49	0,223	0	800	1,750	No falla
B-IMPA-7	58,57	58,4	1,49	0,223	0	900	1,968	Falla
B-IMPA-8	58,6	58,31	1,5	0,223	0	1000	2,187	Falla
B-IMPA-9	58,54	58,42	1,45	0,223	0	1100	2,406	Falla

Probetas	Ancho(mm)	Largo(mm)	Espesor(mm)	Masa aplicada(Kg)	Incremento de masa(Kg)	Altura media de fallo (mm)	Energía media de fallo(J)	Criterio
C-IMPA-1	57,85	58,55	2,18	0,223	0	300	0,656	No falla
C-IMPA-2	58,81	59,23	2,27	0,223	0	400	0,875	No falla
C-IMPA-3	57,56	59,13	2,13	0,223	0	500	1,093	No falla
C-IMPA-4	59,2	58,77	2,12	0,223	0	600	1,312	No falla
C-IMPA-5	58,31	58,46	2,1	0,223	0	700	1,531	No falla
C-IMPA-6	58,6	58,73	1,81	0,223	0	800	1,750	No falla

C-IMPA-7	58,5	58,41	1,64	0,223	0	900	1,968	Se observa una mancha blanca
C-IMPA-8	58,75	59,01	1,74	0,223	0	1000	2,187	Falla
C-IMPA-9	58,61	58,62	1,58	0,223	0	1100	2,406	Falla

Probetas	Ancho(mm)	Largo(mm)	Espesor(mm)	Masa aplicada(Kg)	Incremento de masa(Kg)	Altura media de fallo (mm)	Energia media de fallo(J)	Criterio
D-IMPA-1	58,35	58,84	1,56	0,223	0,211	300	1,277	No falla
D-IMPA-2	58,4	58,24	1,5	0,223	0,211	400	1,702	Se observa una mancha blanca
D-IMPA-3	58,43	58,7	1,49	0,223	0,211	450	1,915	Se observa una mancha blanca
D-IMPA-4	58,35	58,49	1,51	0,223	0,211	500	2,128	Se observa una mancha blanca
D-IMPA-5	58,37	58,59	1,52	0,223	0,211	550	2,341	Se observa una mancha blanca
D-IMPA-6	58,49	58,8	1,55	0,223	0,211	600	2,554	Falla
D-IMPA-7	58,75	58,44	1,62	0,223	0,211	650	2,766	Falla
D-IMPA-8	58,65	58,38	1,68	0,223	0,211	700	2,979	Falla
D-IMPA-9	58,4	58,65	1,54	0,223	0,211	800	3,405	Falla

Probetas	Ancho(mm)	Largo(mm)	Espesor(mm)	Masa aplicada(Kg)	Incremento de masa(Kg)	Altura media de fallo (mm)	Energia media de fallo(J)	Criterio
E-IMPA-1	58,85	58,58	1,86	0,223	0,211	300	1,277	No falla
E-IMPA-2	58,54	58,41	1,91	0,223	0,211	400	1,702	No falla
E-IMPA-3	57,98	58,52	1,81	0,223	0,211	450	1,915	No falla
E-IMPA-4	58,31	58,66	1,82	0,223	0,211	500	2,128	Se observa una mancha blanca
E-IMPA-5	58,36	58,32	1,78	0,223	0,211	550	2,341	Se observa una mancha blanca
E-IMPA-6	58,64	58,49	1,9	0,223	0,211	600	2,554	Se observa una mancha

E- IMPA-7	58,51	58,78	1,78	0,223	0,211	700	2,979	blanca Se observa una mancha blanca
E- IMPA-8	58,5	58,57	1,93	0,223	0,211	800	3,405	Falla
E- IMPA-9	58,55	58,58	1,85	0,223	0,211	900	3,830	Falla

Probetas	Ancho(mm)	Largo(mm)	Espesor(mm)	Masa aplicada(Kg)	Incremento de masa(Kg)	Altura media de fallo (mm)	Energia media de fallo(J)	Criterio
F-IMPA-1	57,37	58,36	1,85	0,223	0,211	400	1,702	No falla
F-IMPA-2	59,7	58,59	1,9	0,223	0,211	500	2,128	No falla
F-IMPA-3	58,79	58,37	1,9	0,223	0,211	600	2,554	No falla
F-IMPA-4	58,4	58,32	1,87	0,223	0,211	700	2,979	Se observa una mancha blanca
F-IMPA-5	58,43	59	1,89	0,223	0,211	750	3,192	Se observa una mancha blanca
F-IMPA-6	59,07	58,43	1,91	0,223	0,211	800	3,405	Falla
F-IMPA-7	58,53	58,4	1,93	0,223	0,211	900	3,830	Falla
F-IMPA-8	58,46	58,59	1,88	0,223	0,211	1000	4,256	Falla
F-IMPA-9	58,48	58,28	1,89	0,223	0,211	1100	4,682	Falla

Probetas	Ancho(mm)	Largo(mm)	Espesor(mm)	Masa aplicada(Kg)	Incremento de masa(Kg)	Altura media de fallo (mm)	Energia media de fallo(J)	Criterio
G- IMPA-1	58,5	59,39	1,84	0,223	0,211	400	1,702	No falla
G- IMPA-2	58,49	57,94	1,95	0,223	0,211	500	2,128	No falla
G- IMPA-3	58,32	58,36	1,9	0,223	0,211	600	2,554	No falla
G- IMPA-4	58,76	58,37	1,87	0,223	0,211	700	2,979	Se observa una mancha blanca
G- IMPA-5	58,35	58,53	1,81	0,223	0,211	800	3,405	Falla
G- IMPA-6	58,29	58,48	1,86	0,223	0,211	900	3,830	Falla
G- IMPA-7	58,32	58,92	1,9	0,223	0,211	1000	4,256	Falla
G- IMPA-8	58,64	58,58	1,81	0,223	0,211	1100	4,682	Falla
G- IMPA-9	58,46	58,7	1,88	0,223	0,211	1200	5,107	Falla

Probetas	Ancho(mm)	Largo(mm)	Espesor(mm)	Masa aplicada(Kg)	Incremento de masa(Kg)	Altura media de fallo (mm)	Energía media de fallo(J)	Criterio
H-IMPA-1	58,26	58,29	1,22	0,223	0	400	0,875	No falla
H-IMPA-2	58,1	58,14	1,2	0,223	0	500	1,093	Se observa una mancha blanca
H-IMPA-3	58,09	57,29	1,26	0,223	0	550	1,203	Se observa una mancha blanca
H-IMPA-4	58,11	58,16	1,21	0,223	0	600	1,312	Se observa una mancha blanca
H-IMPA-5	58,15	58,11	1,17	0,223	0	650	1,421	Se observa una mancha blanca
H-IMPA-6	58,17	58,14	1,11	0,223	0	700	1,531	Falla
H-IMPA-7	58,04	58,09	1,17	0,223	0	750	1,640	Falla
H-IMPA-8	58,14	58,08	1,27	0,223	0	800	1,750	Falla
H-IMPA-9	58,59	58,21	1,25	0,223	0	900	1,968	Falla

Probetas	Ancho(mm)	Largo(mm)	Espesor(mm)	Masa aplicada(Kg)	Incremento de masa(Kg)	Altura media de fallo (mm)	Energía media de fallo(J)	Criterio
I-IMPA-1	59,43	58,22	1,43	0,223	0	400	0,875	No falla
I-IMPA-2	58,1	58,47	1,55	0,223	0	500	1,093	No falla
I-IMPA-3	58,67	58,18	1,45	0,223	0	550	1,203	Se observa una mancha blanca
I-IMPA-4	58,27	58,8	1,58	0,223	0	600	1,312	Falla
I-IMPA-5	58,18	59,49	1,36	0,223	0	650	1,421	Falla
I-IMPA-6	58,09	58,6	1,43	0,223	0	700	1,531	Falla
I-IMPA-7	58,24	58,79	1,41	0,223	0	750	1,640	Falla
I-IMPA-8	58,83	58,24	1,43	0,223	0	800	1,750	Falla
I-IMPA-9	58,87	58,14	1,47	0,223	0	900	1,968	Falla

Probetas	Ancho(mm)	Largo(mm)	Espesor(mm)	Masa aplicada(Kg)	Incremento de masa(Kg)	Altura media de fallo (mm)	Energía media de fallo(J)	Criterio
J-IMPA-1	57,94	58,25	1,48	0,223	0	400	0,875	No falla
J-IMPA-2	58,19	58,13	1,36	0,223	0	500	1,093	No falla
J-IMPA-3	58,25	58,23	1,34	0,223	0	550	1,203	No falla

J-IMPA-4	58,05	58,17	1,26	0,223	0	600	1,312	Se observa una mancha blanca
J-IMPA-5	58,05	58,17	1,27	0,223	0	650	1,421	Se observa una mancha blanca
J-IMPA-6	58,12	58,18	1,37	0,223	0	700	1,531	Falla
J-IMPA-7	58,04	58,08	1,38	0,223	0	750	1,640	Falla
J-IMPA-8	58,05	58,2	1,43	0,223	0	800	1,750	Falla
J-IMPA-9	58,39	58,1	1,47					

Probetas	Ancho(mm)	Largo(mm)	Espesor(mm)	Masa aplicada(Kg)	Incremento de masa(Kg)	Altura media de fallo (mm)	Energia media de fallo(J)	Criterio
K-IMPA-1	58,2	58,05	1,51	0,223	0	400	0,875	No falla
K-IMPA-2	58,11	58,3	1,5	0,223	0	500	1,093	No falla
K-IMPA-3	58,04	58,22	1,5	0,223	0	550	1,203	No falla
K-IMPA-4	58,04	58,23	1,56	0,223	0	600	1,312	Se observa una mancha blanca
K-IMPA-5	58,59	58,21	1,56	0,223	0	650	1,421	Se observa una mancha blanca
K-IMPA-6	58,24	58,13	1,54	0,223	0	700	1,531	Se observa una mancha blanca
K-IMPA-7	58,25	58,19	1,6	0,223	0	750	1,640	Se observa una mancha blanca
K-IMPA-8	58,2	58,15	1,55	0,223	0	800	1,750	Se observa una mancha blanca
K-IMPA-9	58,2	58,02	1,57	0,223	0,211	600	2,554	Falla

Probetas	Ancho(mm)	Largo(mm)	Espesor(mm)	Masa aplicada(Kg)	Incremento de masa(Kg)	Altura media de fallo (mm)	Energia media de fallo(J)	Criterio
L-IMPA-1	58,19	57,9	1,51	0,223	0,211	300	1,277	No falla
L-IMPA-2	58,04	58,03	1,49	0,223	0,211	350	1,490	Se observa una mancha blanca
L-IMPA-3	58,2	58,05	1,53	0,223	0,211	400	1,702	Se observa una mancha blanca
L-IMPA-4	58,14	59,14	1,67	0,223	0,211	450	1,915	Se observa una mancha blanca
L-IMPA-5	57,1	58,18	1,68	0,223	0,211	500	2,128	Falla
L-IMPA-6	58,18	58,3	1,49	0,223	0,211	550	2,341	Falla
L-IMPA-7	58,2	58,19	1,68	0,223	0,211	600	2,554	Falla
L-IMPA-8	58,2	58,22	1,59	0,223	0,211	650	2,766	Falla
L-IMPA-9	58,15	58,24	1,57	0,223	0,211	700	2,979	Falla

