



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

TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO MECÁNICO

TEMA:

**“CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN MATERIAL
COMPUESTO DE RESINA POLIÉSTER REFORZADO CON FIBRA
DE VIDRIO Y MALLA DE ACERO PARA DETERMINAR LAS
PROPIEDADES MECÁNICAS.”**

AUTOR: Darwin Iván Alomaliza Masaquiza

TUTOR: Ing. Mg. Wilson Henry Vaca Ortega

AMBATO - ECUADOR

Julio - 2021

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Trabajo Experimental, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el tema **“CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN MATERIAL COMPUESTO DE RESINA POLIÉSTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO Y MALLA DE ACERO PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS.”**, elaborado por el Sr. Darwin Iván Alomaliza Masaquiza, portador de la cédula de ciudadanía: 180436722-3, estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico que:

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

Ambato, Julio 2021

Ing. Mg. Wilson Henry Vaca Ortega
TUTOR

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, Alomaliza Masaquiza Darwin Iván, con C.I. 180436722-3 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente proyecto técnico con el tema **“CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN MATERIAL COMPUESTO DE RESINA POLIÉSTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO Y MALLA DE ACERO PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS.”**, así como el contenido, ensayos, análisis, conclusiones y recomendaciones son de absoluta responsabilidad del autor, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el trabajo.

Ambato, Julio 2021



Darwin Iván Alomaliza Masaquiza

C.I. 1804367223

AUTOR

DERECHO DEL 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 documento 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, Julio 2021



Darwin Iván Alomaliza Masaquiza

C.I. 1804367223

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental, realizado por el estudiante Alomaliza Masaquiza Darwin Iván de la Carrera de Ingeniería Mecánica bajo el tema: **“CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN MATERIAL COMPUESTO DE RESINA POLIÉSTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO Y MALLA DE ACERO PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS.”**,

Ambato, Julio 2021

Para constancia firman:

Ing.Mg. Alejandra Marlene Lascano Moreta

Miembro calificador

Ing.Mg.Juan Gilberto Paredes Salinas

Miembro calificador

DEDICATORIA

A mi padre Jaime y a mi madre Myriam, por brindarme todo su apoyo, esfuerzos y sacrificios realizados en todo este camino académico, por permitirme llegar a cumplir una meta más propuesta en mi vida ya que sin el apoyo de mis padres no lo lograría, todos los valores inculcados hasta el día de hoy me han servido de mucha ayuda para lograr formarme como una persona de bien.

A mis hermanos por el apoyo de positivismo presente en cada momento del camino.

A mis abuelitos que con su humildad y su gran apoyo me proporcionaron mucho impulso para seguir adelante.

Darwin Alomaliza

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme las fuerzas, sabiduría e inteligencia para poder lograr lo que siempre tuve anhelo que es terminar mis estudios universitarios.

El agradecimiento más grande para mi padre Jaime Alomaliza y mi madre Myrian Masaquiza por darme su apoyo tanto moral como económico ya que han estado presente en todo mi camino académico sin dejarme a un lado en las necesidades requeridas para poder culminar este logro.

A mi tutor por sus conocimientos, tiempo y ayudas aportadas en el trabajo experimental.

A la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por la oportunidad de formarme como profesional en la Carrera de Ingeniería Mecánica.

A los docentes por sus conocimientos proporcionados en cada una de las materias cursadas en todos estos años.

Darwin Alomaliza

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHO DEL AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL.....	1
CAPITULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 Antecedentes Investigativos	1
1.2 Justificación.....	4
1.3 OBJETIVOS	5
1.3.1 Objetivo general	5
1.3.2 Objetivos específicos	5
1.4 Fundamentación teórica	5
1.4.1 Material compuesto	5
1.4.2 Clasificación de los materiales compuestos.....	6
1.4.3 La matriz	6
1.4.4 Tipos de matriz.....	7
1.4.5 Tipos de matriz poliméricas	8
1.4.6 Resina poliéster	9