9								
Probetas	Ancho(mm)	Largo(mm)	Espesor(mm)	Masa aplicada(Kg)	Incremento de masa(Kg)	Altura media de fallo (mm)	Energia media de fallo(J)	Criterio
M-IMPA-1	58,57	58,6	1,91	0,223	0,264	500	2,388	No falla
M-IMPA-2	58,46	58,46	1,7	0,223	0,264	600	2,866	Falla
M-IMPA-3	58,74	57,25	1,91	0,223	0,264	700	3,343	Falla
M-IMPA-4	58,96	60,12	1,92	0,223	0,264	800	3,821	Falla
M-IMPA-5	58,59	58,4	1,86	0,223	0,264	900	4,298	Falla
M-IMPA-6	58,75	58,69	1,78	0,223	0,264	1000	4,776	Falla
M-IMPA-7	58,56	58,61	1,75	0,223	0,264	1100	5,253	Falla
M-IMPA-8	58,71	58,56	1,88	0,223	0,264	1200	5,731	Falla
M-IMPA-9	58,6	58,62	1,84	0,223	0,264	1300	6,209	Falla

Probetas	Ancho(mm)	Largo(mm)	Espesor(mm)	Masa aplicada(Kg)	Incremento de masa(Kg)	Altura media de fallo (mm)	Energia media de fallo(J)	Criterio
N-IMPA-1	58,48	58,61	2,26	0,223	0,264	300	1,433	No falla
N-IMPA-2	58,57	59,08	2,21	0,223	0,264	400	1,910	No falla
N-IMPA-3	58,67	58,39	2,38	0,223	0,264	500	2,388	No falla
N-IMPA-4	58,57	58,76	2,28	0,223	0,264	600	2,866	No falla
N-IMPA-5	58,72	58,44	2,69	0,223	0,264	700	3,343	No falla
N-IMPA-6	58,61	58,63	2,48	0,223	0,264	800	3,821	Falla
N-IMPA-7	58,59	58,45	2,33	0,223	0,264	900	4,298	Falla
N-IMPA-8	59,18	58,45	2,04	0,223	0,264	1000	4,776	Falla
N-IMPA-9	58,81	58,54	2,15	0,223	0,264	1100	5,253	Falla

Probetas	Ancho(mm)	Largo(mm)	Espesor(mm)	Masa aplicada(Kg)	Incremento de masa(Kg)	Altura media de fallo (mm)	Energia media de fallo(J)	Criterio
Ñ-IMPA-1	60,23	58,7	2,73	0,223	0,264	300	1,433	No falla
Ñ-IMPA-2	57,54	58,68	2,46	0,223	0,264	400	1,910	No falla
Ñ-IMPA-3	58,92	58,02	2,43	0,223	0,264	500	2,388	No falla
Ñ-IMPA-4	58,47	58,55	2,51	0,223	0,264	600	2,866	No falla
Ñ-IMPA-5	58,62	58,68	2,42	0,223	0,264	700	3,343	No falla
Ñ-IMPA-6	58,53	58,28	2,81	0,223	0,264	800	3,821	No falla
Ñ-IMPA-7	58,53	58,7	2,25	0,223	0,264	900	4,298	Falla
Ñ-IMPA-8	58,89	58,49	2,42	0,223	0,264	1000	4,776	Falla
Ñ-IMPA-9	58,94	58,5	2,24	0,223	0,264	1100	5,253	Falla

Probetas	Ancho(mm)	Largo(mm)	Espesor(mm)	Masa aplicada(Kg)	Incremento de masa(Kg)	Altura media de fallo (mm)	Energia media de fallo(J)	Criterio
O- IMPA-1	58,84	59,22	2,78	0,223	0,264	300	1,433	No falla
O- IMPA-2	59	57,75	2,87	0,223	0,264	400	1,910	No falla
O- IMPA-3	58,74	58,57	2,74	0,223	0,264	500	2,388	No falla
O- IMPA-4	58,4	58,67	2,62	0,223	0,264	600	2,866	No falla
O- IMPA-5	58,59	58,7	2,91	0,223	0,264	700	3,343	Falla
O- IMPA-6	58,73	58,65	2,89	0,223	0,264	800	3,821	Falla
O- IMPA-7	58,79	58,64	2,79	0,223	0,264	900	4,298	Falla
O- IMPA-8	58,56	58,55	2,66	0,223	0,264	1000	4,776	Falla
O- IMPA-9	58,55	58,77	2,6	0,223	0,264	1100	5,253	Falla

Probetas	Ancho(mm)	Largo(mm)	Espesor(mm)	Masa aplicada(Kg)	Incremento de masa(Kg)	Altura media de fallo (mm)	Energia media de fallo(J)	Criterio
P- IMPPA-1	58,95	58,67	2,75	0,223	0,264	300	1,433	No falla
P-IMPA- 2	58,81	57,59	3,01	0,223	0,264	400	1,910	No falla
P-IMPA- 3	58,74	58,44	2,73	0,223	0,264	500	2,388	No falla
P- IMPPA-4	58,45	58,73	2,69	0,223	0,264	600	2,866	No falla
P-IMPA- 5	58,57	58,6	2,77	0,223	0,264	700	3,343	No falla
P-IMPA- 6	58,44	58,64	2,82	0,223	0,264	800	3,821	No falla
P- IMPPA-7	58,58	58,67	2,79	0,223	0,264	900	4,298	No falla
P-IMPA- 8	58,62	58,7	2,81	0,223	0,264	1000	4,776	No falla
P-IMPA- 9	58,48	58,64	2,5	0,223	0,316	1100	5,814	Falla

Probetas	Ancho(mm)	Largo(mm)	Espesor(mm)	Masa aplicada(Kg)	Incremento de masa(Kg)	Altura media de fallo (mm)	Energia media de fallo(J)	Criterio
Q- IMPA-1	57,99	58,26	1,35	0,223	0	300	0,656	No falla
Q- IMPA-2	58,18	58,35	1,3	0,223	0	400	0,875	No falla
Q- IMPA-3	58,38	58,21	1,38	0,223	0	500	1,093	No falla
Q- IMPA-4	58,13	58,56	1,32	0,223	0	600	1,312	No falla
Q- IMPA-5	58,14	58,31	1,34	0,223	0	700	1,531	No falla
Q- IMPA-6	58,32	58,32	1,41	0,223	0	800	1,750	No falla
Q- IMPA-7	58,24	58,62	1,41	0,223	0	900	1,968	No falla
Q- IMPA-8	58,32	58,35	1,33	0,223	0	1000	2,187	Falla
Q- IMPA-9	58,2	58,48	1,26	0,223	0	1100	2,406	Falla

Probetas	Ancho(mm)	Largo(mm)	Espesor(mm)	Masa aplicada(Kg)	Incremento de masa(Kg)	Altura media de fallo (mm)	Energia media de fallo(J)	Criterio
R-IMP A-1	58,65	58,55	1,68	0,223	0	400	0,875	No falla
R-IMP A-2	58,28	58,61	1,65	0,223	0	500	1,093	No falla
R-IMP A-3	58,14	58,47	1,67	0,223	0	600	1,312	No falla
R-IMP A-4	58,23	58,48	1,67	0,223	0	700	1,531	No falla
R-IMP A-5	58,53	58,24	1,63	0,223	0	800	1,750	No falla
R-IMP A-6	58,41	58,82	1,75	0,223	0	900	1,968	No falla
R-IMP A-7	58,36	58,23	1,69	0,223	0	1000	2,187	Falla
R-IMP A-8	58,19	58,36	1,68	0,223	0	1100	2,406	Falla
R-IMP A-9	58,51	58,3	1,68	0,223	0	1200	2,624	Falla

Probetas	Ancho(mm)	Largo(mm)	Espesor(mm)	Masa aplicada(Kg)	Incremento de masa(Kg)	Altura media de fallo (mm)	Energia media de fallo(J)	Criterio
S-IMP A-1	58,54	58,4	1,73	0,223	0,123	500	1,697	No falla
S-IMP A-2	58,8	58,2	1,75	0,223	0,123	600	2,036	No falla
S-IMP A-3	57,34	58,39	1,77	0,223	0,123	700	2,375	No falla
S-IMP A-4	58,64	59,64	1,64	0,223	0,123	800	2,714	No falla
S-IMP A-5	58,93	58,48	1,72	0,223	0,123	900	3,054	No falla
S-IMP A-6	59,04	58,48	1,68	0,223	0,123	1000	3,393	Falla
S-IMP A-7	58,6	58,61	1,71	0,223	0,123	1100	3,732	Falla
S-IMP A-8	58,52	59,39	1,69	0,223	0,123	1200	4,072	Falla
S-IMP A-9	59,99	58,56	1,69	0,223	0,123	1400	4,750	Falla

Probetas	Ancho(mm)	Largo(mm)	Espesor(mm)	Masa aplicada(Kg)	Incremento de masa(Kg)	Altura media de fallo (mm)	Energia media de fallo(J)	Criterio
T-IMP A-1	58,59	58,48	1,83	0,223	0,158	400	1,495	No falla
T-IMP A-2	58,54	58,78	1,77	0,223	0,158	500	1,868	No falla
T-IMP A-3	58,9	58,47	1,79	0,223	0,158	600	2,242	No falla
T-IMP A-4	59,47	58,54	1,94	0,223	0,158	700	2,615	No falla
T-IMP A-5	59,11	58,53	1,93	0,223	0,158	800	2,989	No falla
T-IMP A-6	58,57	58,6	1,88	0,223	0,158	900	3,363	Falla
T-IMP A-7	58,55	58,54	1,88	0,223	0,158	1000	3,736	Falla
T-IMP A-8	58,57	58,53	1,81	0,223	0,158	1100	4,110	Falla
T-IMP A-9	58,41	58,43	1,84	0,223	0,158	1200	4,484	Falla

Probetas	Ancho(mm)	Largo(mm)	Espesor(mm)	Masa aplicada(Kg)	Incremento de masa(Kg)	Altura media de fallo (mm)	Energía media de fallo(J)	Criterio
U- IMPA-1	58,64	58,56	2,12	0,223	0,211	400	1,702	No falla
U- IMPA-2	58,54	58,52	2,16	0,223	0,211	500	2,128	No falla
U- IMPA-3	58,63	59,65	2,12	0,223	0,211	600	2,554	No falla
U- IMPA-4	60,27	60,35	2,13	0,223	0,211	700	2,979	No falla
U- IMPA-5	60,76	58,73	2,12	0,223	0,211	800	3,405	No falla
U- IMPA-6	59,46	58,64	2,12	0,223	0,211	900	3,830	No falla
U- IMPA-7	59,34	58,63	2,07	0,223	0,211	1000	4,256	Falla
U- IMPA-8	58,94	58,73	2,09	0,223	0,211	1100	4,682	Falla
U- IMPA-9	58,48	59,27	2,11	0,223	0,211	1200	5,107	Falla

Conclusión

Para las probetas tipo A-IMPA una energía de fallo de 1.75 J, B-IMPA una energía de fallo de 1.968 J, C-IMPA una energía de fallo de 2.187 J, D-IMPA una energía de fallo de 2.554 J, E-IMPA una energía de fallo de 3.405 J, F-IMPA una energía de fallo de 3.405 J, G-IMPA una energía de fallo de 3.405 J, H-IMPA una energía de fallo de 1.531 J, I-IMPA una energía de fallo de 1.312 J, J-IMPA una energía de fallo de 1.531 J, K-IMPA una energía de fallo de 2.554 J, L-IMPA una energía de fallo de 2.128 J, M-IMPA una energía de fallo de 2.866 J, N-IMPA una energía de fallo de 3.821 J, Ñ-IMPA una energía de fallo de 4.298 J, O-IMPA una energía de fallo de 3.343 J, P-IMPA una energía de fallo de 5.814 J, Q-IMPA una energía de fallo de 2.187 J, R-IMPA una energía de fallo de 2.187 J, S-IMPA una energía de fallo de 3.393 J, T-IMPA una energía de fallo de 3.363 J y U-IMPA una energía de fallo de 4.256 J respectivamente con el método de prueba E, los cuales fueron realizados con el dardo de 0,223 Kg según lo especificado por la normativa ASTM D5628-10.