1.4.7	Proceso de curado	10
1.4.8	Refuerzo	11
1.4.9	Fibras de vidrio	15
1.4.10	Acero inoxidable	16
1.4.11	Acero galvanizado.....	17
1.4.12	Elaboración del material compuesto	17
1.4.13	Ensayos de materiales	18
CAPITULO II		21
METODOLOGÍA		21
2.1	Materiales.....	21
2.1.1	Resina poliéster	21
2.1.2	Fibra de vidrio	21
2.1.3	Acero galvanizado.....	22
2.1.4	Acero inoxidable	22
2.2	MÉTODOS.....	23
2.2.1	Descriptivo	23
2.2.2	Experimental	23
2.2.3	Bibliográfico	23
2.2.4	Exploratorio.....	24
2.3	Hipótesis	24
2.3.1	Señalamiento de las variables de la hipótesis	24
2.3.2	Operacionalización de variables	25
2.4	Diagrama de la elaboración del material compuesto.....	27
2.5	Determinación de la densidad de la fibra y mallas de acero	30
2.6	Probetas para ensayos destructivos	36
2.6.1	Probetas a tracción	36
2.6.2	Probetas a Flexión	37
2.6.3	Probetas a impacto	38
2.7	Combinación y número de capas.....	39
2.8	Temperatura de curado	40
2.9	Estratificación de las probetas	40
2.10	Distribución de las probetas	41
2.11	Cálculos	42
2.11.1	Factor de mayoración.....	49
2.12	Diseño y construcción del molde	50
2.13	Elaboración de las probetas	52

2.13.1	Materiales y equipos	52
2.13.2	Procedimiento de elaboración	57
2.14	Número de probetas para los ensayos	62
CAPÍTULO III		65
3.1	Tabulación de los resultados	65
3.1.1	Ficha de datos ensayo de tracción	65
3.1.2	Ficha de datos ensayo de flexión	77
3.1.3	Ficha de datos ensayo de impacto	89
3.2	Análisis de resultados	101
3.2.1	Resultados promedios del ensayo a tracción según la norma ASTM D3039 y flexión ASTM D7264 del esfuerzo máximo (MPa).....	101
3.2.2	Resultados promedios del ensayo a tracción según la norma ASTM D3039 y flexión ASTM D7264 del módulo de elasticidad (MPa)	103
3.2.3	Resultados del ensayo a impacto según la norma ASTM D5628.	104
3.3	Verificación de Hipótesis	105
CAPITULO IV		113
4.1	CONCLUSIONES	113
4.2	RECOMENDACIONES	114
5.	BIBLIOGRAFÍA	115
ANEXOS		118

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Distribución elemental de un material compuesto.	6
Figura 2: Cargas de compresión y tracción en el material compuesto.	7
Figura 3: Categorización del tipo de refuerzo.	11
Figura 4: Material compuesto con refuerzo de partículas.	12
Figura 5: Compuesto conformado con refuerzo de whiskers.	13
Figura 6 : Compuesto conformado con refuerzo de fibras.	13
Figura 7 : Compuesto conformado con refuerzo de alambre.	13
Figura 8: Compuesto conformado con compuesto laminar.	14
Figura 9: Compuesto conformado con refuerzo tipo sánduche.	14
Figura 10: Esquema del recubrimiento del acero galvanizado	17
Figura 11: Estratificación manual.	18
Figura 12: Proceso de estratificación a compresión.	18
Figura 13: Esquema del ensayo de tracción.	19
Figura 14: Distribución del ensayo a flexión en tres puntos.	20
Figura 15: Máquina de ensayo de impacto.	20
Figura 16: Resina poliéster	21
Figura 17: Fibra de vidrio	22
Figura 18: Acero galvanizado.	22
Figura 19: Malla de acero inoxidable 304	23
Figura 20 : Medición de fibra de vidrio	30
Figura 21: Medición de resina poliéster.	31
Figura 22 : Medición de fibra de vidrio y resina poliéster.	31
Figura 23: Medición de malla galvanizada.	32
Figura 24: Medición de agua.	32
Figura 25: Medición de malla galvanizada y agua.	33
Figura 26: Medición de malla acero inoxidable.	34
Figura 27: Medición de agua.	34
Figura 28: Medición de malla inoxidable y agua.	35
Figura 29 : Medidas de probetas a tracción	36
Figura 30: Medidas de probetas a flexión.	37

Figura 31: Medidas de probetas a impacto	38
Figura 32: Porcentajes del material compuesto	41
Figura 33: Distribución de las probetas	41
Figura 34: Partes del molde	51
Figura 35: Corte del molde	52
Figura 36: Marco del molde.....	52
Figura 37: Molde	52
Figura 38: Implementación de la cera en el molde.....	57
Figura 39: Corte de la malla de acero.....	57
Figura 40: Orden en la elaboración de la matriz del compuesto	58
Figura 41: Medición de la resina	58
Figura 42: Medición y mezcla del acelerante y catalizador.....	58
Figura 43: Colocación de resina poliéster	59
Figura 44: Colocar la fibra de vidrio	59
Figura 45: Aplicación de la resina en la fibra de vidrio.....	59
Figura 46: Implementación de la malla de acero en el material compuesto.....	60
Figura 47: Compresión de las tuercas en el molde	60
Figura 48: Molde con el material compuesto.	60
Figura 49: Desmolde de la probeta	61
Figura 50: Colocación de la lija.....	61
Figura 51: Esfuerzo máximo a tracción y flexión (MPa)	102
Figura 52: Módulo de elasticidad a tracción y flexión(MPa)	104
Figura 53: Energía media fallo (J) de las probetas.	105
Figura 54: Tabla T-Student utilizada para los ensayos [24].	106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de matriz polimérica	8
Tabla 2: Propiedades de la resina poliéster	9
Tabla 3: Tipos y propiedades de varias fibras de vidrio.	15
Tabla 4: Propiedades de la malla de alambre de acero inoxidable.	16
Tabla 5: Propiedades de la resina poliéster	21
Tabla 6: Datos del material colchoneta picada de vidrio E.....	22
Tabla 7: Variable Independiente	25
Tabla 8: Variable Dependiente	26
Tabla 9: Ficha de la densidad de la fibra de vidrio	30
Tabla 10: Ficha de la densidad de la malla galvanizada	32
Tabla 11: Ficha de la densidad de la malla inoxidable 304	34
Tabla 12: Configuraciones del material compuesto a 25 °C.....	39
Tabla 13: Material compuesto a temperaturas diferentes	40
Tabla 14: Calculo de la masa y volumen de las probetas	49
Tabla 15: Recalculo de la resina poliéster	49
Tabla 16: Lista de materiales para el molde	50
Tabla 17: Lista de materiales utilizados en la fabricación de las probetas.	53
Tabla 18: Probetas para los ensayos con temperatura de curado 25°C.....	62
Tabla 19: Número de probetas a 45°C y 65°C.....	62
Tabla 20: Probetas tipo A con temperatura de curado a 25 °C.....	63
Tabla 21: Probetas tipo B con temperatura de curado a 25 °C	63
Tabla 22: Probetas tipo C con temperatura de curado a 25 °C	64
Tabla 23: Probetas tipo D con temperatura de curado a 25 °C.....	64
Tabla 24: Ficha de ensayo a tracción del grupo TA1 a 25°C	65
Tabla 25: Ficha de ensayo a tracción del grupo TB1 a 25°C.....	67
Tabla 26: Ficha de ensayo a tracción del grupo TC1 a 25°C.....	69
Tabla 27: Ficha de ensayo a tracción del grupo TD1 a 25°C	71
Tabla 28: Ficha de ensayo a tracción del grupo TD2 a 45°C	73
Tabla 29: Ficha de ensayo a tracción del grupo TD3 a 65°C	75
Tabla 30: Ficha de ensayo a flexión del grupo TA1 a 25°C.....	77