Ing. Sebastián Sánchez
TÉCNICO DE LABORATORIO



Ing. Sebastián Villegas
TÉCNICO DE LABORATORIO



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

Escuela politécnica del ejército-ESPE
Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Laboratorio de Mecánica de Materiales E-mail: fnavas@espe.edu.ec / fnavasf7@yahoo.com
Sangolquí (Campus Matriz) – Ecuador



INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS O TRABAJO

DATOS INFORMATIVOS DEL SOLICITANTE

Fecha:	15/06/2020	Ciudad:	Sangolquí
Lugar:	Laboratorio de mecánica de materiales		
Máquinas o equipos a utilizar:	Máquina de ensayos universales INSTRON		
	Máquina de ensayos universales MTS TK/T5002		
Solicitado por:	Vinicio Daniel Silva Barrionuevo	Teléfono:	0995336176
Correo electrónico:	Viniciodaniel.1991@gmail.com	Dirección:	Ambato
Designación del material	Material híbrido (Resina epoxi reforzado con fibras de vidrio, fibras de aramida, fibras de carbono y fibra de cobre)		

PARÁMETROS DE ENSAYO

Tipo de ensayo:	Tracción	Numero de probetas:	110
Norma:	ASTM D 3039/D 3039 M-17 Método de prueba estándar para propiedades de tracción de los materiales compuestos de matriz polimérica		
Tipo de ensayo:	Flexión	Numero de probetas:	110
Norma:	ASTM D 7264/D 7264 M-15 Método de prueba estándar para propiedades de flexión de los materiales compuestos de matriz polimérica		

RECEPCIÓN Y CODIFICACIÓN DE PROBETAS

Grupo	Denominación, Características, Número de capas	Probetas a tracción	Probetas a flexión	Total
1	A, 2 FV+2 FA +2 FC +1 FCo, 7 capas	5	5	10
2	B, 3 FV+2 FA+2 FC +1 FCo, 8 capas	5	5	10
3	C, 2 FV+3 FA +2 FC +1 FCo, 8 capas	5	5	10
4	D, 2 FV+2 FA +3 FC +1 FCo, 8 capas	5	5	10
5	E, 3 FV+2 FA+3 FC +1 FCo, 9 capas	5	5	10
6	F, 3 FV+3 FA +2 FC +1 FCo, 9 capas	5	5	10
7	G, 2 FV+3 FA +3 FC +1 FCo, 9 capas	5	5	10
8	H, 6 FV+1 FCo, 7 capas	5	5	10
9	I, 7 FV+1 FCo, 8 capas	5	5	10
10	J, 7 FV+1 FCo, 8 capas	5	5	10
11	K, 8 FV+1 FCo, 9 capas	5	5	10
12	L, 8 FV+1 FCo, 9 capas	5	5	10
13	M, 6 FA +1 FCo, 7 capas	5	5	10
14	N, 7 FA +1 FCo, 8 capas	5	5	10
15	Ñ, 7 FA +1 FCo, 8 capas	5	5	10
16	O, 8 FA +1 FCo, 9 capas	5	5	10
17	P, 8 FA +1 FCo, 9 capas	5	5	10
18	Q, 6 C. +1 FCo, 7 capas	5	5	10
19	R, 7 FC+1 FCo, 8 capas	5	5	10
20	S, 7 FC+1 FCo, 8 capas	5	5	10



ESPE
Escuela Superior de Ingeniería

Escuela politécnica del ejército ESPE

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Laboratorio de Mecánica de Materiales. E-mail: laboratorio@espe.edu.co / espe@espe.edu.co

Sergio J. (Campesano) - Encabezado



21	Y R FC - 1 J Co, 9 capas	5	5	10
22	U R FC - 1 J Co, 9 capas	5	5	10
Las características de las muestras son declaradas por el cliente			Total	20

El solicitante entregó las muestras que van a ser sometidas a tracción con las siguientes dimensiones 250mm*25mm*4 y con sobremontas de fija de 50 mm de longitud por el ancho de la probeta, mientras que las muestras sometidas a flexión poseen las siguientes dimensiones 160mm*13*4, ambos tipos de muestras codificadas, como lo indica el apartado de recepción y codificación de muestras.

Metodología:

- ✓ Se procedió a realizar el ensayo en las muestras tal cual fueron entregadas por el cliente, sin que se haya sometido a ningún proceso preparativo o de limpieza.
- ✓ Se siguió el procedimiento estipulado en las normas ASTM D 3039/D 3039 M-17 y ASTM D 7264/D 7264 M-15, para ensayos de tracción y flexión de materiales poliméricos respectivamente, con las siguientes condiciones.
- ✓ Se realizó evaluación visual de las muestras para evaluar el tipo fallo según lo estipulado en las normas.

Tracción

- Velocidad de ensayo: 10mm/min
- Longitud calibrada: 141.5 mm
- Humedad relativa: 55±5 %
- Temperatura: 20±5 °C
- Precarga: 0.01 N

Flexión

- Velocidad de ensayo: 10mm/min
- Distancia entre apoyos: 50 mm
- Humedad relativa: 55±5 %
- Temperatura: 20±5 °C
- Precarga: 0.314 N

Equipos:

- ✓ Máquina de Ensayos Universales INSTRON

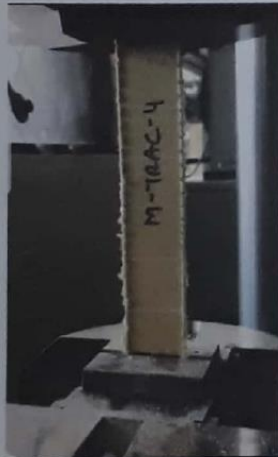


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
"INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA"

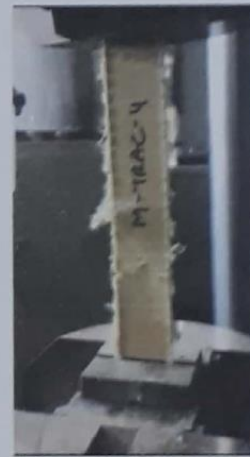
Escuela Politécnica del Ejército-ESPE
Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Laboratorio de Mecánica de Materiales. E-mail: jfnavas@espe.edu.ec / jnavasf7@yahoo.com
Sangolquí (Campus Matriz) – Ecuador



Fotografía No. 1: Máquina de ensayos universales INSTRON



Fotografía No. 3: Probeta antes de ser ensayada
ensayada



Fotografía No. 4: Probeta
a tracción

- ✓ Máquina de ensayos universales MTS TK/T5002



ESPE

INSTITUTO DE LAS FUERZAS ARMADAS
EJERCITO ECUATORIANO

Escuela Politécnica del Ejército-ESPE

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Laboratorio de Mecánica de Materiales. E-mail: jnavas@espe.edu.ec / jnavas77@yahoo.com
Sangolquí (Campus Matriz) - Ecuador



Fotografía No. 5: Máquina de ensayos universales MTS TK/T5002



Fotografía No. 4: Probeta antes de ser ensayada



Fotografía No. 4: Probeta ensayada a flexión



Resultados: Tracción

Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	L. final (mm)	Carga ultima (N)	Esfuerzo máx. de tracción (Mpa)	Elongación (%)	Módulo de elasticidad (Mpa)
A	25,92	1,38	144,51	17212,49	481,20	2,13	28469,42
A	26,22	1,41	144,54	16740,53	452,81	2,15	27023,57
A	26,01	1,53	144,42	16418,25	412,57	2,06	24738,40
A	26,07	1,45	144,68	17478,54	462,38	2,25	36941,95
A	26,51	1,39	144,50	16632,91	451,38	2,12	26504,79
Promedio			144,5	16896,54	452,07	2,14	28735,63

Gráficas	Probetas ensayadas	Tipo de falla
		A:GAT
		A:GAT
		A:GAT
		A:GAT
		A:GAT

Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	L. final (mm)	Carga ultima (N)	Esfuerzo máx. de tracción (Mpa)	Elongación (%)	Módulo de elasticidad (Mpa)
B	25,10	1,56	144,51	18677,94	477,01	2,13	27495,31
B	25,19	1,71	144,77	18671,48	433,47	2,31	24552,13
B	25,19	1,46	144,35	17704,90	481,41	2,02	29355,12
B	25,19	1,49	144,34	17196,76	458,18	2,00	42879,71
B	25,32	1,66	144,60	18530,82	440,88	2,19	26290,63
Promedio			144,5	18156,38	458,19	2,13	30114,58

Gráficas	Probetas ensayadas	Tipo de falla
		B:AGM
		B:AGM
		B:AGM
		B:AGM
		B:AGM

Ident.	Ancho	Espesor	L. final	Carga ultima	Esfuerzo máx.	Elongación	Módulo de
--------	-------	---------	----------	--------------	---------------	------------	-----------



	(mm)	(mm)	(mm)	(N)	de tracción (Mpa)	(%)	elasticidad (Mpa)
C	25,21	1,76	144,37	17035,56	383,95	2,03	23936,67
C	25,31	1,53	144,51	18425,87	475,82	2,13	27585,25
C	25,89	1,76	144,60	18595,66	408,10	2,19	23547,02
C	25,54	1,70	144,40	17894,25	412,14	2,05	22161,56
C	25,49	1,66	144,93	19807,17	468,11	2,42	25370,41
Promedio			144,6	18351,70	429,62	2,16	24520,18

Gráficas	Probetas ensayadas	Tipo de falla
		C:LIT
		C:LIT
		C:LIT
		C:AGM
		C:LIT

Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	L. final (mm)	Carga ultima (N)	Esfuerzo máx. de tracción (Mpa)	Elongación (%)	Módulo de elasticidad (Mpa)
D	25,29	1,49	144,58	19635,80	521,09	2,18	29036,02
D	25,21	1,55	144,26	17496,89	447,77	1,95	28562,72
D	25,15	1,40	144,65	19393,50	550,80	2,22	30948,38
D	24,96	1,38	144,49	18742,46	544,13	2,11	43288,24
D	25,13	1,43	144,28	18161,56	505,39	1,96	31812,40
Promedio			144,5	18686,04	513,84	2,09	32729,55

Gráficas	Probetas ensayadas	Tipo de falla
		D:LIT
		D:LIT
		D:LIT
		D:LIT
		D:LGM

Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	L. final (mm)	Carga ultima (N)	Esfuerzo máx. de tracción (Mpa)	Elongación (%)	Módulo de elasticidad (Mpa)
--------	------------	--------------	---------------	------------------	---------------------------------	----------------	-----------------------------



Escuela politécnica del ejército-ESPE
Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Laboratorio de Mecánica de Materiales. E-mail: jnavas@espe.edu.ec / jnavasf7@yahoo.com
Sangolquí (Campus Matriz) – Ecuador

E	25,04	1,90	144,50	19031,25	400,02	2,12	23677,80
E	25,25	1,82	144,40	17605,51	383,10	2,05	24790,23
E	25,37	1,78	144,33	18619,54	412,31	2,00	25968,36
E	25,83	1,79	144,55	20153,22	435,88	2,15	45251,97
E	25,46	1,75	144,79	20586,43	462,05	2,32	26183,67
Promedio			144,5	19199,19	418,67	2,13	29174,41

Gráficas



Probetas ensayadas



Tipo de falla

- E:AGM
- E:AGM
- E:LIT
- E:GAT
- E:GAT

Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	L. final (mm)	Carga ultima (N)	Esfuerzo máx. de tracción (Mpa)	Elongación (%)	Módulo de elasticidad (Mpa)
F	25,12	1,75	144,50	17353,70	394,76	2,12	23919,66
F	25,03	1,91	144,51	18107,05	378,75	2,13	22317,83
F	25,40	1,93	144,45	18117,17	369,57	2,08	22222,78
F	24,89	1,85	144,36	15334,84	333,03	2,02	41902,43
F	24,14	1,87	144,28	17082,87	378,43	1,97	23776,13
Promedio			144,4	17199,13	370,91	2,06	26827,76

Gráficas



Probetas ensayadas



Tipo de falla

- F:AGM
- F:AGM
- F:AGM
- F:AGM
- F:AGM

Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	L. final (mm)	Carga ultima (N)	Esfuerzo máx. de tracción (Mpa)	Elongación (%)	Módulo de elasticidad (Mpa)
G	25,54	1,86	144,00	18081,00	380,62	1,76	26040,08
G	25,26	2,00	144,35	19613,95	388,24	2,01	24554,37



G	25,35	1,85	145,06	21263,24	453,40	2,52	24740,49
G	25,61	1,89	144,55	20306,77	419,54	2,16	46171,13
G	25,07	1,87	144,51	20715,42	441,87	2,13	25734,42
Promedio			144,5	19996,08	416,73	2,12	29448,10

Gráficas



Probetas ensayadas



Tipo de falla

- G:AGM
- G:LAT
- G:AGM
- G:AGM
- G:AGM

Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	L. final (mm)	Carga ultima (N)	Esfuerzo máx. de tracción (Mpa)	Elongación (%)	Módulo de elasticidad (Mpa)
H	25,19	1,18	144,83	8453,68	284,40	2,36	15828,78
H	24,93	1,18	144,87	8328,19	283,10	2,38	15310,23
H	25,05	1,18	144,51	7756,35	262,40	2,13	16238,83
H	25,00	1,16	145,02	8850,22	305,18	2,48	18800,23
H	24,77	1,20	144,42	7691,53	258,76	2,06	15931,63
Promedio			144,7	8215,99	278,77	2,28	16421,94

Gráficas



Probetas ensayadas



Tipo de falla

- LGM
- LAT
- LAT
- LGM
- LAT

Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	L. final (mm)	Carga ultima (N)	Esfuerzo máx. de tracción (Mpa)	Elongación (%)	Módulo de elasticidad (Mpa)
I	25,03	1,46	144,97	7139,02	195,36	2,45	12089,04
I	24,96	1,46	144,41	6500,92	178,39	2,06	11158,09
I	25,13	1,41	144,05	5773,34	162,94	1,80	11938,53
I	25,14	1,49	144,10	6136,19	163,81	1,83	16921,33
I	24,86	1,49	144,59	6940,69	187,38	2,18	11123,22
Promedio			144,4	6498,03	177,57	2,07	12646,04



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Escuela Politécnica del Ejército-ESPE
Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Laboratorio de Mecánica de Materiales. E-mail: fnavas@espe.edu.ec / jnavasf7@yahoo.com
Sangolquí (Campus Matriz) – Ecuador



Gráficas

ESFUERZO - DEFORMACIÓN UNITARIA %



Probetas ensayadas



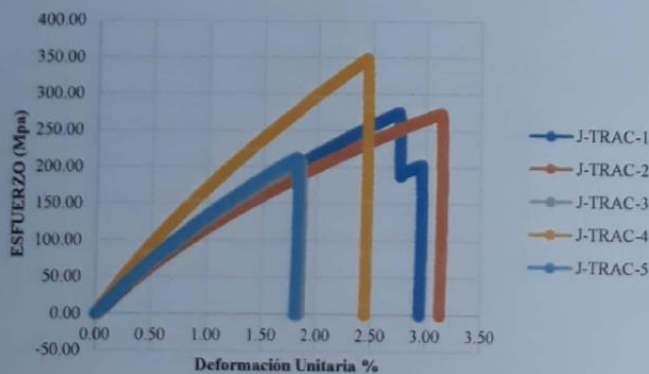
Tipo de falla

- I:GAT
- I:GAT
- I:GAT
- I:GAT
- I:GAT

Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	L. final (mm)	Carga ultima (N)	Esfuerzo máx. de tracción (Mpa)	Elongación (%)	Módulo de elasticidad (Mpa)
J	24,90	1,32	145,38	9028,12	274,68	2,74	14712,31
J	24,95	1,36	145,93	9279,27	273,47	3,13	13168,86
J	25,01	1,37	144,12	7041,78	205,52	1,85	14228,17
J	25,00	1,36	144,96	8717,63	256,40	2,45	19900,64
J	24,80	1,34	144,05	7042,51	211,92	1,80	14924,75
Promedio			144,9	8221,86	244,40	2,39	15386,94

Gráficas

ESFUERZO - DEFORMACIÓN UNITARIA %



Probetas ensayadas



Tipo de falla

- J:GAT
- J:GAT
- J:GAT
- J:GAT
- J:LAT

Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	L. final (mm)	Carga ultima (N)	Esfuerzo máx. de tracción (Mpa)	Elongación (%)	Módulo de elasticidad (Mpa)
K	25,05	1,44	144,96	9678,01	268,30	2,44	14419,61
K	24,83	1,47	144,20	8108,99	222,16	1,91	14435,04
K	25,06	1,52	144,03	7767,84	203,93	1,79	13725,23
K	25,01	1,45	144,84	9573,02	263,98	2,36	19902,39
K	24,85	1,49	145,18	9573,02	258,54	2,60	14748,83



Promedio	144,6	8940,17	243,38	2,22	15446,22
----------	-------	---------	--------	------	----------

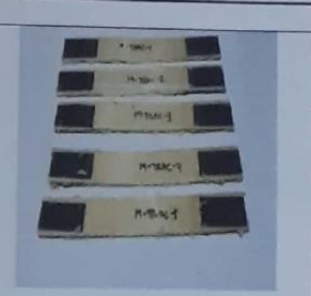
Gráficas 	Probetas ensayadas		Tipo de falla
			K: GAT
			K: GAT
			K: GAT
			K: GAT

Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	L. final (mm)	Carga ultima (N)	Esfuerzo máx. de tracción (Mpa)	Elongación (%)	Módulo de elasticidad (Mpa)
L	25,06	1,59	143,88	8501,77	213,37	1,68	14962,67
L	24,94	1,69	145,10	11897,77	282,28	2,55	14479,44
L	24,98	1,50	143,87	8070,97	215,40	1,67	15786,22
L	24,94	1,66	144,30	8070,97	194,95	1,98	24953,06
L	24,90	1,79	143,95	9961,38	223,49	1,73	14235,94
Promedio			144,2	9300,57	225,90	1,92	16883,47

Gráficas 	Probetas ensayadas		Tipo de falla
			L: LAT
			L: AGM
			L: LAT
			L: GAT

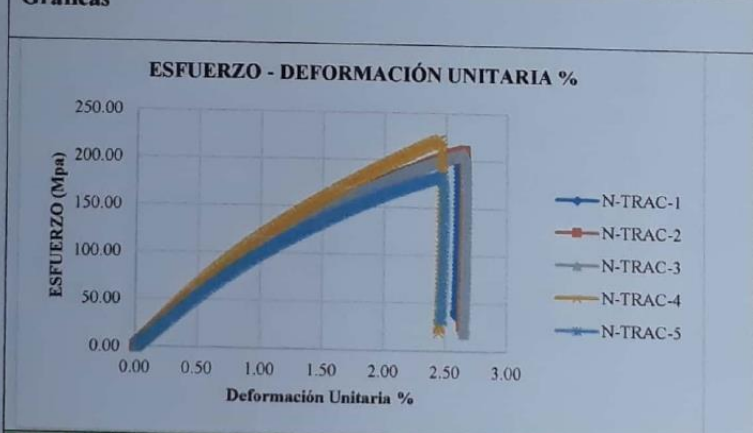
Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	L. final (mm)	Carga ultima (N)	Esfuerzo máx. de tracción (Mpa)	Elongación (%)	Módulo de elasticidad (Mpa)
M	25,63	1,87	145,30	17252,01	359,96	2,68	16288,63
M	25,28	1,83	145,01	15690,31	339,16	2,48	18112,81
M	25,19	1,93	145,13	16755,42	344,64	2,57	17979,72
M	25,62	2,11	145,05	17095,42	316,24	2,51	34884,61
M	25,58	1,95	145,48	17782,23	356,49	2,81	17593,70
Promedio			145,2	16915,08	343,30	2,61	20971,90

Gráficas	Probetas ensayadas	Tipo de
-----------------	---------------------------	----------------



falla
M:LGM
M:LGM
M:LGM
M:DGM
M:DGM

Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	L. final (mm)	Carga ultima (N)	Esfuerzo máx. de tracción (Mpa)	Elongación (%)	Módulo de elasticidad (Mpa)
N	25,44	2,31	145,17	12086,77	205,67	2,59	12187,11
N	25,52	2,51	145,25	13505,52	210,84	2,65	12160,83
N	25,22	2,33	145,25	12217,15	207,91	2,65	12166,56
N	25,21	2,25	144,97	12645,57	222,94	2,45	13611,78
N	25,42	2,52	145,00	11798,90	184,19	2,47	11164,83
Promedio			145,1	12450,78	206,31	2,56	12258,22