Tabla 31: Ficha de ensayo a flexión del grupo TB1 a 25°C	79
Tabla 32: Ficha de ensayo a flexión del grupo TC1 a 25°C	81
Tabla 33: Ficha de ensayo a flexión del grupo TD1 a 25°C	83
Tabla 34: Ficha de ensayo a flexión del grupo TD2 a 45°C	85
Tabla 35: Ficha de ensayo a flexión del grupo TD3 a 65°C	87
Tabla 36: Ficha de ensayo a impacto del grupo TA1 a 25°C	89
Tabla 37: Ficha de ensayo a impacto del grupo TB1 a 25°C	91
Tabla 38: Ficha de ensayo a impacto del grupo TC1 a 25°C	93
Tabla 39: Ficha de ensayo a impacto del grupo TD1 a 25°C	95
Tabla 40: Ficha de ensayo a impacto del grupo TD2 a 45°C	97
Tabla 41: Ficha de ensayo a impacto del grupo TD3 a 65°C	99
Tabla 42: Caracterización del material de compuesto.	101
Tabla 43: Evaluación de la composición del material compuesto con sus promedios del ensayo a tracción y flexión del esfuerzo máximo (MPa)	102
Tabla 44: Evaluación de la composición del material compuesto a temperatura ambiente de los ensayos a flexión.	103
Tabla 45: Evaluación de la composición del material compuesto con los ensayos a impacto con la norma ASTM D5628.	104
Tabla 46: Resultados para analizar el esfuerzo máximo a tracción	107
Tabla 47: Datos del grupo TD1 ensayo a tracción	108
Tabla 48: Datos del grupo TD3 del ensayo a tracción	108
Tabla 49: Resultados para analizar el esfuerzo máximo a flexión	110
Tabla 50: Datos del grupo TC1 del ensayo a flexión	110
Tabla 51: Datos del grupo TD3 del ensayo a flexión.	111

RESUMEN

En este trabajo se realizó una investigación experimental de un material compuesto para la determinación de las propiedades mecánicas conformado por resina poliéster reforzado con fibra de vidrio y malla de acero. En este material compuesto el refuerzo de malla de acero tiene 2 tipos diferentes como son: malla de acero galvanizado y malla de acero inoxidable, se varió el número de capas de fibra vidrio, la elaboración de las probetas se realizó mediante estratificación a compresión con un molde construido con material de acero A36.

En esta investigación el propósito es encontrar la mejor configuración que proporcione altas propiedades mecánicas, las probetas son ensayadas y fabricadas según las normas ASTM, para ensayo a tracción se implementó la norma ASTM D3039, en los ensayos a flexión la norma ASTM D7264 y ensayo a impacto según la norma ASTM D5628.

Luego de ser ensayadas las probetas, tabulados y recolectados los datos. La configuración que presenta mejores resultados es la de 2 capas de fibra de vidrio, 1 capa de malla de acero inoxidable curada a 25 grados centígrados al ambiente, elaborada con estratificación a compresión tiene como resultado el esfuerzo máximo a tracción de 64,01 (MPa), esfuerzo máximo a flexión de 145,85 (MPa) y energía media de fallo de 0,910 (J).

ABSTRACT

In this work, an experimental investigation of a composite material for the determination of the mechanical properties made up of polyester resin reinforced with fiberglass and steel mesh was carried out. In this composite material, the steel mesh reinforcement has 2 different types such as: galvanized steel mesh and stainless steel mesh, the number of fiberglass layers was varied, the preparation of the test pieces was carried out by compression stratification with a mold Constructed of A36 steel material.

In this research the purpose is to find the best configuration that provides high mechanical properties, the specimens are tested and manufactured according to ASTM standards, for tensile testing the ASTM D3039 standard was implemented, in the bending tests the ASTM D7264 standard and test to impact according to ASTM D5628.