Probetas ensayadas
Tipo de falla
N: DGM
N: DGM
N: DGM
N: DGM
N: DGM

Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	L. final (mm)	Carga ultima (N)	Esfuerzo máx. de tracción (Mpa)	Elongación (%)	Módulo de elasticidad (Mpa)
N	25,26	2,24	145,11	16454,91	290,81	2,55	16121,28
N	25,30	2,31	145,06	17876,32	305,88	2,52	16295,90
N	25,05	2,21	144,73	15185,13	274,30	2,28	15846,06
N	25,22	2,55	145,27	18168,91	282,52	2,66	14454,02
N	25,41	2,30	145,48	18795,25	321,60	2,81	15899,51
Promedio			145,1	17296,10	295,02	2,57	15723,35

Gráficas **Probetas ensayadas** **Tipo de falla**

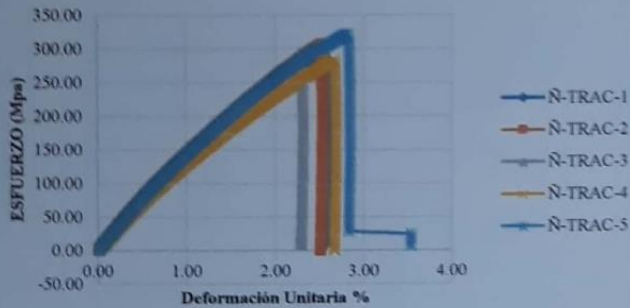


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INSTITUCIÓN PARA LA EXCELENCIA

Escuela politécnica del ejército-ESPE
Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Laboratorio de Mecánica de Materiales. E-mail: jnavas@espe.edu.ec / jnavas7@yahoo.com
Sangolquí (Campus Matriz) – Ecuador



ESFUERZO - DEFORMACIÓN UNITARIA %

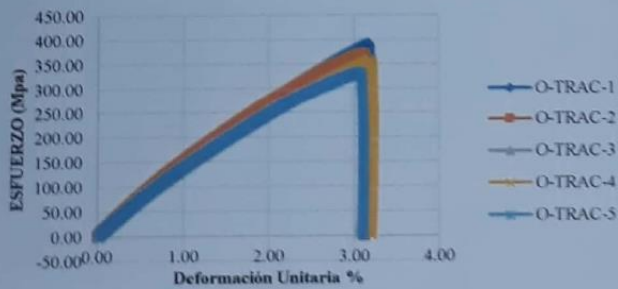


N-DGM
N-DGM
N-DGM
N-DGM
N-DGM

Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	L. final (mm)	Carga ultima (N)	Esfuerzo máx. de tracción (Mpa)	Elongación (%)	Módulo de elasticidad (Mpa)
O	25,61	2,39	145,97	24021,12	392,45	3,16	17369,08
O	25,35	2,49	145,90	23365,90	370,17	3,11	16734,48
O	26,01	2,58	145,86	23372,82	348,30	3,08	15913,57
O	25,43	2,60	146,01	23586,30	356,73	3,19	15827,05
O	25,14	2,75	145,85	23131,55	334,59	3,07	15334,20
Promedio			145,9	23495,54	360,45	3,12	16235,68

Gráficas

ESFUERZO - DEFORMACIÓN UNITARIA %



Probetas ensayadas



Tipo de falla
O: DGM
O: DGM
O: DGM
O: DGM
O: DGM

Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	L. final (mm)	Carga ultima (N)	Esfuerzo máx. de tracción (Mpa)	Elongación (%)	Módulo de elasticidad (Mpa)
P	25,45	2,74	145,54	23643,63	339,06	2,86	16613,69
P	25,73	2,90	145,69	25484,62	341,54	2,96	15932,31
P	25,89	3,02	145,70	25734,14	329,13	2,97	15133,66
P	25,44	2,86	145,52	24620,56	338,39	2,84	16315,82
P	25,76	3,01	145,40	23632,58	304,79	2,76	14964,32
Promedio			145,6	24623,11	330,58	2,88	15791,96

Gráficas

Probetas ensayadas

Tipo de falla



ESPE
Escuela Politécnica del Ejército - ESPE

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Laboratorio de Mecánica de Materiales. E-mail: fnayas@espe.edu.ec / fnayas7@yahoo.com
Sangolquí (Campus Matriz) - Ecuador



P-DGM
P-DGM
P-DGM
P-LAT
P-LAT

Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	L. final (mm)	Carga ultima (N)	Esfuerzo máx. de tracción (Mpa)	Elongación (%)	Módulo de elasticidad (Mpa)
Q	25,22	1,31	143,45	18154,67	549,51	1,38	43787,34
Q	24,96	1,26	145,20	28313,99	900,30	2,61	46174,47
Q	25,34	1,41	144,80	27281,19	763,55	2,33	41064,01
Q	25,12	1,40	142,95	13923,67	395,92	1,02	42211,02
Q	25,22	1,33	145,14	26791,95	798,74	2,57	43690,73
Promedio			144,3	22893,09	681,60	1,98	43385,51

Gráficas



Probetas ensayadas



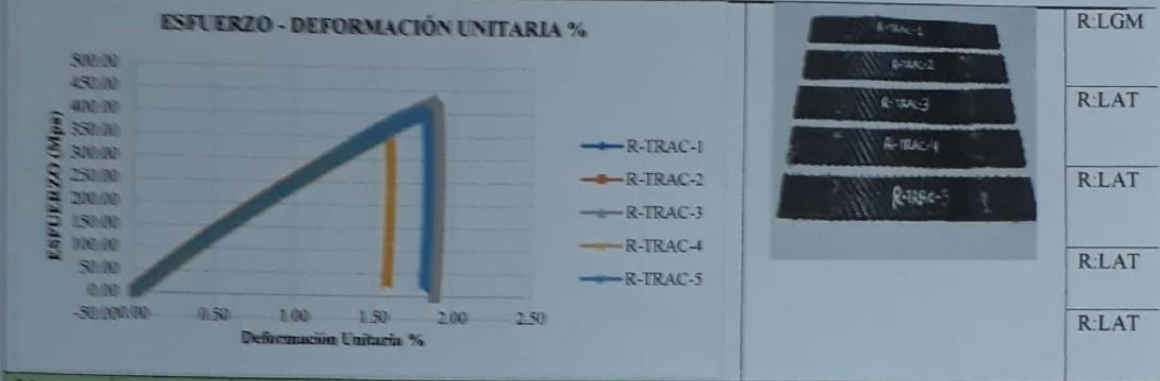
Tipo de falla
Q-LAT
Q-LAT
Q-LGM
Q-LAT
Q-AGM

Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	L. final (mm)	Carga ultima (N)	Esfuerzo máx. de tracción (Mpa)	Elongación (%)	Módulo de elasticidad (Mpa)
R	25,08	1,73	144,13	18276,23	421,22	1,86	28973,42
R	25,14	1,77	144,18	18457,71	414,80	1,89	28419,42
R	25,35	1,69	144,17	18513,96	432,15	1,88	29028,58
R	25,34	1,75	143,75	16054,90	362,05	1,59	28024,64
R	25,63	1,76	144,08	18169,83	402,80	1,82	27761,67
Promedio			144,1	17894,53	406,60	1,81	28441,55

Gráficas

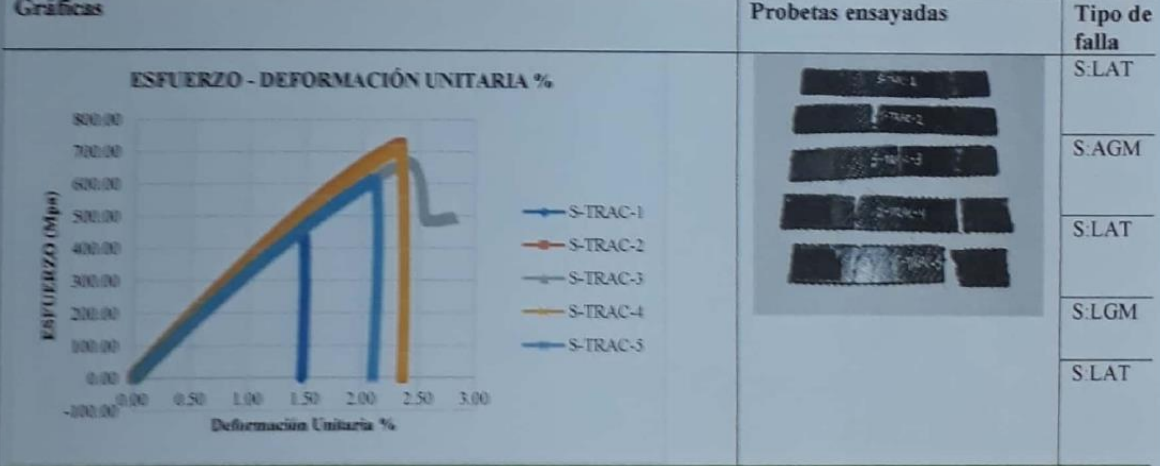
Probetas ensayadas

Tipo de falla



R:LGM
R:LAT
R:LAT
R:LAT
R:LAT

Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	L. final (mm)	Carga ultima (N)	Esfuerzo máx. de tracción (Mpa)	Elongación (%)	Módulo de elasticidad (Mpa)
S	25,27	1,68	143,58	20292,27	477,99	1,47	38246,18
S	25,37	1,61	144,80	29552,08	723,51	2,33	39576,17
S	25,41	1,75	144,90	29624,55	666,21	2,40	35961,04
S	25,42	1,64	144,78	29758,99	713,84	2,32	39279,80
S	25,31	1,76	144,48	27453,71	616,31	2,10	36114,54
Promedio			144,5	27336,32	639,57	2,13	37835,55



Probetas ensayadas
Tipo de falla
S:LAT
S:AGM
S:LAT
S:LGM
S:LAT

Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	L. final (mm)	Carga ultima (N)	Esfuerzo máx. de tracción (Mpa)	Elongación (%)	Módulo de elasticidad (Mpa)
T	25,36	1,84	144,15	25203,62	540,13	1,87	36375,18
T	25,40	1,88	143,04	15138,72	317,03	1,09	34740,57
T	25,20	1,90	144,40	25019,19	522,54	2,05	33661,25
T	25,13	2,01	144,88	26732,63	529,24	2,39	31924,70
T	24,96	1,86	144,53	27864,84	600,20	2,14	35774,39
Promedio			144,2	23991,80	501,83	1,91	34495,22

Gráficas Probetas ensayadas Tipo de falla

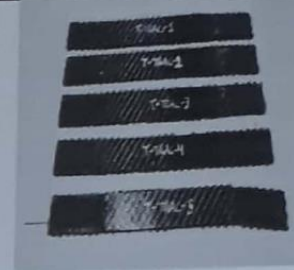
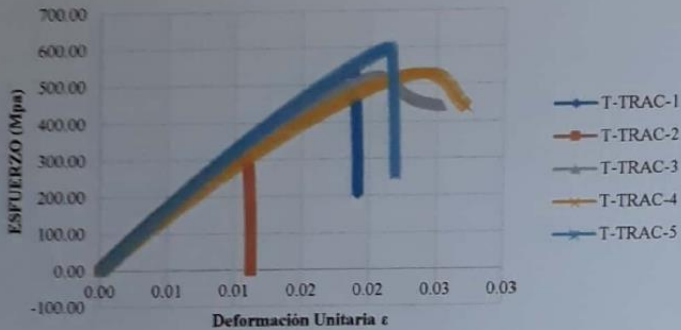