After being tested the specimens, tabulated and collected the data. The configuration that presents the best results is that of 2 layers of fiberglass, 1 layer of stainless steel mesh cured at 25 degrees centigrade in the environment, made with compression stratification, resulting in a maximum tensile stress of 64.01 (MPa), maximum bending stress of 145.85 (MPa) and mean failure energy of 0,910 (J).

TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

“CARACTERIZACIÓN MECÁNICA DE UN MATERIAL COMPUESTO DE RESINA POLIÉSTER REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO Y MALLA DE ACERO PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS”

CAPITULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes Investigativos

La revista de publicaciones científicas Springer Science+Business Media publicó en el año 2018 el artículo científico: “INVESTIGATION ON MECHANICAL AND THERMAL PROPERTIES OF STAINLESS STEEL WIRE MESH-GLASS FIBRE REINFORCED POLYMER COMPOSITE ” realizada por los señores M. Sakthivel, S. Vijayakumar, B. Vijaya Ramnath en el Departamento de Ingeniería Mecánica del T. John Institute of Technology ubicado en la India, la investigación se basaba en la fabricación de un material compuesto de fibra de vidrio tejida y malla de acero inoxidable con el tipo de resina epoxi.

Teniendo como resultado que en el compuesto con fracciones de un peso 10% de malla de alambre de acero inoxidable, un peso de fibra de vidrio de 52.2% y 37.5 en peso de resina epoxi tiene un incremento de sus propiedades mecánicas si se compara con los demás tipos de composiciones con propiedades módulo de flexión 18,3 GPa en el ensayo de flexión, en el ensayo de impacto la energía absorbida es 9 J y ensayo a tracción con un módulo de tracción 18,3 GPa. Todas las probetas que se utilizaron mallas de alambre de acero inoxidable presentaron un incremento en la primera carga de fisura. Concluyendo que la incorporación de malla de acero inoxidable en el compuesto es una nueva técnica para el incremento de las propiedades y un aumento del rendimiento. [1]

La revista de International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management público en el año 2014 el artículo científico: “MECHANICAL PROPERTIES FOR POLYESTER RESIN REINFORCE WITH FE WEAVE WIRE” realizada por los señores Alaa A. Abdul-Hamead, Thekra Kasim y Awattiff A.Mohammed en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Bagdad ubicado en Irak, la investigación se realizó para el estudio de un compuesto polimérico de poliéster con refuerzo de alambre tejido de hierro.

La investigación de este artículo se centralizó en las propiedades mecánicas de la matriz de poliéster con refuerzo de alambre de tejido de hierro con varios porcentajes en peso de (5,10,15,20%) de la composición. Al efectuar los ensayos los resultados indican que al proporcionar el refuerzo de metal en el compuesto se aumenta el valor de las propiedades mecánicas dependiendo del incremento de porcentaje metálico como refuerzo. [2]

En el año 2017, en la Facultad de Ingeniería, perteneciente a la Universidad Nacional De Trujillo, el Señor Edwin Castillo, estudiante de la Escuela Académica Profesional de Ingeniería de Materiales, desarrolló la indagación del tema: “INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE ADICIÓN EN PESO DE FIBRA DE CABUYA Y TEMPERATURA DE CURADO SOBRE LA RESISTENCIA AL IMPACTO DE UN COMPUESTO DE MATRIZ POLIÉSTER – FIBRA DE VIDRIO”, se evaluó:

El compuesto híbrido de matriz poliéster con refuerzo de fibra de vidrio y cabuya a varios porcentajes en peso con diferentes temperaturas de curado 25, 45 y 65 ° C de las probetas. Determinando que los valores más altos de resistencia al impacto se alcanzaron en compuestos híbridos reforzados con fibra de cabuya al 15% en peso y fibra de vidrio. Estos compuestos híbridos que estuvieron expuestos a temperatura ambiente 25 °C proporcionaron la más alta resistencia al impacto promedio 68.60 KJ/m². [3]