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA DEFENSA

Escuela politécnica del ejército-ESPE
Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Laboratorio de Mecánica de Materiales. E-mail: jnavas@espe.edu.ec / jnavas7@yahoo.com
Sangolquí (Campus Matriz) – Ecuador



ESFUERZO - DEFORMACIÓN UNITARIA

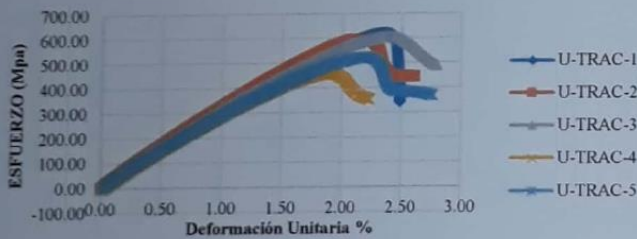


T: OAB
T: OAB
T: OAB
T: OAB
T: OAB

Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	L. final (mm)	Carga ultima (N)	Esfuerzo máx. de tracción (Mpa)	Elongación (%)	Módulo de elasticidad (Mpa)
U	25,36	2,08	144,83	32858,30	622,92	2,35	35939,73
U	25,04	2,14	144,46	31881,13	594,96	2,09	36070,19
U	25,75	2,10	143,87	32784,77	606,28	1,67	35053,34
U	25,31	2,19	144,16	25428,70	458,76	1,88	30058,88
U	25,32	2,25	144,59	29877,26	524,44	2,19	33135,63
Promedio			144,4	30566,03	561,47	2,04	34051,56

Gráficas

ESFUERZO - DEFORMACIÓN UNITARIA %



Probetas ensayadas



Tipo de falla
U:GAT
U:LGM
U:GAT
U:GAT
U:GAT

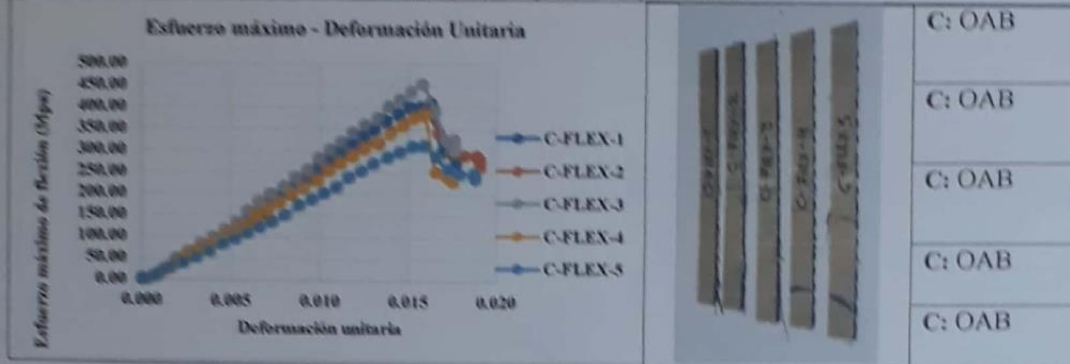
Flexión

Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máx. de flexión (Mpa)	Módulo de elasticidad (Mpa)	Deformación (%)
A	13,46	1,30	102,40	3,60	337,62	26091,00	1,12
A	13,55	1,38	92,99	3,51	270,27	20806,01	1,16
A	13,34	1,41	107,40	4,00	303,72	17444,86	1,35
A	13,24	1,43	119,40	4,02	330,75	17773,63	1,38
A	13,31	1,29	98,96	3,76	335,08	23826,53	1,16

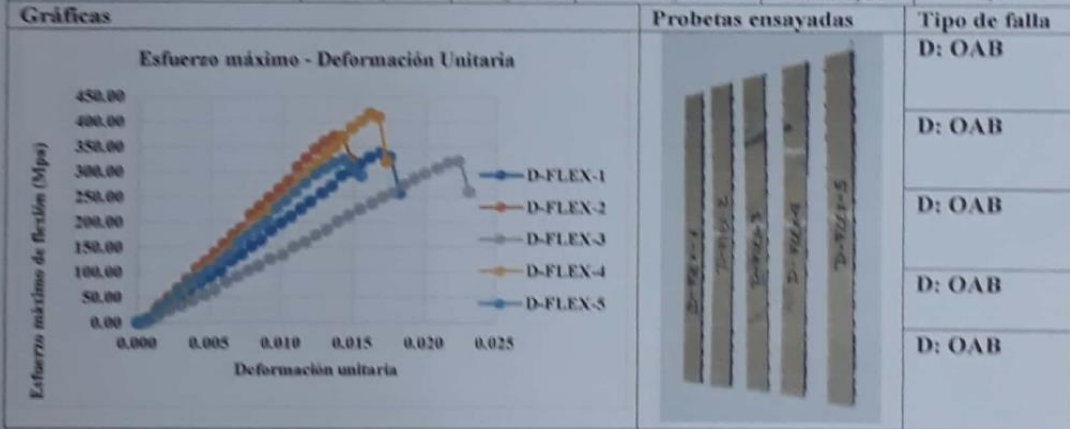


Promedio	104,23	3,78	315,49	21188,41	1,24		
Gráficas			Probetas ensayadas		Tipo de falla		
					A:OAB		
					A:OAB		
					A:OAB		
					A:OAB		
					A:OAB		
Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máx. de flexión (Mpa)	Módulo de elasticidad (Mpa)	Deformación (%)
B	13,08	1,62	132,30	4,05	289,06	18024,57	1,58
B	13,18	1,47	117,20	3,55	308,63	21885,00	1,25
B	13,13	1,82	141,10	3,83	243,32	9355,10	1,67
B	13,07	1,55	120,60	3,49	288,05	18634,47	1,30
B	13,26	1,56	133,50	3,92	310,28	15143,09	1,47
			128,94	3,77	287,87	16608,45	1,45
Gráficas			Probetas ensayadas		Tipo de falla		
					B:OAB		
					B:OAB		
					B:OAB		
					B:OAB		
					B:OAB		

Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máx. de flexión (Mpa)	Módulo de elasticidad (Mpa)	Deformación (%)
C	13,30	1,52	167,80	4,46	409,56	21019,17	1,63
C	13,40	1,64	187,20	4,07	389,56	19709,77	1,60
C	13,30	1,55	193,20	4,24	453,47	25484,56	1,58
C	13,32	1,59	171,80	4,16	382,64	22956,05	1,59
C	13,63	1,67	158,30	3,96	312,33	17064,85	1,59
Promedio			175,66	4,18	389,51	21246,88	1,60
Gráficas			Probetas ensayadas		Tipo de falla		



Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máx. de flexión (Mpa)	Módulo de elasticidad (Mpa)	Deformación (%)
D	13,23	1,62	156,80	4,33	338,70	16505,83	1,68
D	13,09	1,47	140,10	3,83	371,47	23532,63	1,35
D	13,08	1,82	186,30	5,11	322,50	11251,44	2,23
D	13,01	1,55	174,00	4,63	417,51	21992,22	1,72
D	13,05	1,56	137,60	3,79	324,95	19507,88	1,42
Promedio			158,96	4,34	355,03	18558,00	1,68



Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máx. de flexión (Mpa)	Módulo de elasticidad (Mpa)	Deformación (%)
E	13,36	1,76	213,00	3,79	386,02	20986,96	1,60
E	13,17	1,96	218,30	3,95	323,61	14832,74	1,86
E	13,24	1,77	183,10	3,72	331,07	16248,08	1,58
E	13,53	1,74	180,30	3,89	330,11	16670,07	1,62
E	13,30	1,78	195,40	3,91	347,77	15467,90	1,67
Promedio			198,02	3,85	343,72	16841,15	1,67



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Escuela politécnica del ejército-ESPE
Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Laboratorio de Mecánica de Materiales. E-mail: jnavas@espe.edu.ec / jnavas7@yahoo.com
Sangolquí (Campus Matriz) – Ecuador



Gráficas



Probetas ensayadas



Tipo de falla

E: OAB

E: OAB

E: OAB

E: OAB

E: OAB

Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máx. de flexión (Mpa)	Módulo de elasticidad (Mpa)	Deformación (%)
F	13,14	1,81	185,30	3,25	322,84	4273,23	1,41
F	13,10	1,90	208,90	3,64	331,30	16341,70	1,66
F	13,37	1,87	185,30	3,11	297,25	687,75	1,40
F	13,09	1,95	168,40	2,72	253,74	3022,52	1,27
F	13,21	1,89	180,00	2,98	286,09	941,24	1,35
Promedio			185,58	3,14	298,24	5053,29	1,42

Gráficas



Probetas ensayadas



Tipo de falla

F: OAB

F: OAB

F: OAB

F: OAB

F: OAB

Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máx. de flexión (Mpa)	Módulo de elasticidad (Mpa)	Deformación (%)
G	13,18	1,81	154,90	2,68	269,05	17744,35	1,16
G	13,46	1,82	170,60	3,20	286,98	13712,78	1,40
G	13,22	1,79	171,20	3,31	303,13	15796,21	1,42
G	13,11	1,82	203,60	3,47	351,64	19858,21	1,51
G	13,28	1,79	169,60	2,83	298,94	19383,88	1,21



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



Escuela politécnica del ejército-ESPE
Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Laboratorio de Mecánica de Materiales. E-mail: jnavas@espe.edu.ec / jnavasf7@yahoo.com
Sangolquí (Campus Matriz) – Ecuador

Promedio	173,98	3,10	301,95	17299,09	1,34		
Gráficas			Probetas ensayadas		Tipo de falla		
					G: OAB		
					G: OAB		
					G: OAB		
					G: OAB		
					G: OAB		
Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máx. de flexión (Mpa)	Módulo de elasticidad (Mpa)	Deformación (%)
H	12,92	1,21	92,36	7,67	366,19	8740,95	2,23
H	13,00	1,16	76,97	6,45	329,99	8759,80	1,80
H	12,88	1,19	67,86	5,97	279,02	13027,60	1,71
H	13,01	1,31	76,97	7,71	258,55	531,69	2,42
H	12,91	1,17	75,40	7,28	319,97	11766,84	2,04
Promedio			77,91	7,02	310,75	8565,38	2,04
Gráficas			Probetas ensayadas		Tipo de falla		
					H: OAB		
					H: OAB		
					H: OAB		
					H: OAB		
					H: OAB		

Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máx. de flexión (Mpa)	Módulo de elasticidad (Mpa)	Deformación (%)
1	13,00	1,38	85,13	4,46	257,91	15688,87	1,48
1	13,02	1,49	76,02	4,71	197,26	7291,14	1,69
1	12,95	1,42	67,23	4,39	193,09	12864,97	1,50
1	12,91	1,41	88,59	5,01	258,87	12590,70	1,70
1	12,94	1,39	97,70	4,73	293,08	12648,89	1,58
Promedio			82,94	4,66	240,04	12216,91	1,59