En la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería civil y mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico por el señor Daniel Federico Castro Chico en el año 2017, en la investigación del tema “ANÁLISIS DEL MATERIAL COMPUESTO DE FIBRA DE VIDRIO CON MATRIZ POLIMÉRICA UTILIZADO EN LA FABRICACIÓN DEL INTERIOR DE

CARROCERÍAS METALMECÁNICAS PARA DETERMINAR SUS PROPIEDADES MECÁNICAS” se determinó que:

Con el conformado de la matriz de resina poliéster de 70% con refuerzo de fibra de vidrio 30%, forro del techo interior tiene las mejores propiedades mecánicas con las probetas según la norma para tracción - ASTM D3930 el esfuerzo de rotura a tracción es 89,17 MPa obteniendo un módulo de elasticidad de 2,74 GPa, con las probetas según la norma para Flexión - ASTM D7264-07 el esfuerzo de rotura a flexión es de 28,63 MPa con un módulo de flexión de 58,46 GPa además se obtuvo la energía de impacto de 3,76 (J). [4]

En el año 2018, la investigación realizada por el señor Oscar Fabricio Freire Bonilla en su trabajo experimental previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico presentado en la Universidad Técnica de Ambato, Carrera de Ingeniería Mecánica, con el tema: “ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DE RETARDANTES DE LLAMA (HIDRÓXIDO DE ALUMINIO, HIDRÓXIDO DE MAGNESIO) EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIMÉRICA REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO UTILIZADO EN LA FABRICACIÓN DEL INTERIOR DE CARROCERÍAS METALMECÁNICAS” determinó que:

Mediante el compuesto de cuya fracción volumétrica de 30% de fibra de vidrio; 61% de resina poliéster y 9 % de hidróxido de aluminio se obtuvo un valor promedio del grupo de probetas denominadas PA9-T este grupo tuvo mejor esfuerzo máximo de tracción con un valor promedio de 92,081 MPa. En el otro grupo de probetas denominadas PM6-F que se realizó el ensayo a flexión se tuvo el valor promedio de 254,093 MPa obteniendo el más alto esfuerzo máximo de flexión, compuesta por una estructura de fracción volumétrica de refuerzo con fibra de vidrio de 30%, además de una matriz de resina poliéster con 64% y 6 % de hidróxido de aluminio. [5]

1.2 Justificación

El proceso de la elaboración de un material compuesto es el procedimiento de unir diferentes tipos de materiales en el que se realiza una combinación para lograr obtener mejores propiedades mecánicas generalmente este tipo de creación se los realiza ya que cada uno de estos materiales por separado no logran obtener esta mejora al momento de la aplicación de este material en la industria. [6] [7]

Al obtener un aumento de las propiedades mecánicas en las diferentes combinaciones ha incentivado al desarrollo de un gran número de combinaciones de materiales [8]. Encontrando aplicaciones de estos materiales compuestos en la industria como la carrocería, aeroespacial y embarcaciones este tipo de composiciones se ha ido implementando en nuevos campos de la industrial por tal motivo se realiza esta investigación en busca de obtener las propiedades mecánicas de esta combinación de materiales. [6] [2]

Generalmente la combinación de los materiales compuestos se puede implementar entre más de dos materiales, esta investigación se realiza con una matriz de poliéster con un refuerzo de fibra de vidrio, malla metálica de acero inoxidable y malla galvanizada. La matriz de resina poliéster está compuesta por características que permite la unión de todo tipo de refuerzo este tipo de matriz aporta una fácil manipulación además de añadir excelentes propiedades. La investigación se enfoca en la caracterización de un material compuesto con una matriz polimérica ya que al utilizar la resina poliéster proporciona grandes ventajas como el aumento de la vida de los componentes, proporciona una mayor rigidez además incrementa la resistencia al impacto. [9] [10]

En la investigación se propone una comparación entre cada uno de los compuestos como son los de matriz de resina poliéster con refuerzo de fibra de vidrio, refuerzo de malla de acero inoxidable y malla de acero galvanizado para obtener en cada uno de los compuestos las propiedades mecánicas de cada combinación.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

- Caracterizar mecánicamente el material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de vidrio y malla de acero para determinar las propiedades mecánicas.