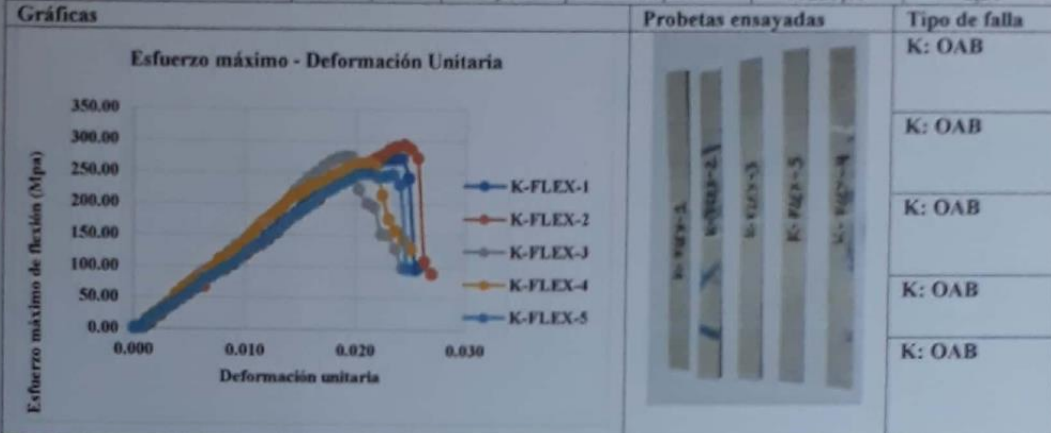


Gráficas		Probetas ensayadas		Tipo de falla			
				I: OAB I: OAB I: OAB I: OAB I: OAB			
Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máx. de flexión (Mpa)	Módulo de elasticidad (Mpa)	Deformación (%)
J	12,93	1,36	103,40	6,66	323,77	7645,10	2,17
J	12,92	1,29	105,60	6,87	368,37	10740,22	2,13
J	12,88	1,26	100,50	7,89	368,61	11380,72	2,39
J	12,94	1,41	115,30	6,75	336,14	10139,46	2,29
J	12,91	1,35	95,19	5,76	303,42	13881,57	1,86
Promedio			104,00	6,79	340,06	10757,41	2,17
Gráficas		Probetas ensayadas		Tipo de falla			
				J: OAB J: OAB J: OAB J: OAB J: OAB			

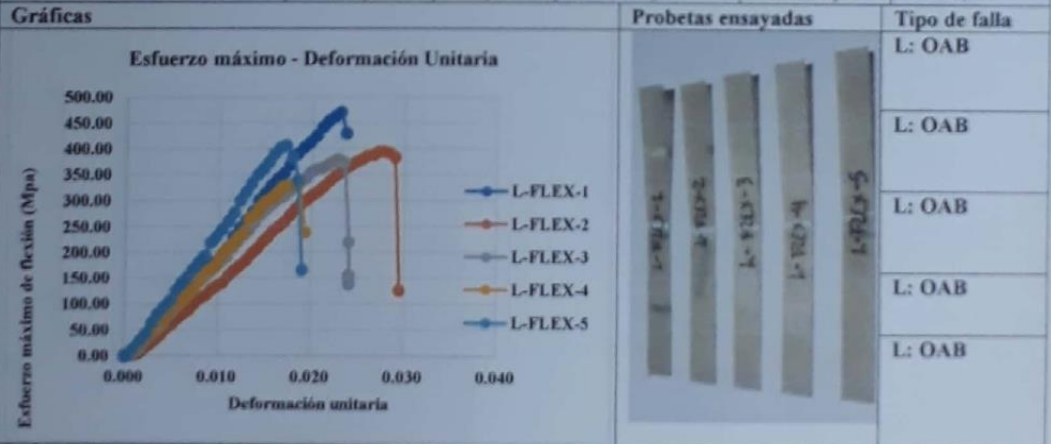
Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máx. de flexión (Mpa)	Módulo de elasticidad (Mpa)	Deformación (%)
K	12,94	1,51	107,10	6,65	272,25	9878,08	2,41
K	12,88	1,51	115,30	6,71	294,46	8979,68	2,43
K	12,96	1,53	111,50	5,16	275,64	13405,09	1,89
K	12,97	1,50	103,70	5,87	266,51	12478,06	2,11
K	12,93	1,52	98,96	5,84	248,44	11378,74	2,13



Promedio	107,31	6,05	271,46	11223,93	2,20
----------	--------	------	--------	----------	------



Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máx. de flexión (Mpa)	Módulo de elasticidad (Mpa)	Deformación (%)
L	12,90	1,44	168,10	6,65	471,32	15358,90	2,30
L	12,94	1,49	150,20	7,92	392,12	6962,92	2,83
L	12,90	1,40	128,20	6,77	380,28	13168,75	2,27
L	12,97	1,40	112,50	5,52	331,91	14932,08	1,85
L	12,92	1,45	147,30	4,91	406,69	18655,22	1,71
Promedio			141,26	6,35	396,46	13815,57	2,19



Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máx. de flexión (Mpa)	Módulo de elasticidad (Mpa)	Deformación (%)
M	13,17	1,79	45,24	6,83	80,40	3995,93	2,93
M	13,21	2,09	84,19	3,35	109,43	7636,17	1,68
M	13,32	2,07	113,10	12,30	148,62	8944,05	6,11
M	13,24	2,04	95,50	13,90	129,99	7856,60	6,80

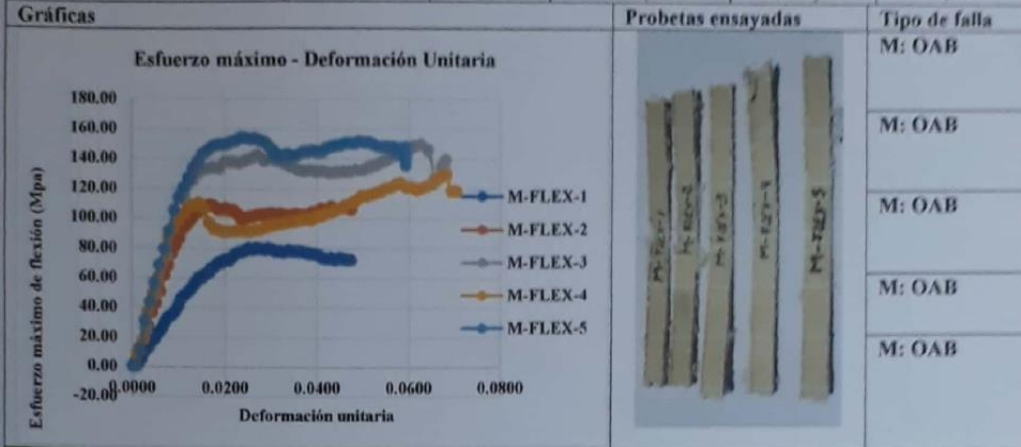


ESPE
UNIVERSIDAD DE LA FUERZA ARMADA
INNOVACIÓN PARA LA EFECTIVIDAD

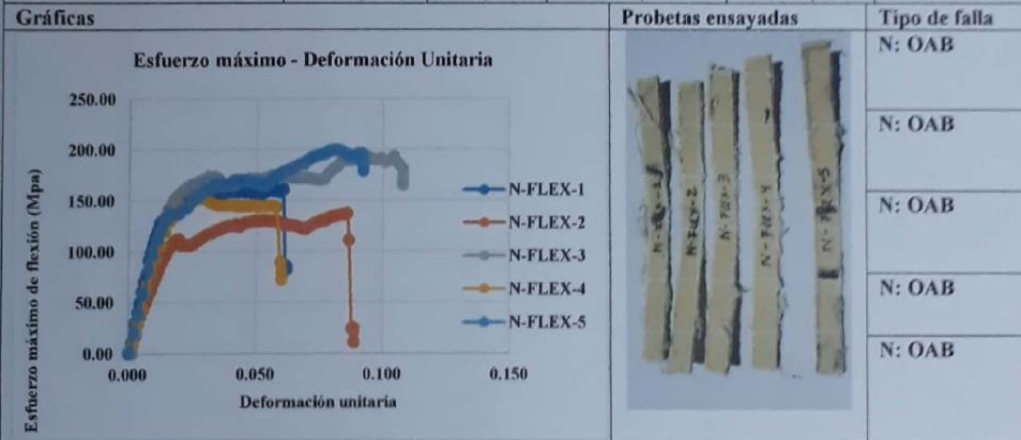


Escuela politécnica del ejército-ESPE
Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Laboratorio de Mecánica de Materiales. E-mail: fnayas@espe.edu.ec / fnayasf7@yahoo.com
Sangolquí (Campus Matriz) – Ecuador

M	13,32	1,92	100,80	5,08	153,96	11472,18	2,34
Promedio			87,77	8,29	124,48	7981,09	3,97



Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máx. de flexión (Mpa)	Módulo de elasticidad (Mpa)	Deformación (%)
N	13,39	2,13	127,50	4,67	157,41	12221,39	2,39
N	13,31	2,45	138,20	8,94	129,74	6642,99	5,26
N	13,26	2,30	180,30	18,86	192,78	6347,76	10,41
N	13,30	2,29	135,10	7,31	145,28	8214,22	4,02
N	13,39	2,23	176,90	15,25	199,25	9147,04	8,16
Promedio			151,60	11,01	164,89	8514,68	6,05



Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máx. de flexión (Mpa)	Módulo de elasticidad (Mpa)	Deformación (%)
N	13,27	2,48	111,80	5,70	102,73745	5563,55	3,39



Escuela politécnica del ejército-ESPE
Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Laboratorio de Mecánica de Materiales. E-mail: fnavas@espe.edu.ec / jnavasf7@yahoo.com
Sangolquí (Campus Matriz) – Ecuador

N	13,10	2,73	122,50	5,24	94,1024135	4411,04	3,44
N	13,20	2,23	126,90	8,04	144,990393	3520,06	4,30
N	13,21	2,28	137,90	15,62	150,609726	7369,39	8,55
N	13,25	2,28	149,20	14,71	162,459276	9397,15	8,05
Promedio			129,66	9,86	130,98	6052,24	5,55

Gráficas	Probetas ensayadas	Tipo de falla
		N: OAB
		N: OAB
		N: OAB
		N: OAB
		N: OAB

Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máx. de flexión (Mpa)	Módulo de elasticidad (Mpa)	Deformación (%)
O	13,58	2,80	293,10	5,95	206,47	2236,98	4,00
O	13,40	2,94	245,40	7,07	158,90	3565,97	4,99
O	13,73	2,87	277,70	5,83	184,16	6033,47	4,01
O	13,37	2,58	296,20	5,95	249,62	3655,49	3,68
O	13,25	2,34	261,40	6,55	270,22	8427,79	3,68
Promedio			274,76	6,27	213,88	4783,94	4,07

Gráficas	Probetas ensayadas	Tipo de falla
		O: OAB
		O: OAB
		O: OAB
		O: OAB
		O: OAB

Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máx. de flexión (Mpa)	Módulo de elasticidad (Mpa)	Deformación (%)
P	13,32	2,86	231,50	6,38	159,36	3641,25	4,38
P	13,55	3,11	232,80	13,30	133,14	1340,73	9,93



ESPE
Escuela Politécnica del Ejército

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Laboratorio de Mecánica de Materiales E-mail: jnavas@espe.edu.ec / jnavas7@yahoo.com
Sangolquí (Campus Matriz) – Ecuador



P	13,60	2,93	223,70	5,62	143,70	3636,12	3,95
P	13,82	2,94	199,50	7,80	125,26	2276,17	5,50
P	13,41	2,99	205,50	7,62	128,56	2350,45	5,47
Promedio			218,60	8,14	138,00	2648,94	5,85

<p>Gráficas</p> <p>Esfuerzo máximo - Deformación Unitaria</p>	<p>Probetas ensayadas</p>		<p>Tipo de falla</p> <p>P: OAB</p>
			P: OAB
			P: OAB
			P: OAB
			P: OAB

Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máx. de flexión (Mpa)	Módulo de elasticidad (Mpa)	Deformación (%)
Q	13,00	1,62	178,10	3,69	391,518	27326,75	1,43
Q	13,21	1,47	226,50	4,34	595,10	38911,17	1,53
Q	13,96	1,82	196,30	4,15	318,39	17585,16	1,81
Q	13,11	1,55	165,60	4,46	394,33	23793,86	1,66
Q	13,39	1,56	197,90	3,82	455,48	31831,04	1,43
Promedio			192,88	4,09	430,96	27889,59	1,57

<p>Gráficas</p> <p>Esfuerzo máximo - Deformación Unitaria</p>	<p>Probetas ensayadas</p>		<p>Tipo de falla</p> <p>Q: OAB</p>
			Q: OAB
			Q: OAB
			Q: OAB
			Q: OAB

Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máx. de flexión (Mpa)	Módulo de elasticidad (Mpa)	Deformación (%)
--------	------------	--------------	-------------------	----------------	--------------------------------	-----------------------------	-----------------



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Escuela Politécnica del Ejercito-ESPE
Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Laboratorio de Mecánica de Materiales. E-mail: jnavas@espe.edu.ec / jnavasf7@yahoo.com
Sangolquí (Campus Matriz) – Ecuador



R	13,16	1,62	188,50	2,98	409,34	35389,42	1,16
R	13,33	1,47	203,60	3,16	530,12	47490,77	1,12
R	13,19	1,82	196,70	2,69	337,66	28779,91	1,17
R	13,35	1,55	204,50	2,95	478,20	43634,92	1,10
R	13,29	1,56	167,10	2,65	387,49	39099,73	0,99
Promedio			192,08	2,88	428,56	38878,95	1,11

	Probetas ensayadas 	Tipo de falla R: OAB
		R: OAB
		R: OAB
		R: OAB
		R: OAB

Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máx. de flexión (Mpa)	Módulo de elasticidad (Mpa)	Deformación (%)
S	13,36	1,62	202,30	2,79	432,733641	39906,71	1,08
S	12,96	1,66	219,60	3,17	461,182078	36574,58	1,26
S	13,05	1,69	199,20	2,93	400,83596	33694,32	1,19
S	13,33	1,61	221,40	3,08	480,570357	40354,06	1,19
S	13,25	1,59	220,80	3,14	494,367834	41205,89	1,20
Promedio			212,66	3,02	453,94	38347,11	1,19

	Probetas ensayadas 	Tipo de falla S: OAB
		S: OAB
		S: OAB
		S: OAB
		S: OAB

Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máx. de flexión (Mpa)	Módulo de elasticidad (Mpa)	Deformación (%)
--------	------------	--------------	-------------------	----------------	--------------------------------	-----------------------------	-----------------

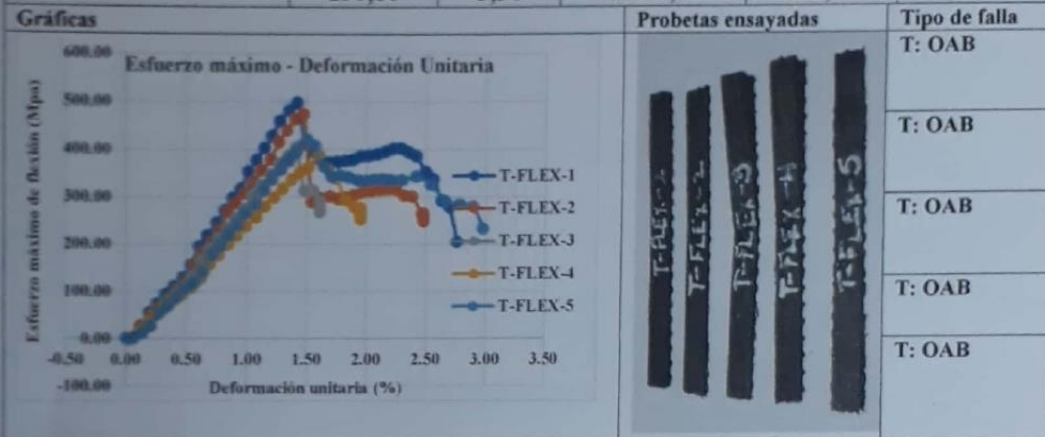


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

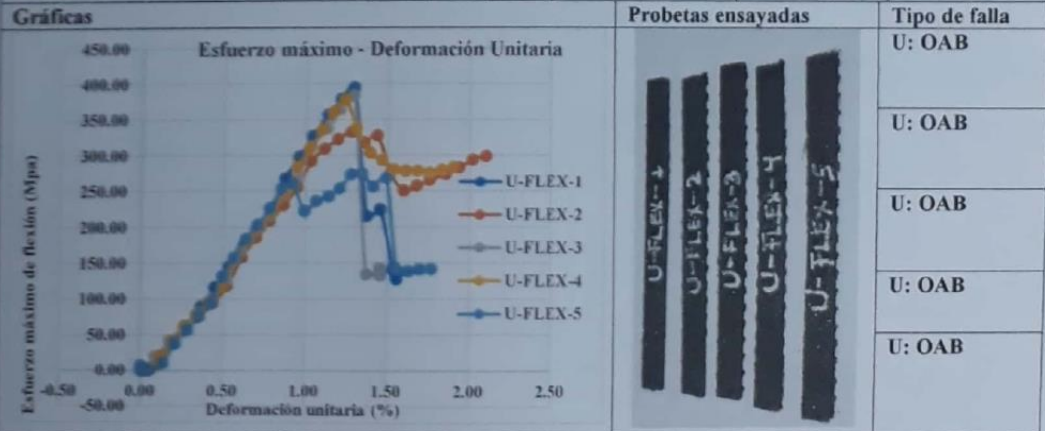
Escuela politécnica del ejército-ESPE
Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Laboratorio de Mecánica de Materiales. E-mail: jnavas@espe.edu.ec / jnavasf7@yahoo.com
Sangolquí (Campus Matriz) – Ecuador



T	13,25	1,71	257,30	3,45	35177,62	498,07	1,42
T	13,22	1,79	262,60	3,26	33230,47	464,96	1,40
T	13,24	1,84	242,80	3,18	28910,60	406,24	1,41
T	13,20	1,91	248,80	3,49	24256,25	387,50	1,60
T	13,20	1,81	242,50	3,45	28103,66	420,57	1,50
Promedio			250,80	3,36	29935,72	435,47	1,46



Ident.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Fuerza máxima (N)	Deflexión (mm)	Esfuerzo máx. de flexión (Mpa)	Módulo de elasticidad (Mpa)	Deformación (%)
U	13,30	2,13	317,90	2,52	395,130854	30672,53	1,29
U	13,85	2,10	241,90	4,49	297,035782	13129,49	2,26
U	13,56	2,15	321,40	2,49	384,565682	29907,00	1,29
U	13,46	2,16	316,30	2,38	377,752975	30591,53	1,23
U	13,74	2,05	201,10	1,87	261,203432	28405,63	0,92
Promedio			279,72	2,75	343,14	26541,24	1,40





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS



Universidad Politécnica del Ejército-ESPE
Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Laboratorio de Mecánica de Materiales E-mail: jnavas@espe.edu.ec /
jnavasf7@yahoo.com
Sangolquí (Campus Matriz) - Ecuador

El laboratorio no se responsabiliza por el muestreo antes realizado por el solicitante antes de la entrega de las probetas, pero sí de las muestras de las probetas entregadas en las condiciones que se mencionan en el apartado de recepción y codificación de probetas

Los resultados que constan en el presente informe conciernen a las muestras entregadas al laboratorio, la reproducción total o parcial de este informe se hará previo a autorización

Dentro del reporte de resultados que se entregan al solicitante constan gráficas y coordenadas de cada ensayo en archivo digital ya que son de interés del solicitante



Ing. Francisco Navas
TÉCNICO LABORATORISTA DEL LMM

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE



FUERZA AÉREA
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO



Oficio Nro. FA-EL-2018-0088-O

Ambato, 30 de mayo de 2018

Asunto: Solicita priorización proyecto de investigación materiales compuestos

Dr. Msc.
Galo Naranjo Lopez
RECTOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
Presente

De mi consideración

Por el presente me permito informar a usted señor Rector, que una vez cumplida una reunión de trabajo entre Profesionales de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato UTA y Personal Técnico del Centro de Investigación y Desarrollo CIDFAE, se han encontrado líneas de investigación y proyectos de interés común para las dos Instituciones, por lo cual se ha planteado el siguiente proyecto de investigación:

“ANÁLISIS NUMÉRICO/EXPERIMENTAL DE UN NUEVO MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ EPOXI PARA APLICACIÓN EN LA FABRICACIÓN y/o REPARACIÓN DE SUPERFICIES DE VUELO (WING TIP - FAIRING ASSY), APLICABLES A LA FLOTA DE AERONAVES DE LAS FUERZAS ARMADAS”

Para la ejecución del Proyecto el CIDFAE designará personal y brindará las facilidades de acceso a los laboratorios y talleres para el cumplimiento del proyecto de investigación.

Cabe recalcar que como parte del Plan de Fortalecimiento del CIDFAE, éste proyecto es de interés para el Centro, el mismo que tiene aplicación en el sector industrial, contribuyendo a la vinculación con la sociedad y al desarrollo del país.

Por lo cual solicito se digne analizar ésta iniciativa a fin de que cuente con la debida priorización dentro de los procesos de investigación que tiene la Universidad.

Atentamente.
DIOS, PATRIA Y LIBERTAD

tel.: 032498304 email: pgacpi@tae.mil.ec

REPÚBLICA DEL ECUADOR



EL ECUADOR HA SIDO ES
Y SERÁ PAÍS AMAZÓNICO

FUERZA AÉREA

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO



Freddy Williams Pérez Arias
Mayor EMT Avc.
JEFE CIDFAE

Copia:

Dr. Msc.
Freddy Del Pozo
Director de Investigación y Desarrollo Uta
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

Ing. Mg.
Francisco Pazmiño
Decano Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

gl/ns/ve

tel.: 032498304 email: pgacpi@rae.mil.ec