1.3.2 Objetivos específicos

- Obtener el material compuesto de matriz poliéster con refuerzo de fibra de vidrio y malla de acero a diferente temperatura de curado.

Mediante la configuración de cada composición, el curado al ambiente y al horno de algunas probetas el material compuesto conformara un nuevo material.

- Realizar probetas del material compuesto para someterlos a ensayos de tracción, flexión e impacto que estarán regidas por las normativas ASTM.

Para la elaboración de las probetas se fabricará un molde para luego proceder con las herramientas de corte a la elaboración de las probetas con las medidas de cada una de las normas ASTM aplicadas según cada ensayo a tracción se implementó la norma ASTM D3039, flexión la norma ASTM D7264 e impacto según la norma ASTM D5628.

- Determinar las propiedades mecánicas mediante ensayos de tracción, flexión e impacto de cada uno de los compuestos de matriz poliéster.

Mediante la tabulación de datos se identificará las propiedades mecánicas de cada composición y se logrará identificar el material con los resultados más óptimos.

1.4 Fundamentación teórica

1.4.1 Material compuesto

Un compuesto es creado de varias y diferentes fragmentos o componentes, en la aplicación del diseño en ingeniería, un material compuesto puede ser de un material creado por componentes en una categoría de niveles que puede ser micro a macro, e inclusive beneficia el rango macro en la ingeniería. El material compuesto es un procedimiento de materiales desarrollados que se encuentra en forma de combinación

apropiadamente colocada entre 2 materiales o más, que se diferencian en estructura y constitución química y son fundamentalmente insolubles entre los componentes utilizados. En la ingeniería este tipo de materiales son muy utilizados y de gran importancia ya que se puede combinar dos o más tipos de materiales que se utilizaran en la composición para lograr obtener propiedades mecánicas superior a las obtenidas individualmente como dureza, rigidez, beneficio a temperaturas elevadas, resistencia [6].

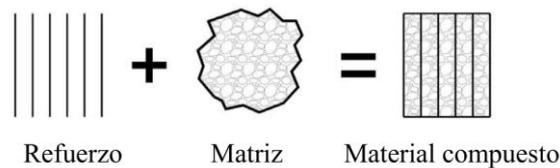


Figura 1: Distribución elemental de un material compuesto. [11]

1.4.2 Clasificación de los materiales compuestos

Existe 2 tipos de clasificación de los materiales compuestos se lo puede dividir por el tipo de matriz y por el refuerzo.

1.4.3 La matriz

La matriz en el compuesto se presente en fase continua en cambio el refuerzo estará en una fase embebida o inmerso en el compuesto. Entre las funciones principales de la matriz en el material compuesto son las siguientes:

- Especificar las cualidades y características química además de físicas.
- Proporcionar, resguardar y ofrecer adherencia en el material.
- Esta matriz brindara la posibilidad de trasladar las cargas al refuerzo que se implemente.

La matriz muestra varias características principales al aplicar cargas mecánicas como:
En la aplicación de cargas de Compresión: La matriz resiste el esfuerzo que se aplica en el material compuesto.

En la aplicación de la tracción: La matriz transporta la carga a las fibras, las cuales resisten el esfuerzo aplicado [12].



Figura 2: Cargas de compresión y tracción en el material compuesto. [12]

1.4.4 Tipos de matriz

1.4.4.1 Compuesto con matriz metálica

En la obtención de materiales compuestos con matriz metálica esta la composición conformada por los elementos metálicos como aluminio, cobre también las aleaciones metálicas.

Es indispensable que al momento de elaborar los materiales compuestos el refuerzo implementado proporcione algunas exigencias:

- Tener una reducida densidad.
- Tener una compatibilidad tanto química como también mecánica.
- Poseer una alta resistencia a la compresión.

1.4.4.2 Compuesto con matriz cerámica

Los materiales compuestos con una matriz cerámica proporcionan una superioridad en el material de alta estabilidad termodinámica por tal motivo se implementa en la industria para altas temperaturas que requieran soportar el material. Los más utilizados refuerzos en este tipo de matriz son las fibras de carburo de silicio y principalmente también las de óxido de aluminio.

1.4.4.3 Compuesto con matriz polimérica

Utilizados principalmente para aplicaciones en los elementos compuestos por el motivo de brindar una gran facilidad de adaptarse al compuesto y fácil maleabilidad, además permite fabricar los elementos en una temperatura ambiente obteniendo un material con altos valores de propiedades mecánicas. En esta investigación se escogió para la fabricación del compuesto la resina poliéster la que corresponde al conjunto de los polímeros llamados termoestables [13].

1.4.5 Tipos de matriz poliméricas

1.4.5.1 Matriz termoestable

El tipo de matriz termoestables es un polímero que no consigue fluir por consecuencia de las altas temperaturas es decir que este tipo de polímeros no logra remodelados o reutilizar este polímero es decir reutilizar sus residuos no es posible en consecuencia, este tipo de material no se puede reciclar como en el caso de los termoplásticos si nos permite. Este material tiene mayor dureza y fragilidad si se los contrasta con el tipo de matriz polimérica termoplástica. En los termoestables se consideran las siguientes resinas como el epoxi, poliéster entre otras.

Tabla 1: Tipos de matriz polimérica. [13]

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

1.4.5.2 Matriz termoplástica

Tiene la característica que al aplicar una temperatura determinada su forma cambia en el material puede derretirse o también se puede ablandarse con las temperaturas altas aplicadas en el material, este proceso se lo puede realizar repetidamente y como consecuencia en sus propiedades no se notaran alteraciones críticas. Algunos que son los más conocidos entre la matriz termoplástica está el polietileno, el poliestireno entre otros [14].

1.4.5.3 Matriz elastomérica

Con la aplicación de esfuerzos en el material hecho de polímero elastómero se logra deformarse de una forma clara, y se puede lograr llegar a su forma original del material al dejar de destinar los esfuerzos en el material. En estos polímeros tenemos el caucho natural también el sintético entre otros.

1.4.6 Resina poliéster

Este tipo de resinas poliéster son las más implementadas en las matrices termoestables a nivel mundial. Por las diferentes características son manipuladas en la fabricación de embarcaciones, además tiene un costo bajo a comparación de las demás matrices termoestables.

Estas resinas son componentes inestables y tienen inclinaciones a polimerizar y también a gelificarse, para la utilización de esta clase de resina se garantiza su formación con la aplicación de inhibidores.

Tabla 2: Propiedades de la resina poliéster. [10]

Propiedad	Resina poliéster
Densidad	1.2-1.5 Mg m ⁻³
Módulo de Young	2-4.5 GN m ⁻²
Resistencia (Tracción)	40-90 MN m ⁻²
Resistencia (compresión)	90-250 MN m ⁻²
Alargamiento a la rotura	2%

1.4.6.1 Tipos de resina poliéster.

Existe una variedad de alcoholes y ácidos al inicio de implementarlos, dependiendo de la naturaleza de sus monómeros en la composición. Se clasifican en:

- **Ortoftálicas:** este tipo de resina poliéster tiene como composición el anhídrido maleico y anhídrido ftálico con glicone estas resinas son las más utilizadas y son de bajo costo. Absorben hasta un 2.5% de agua en inmersiones prolongadas. Son utilizados frecuentemente para ambientes no agresivos.
- **Isoftálicas:** la resina tiene excelente resistencia para los ambientes marinos ya que posee la propiedad de menos absorción. En esta resina se reemplaza el anhídrido ftálico por ácidos isoftálicos, incrementando la propiedad de la resistencia al agua.

- Isoftálica con neopentilglicol (NPG): el propilen glicos es reemplazado por neopentil glicol optimizando la resistencia química del tipo de resina isoftálica.
- Bisfenólicas: este tipo de composición tiene un alto costo, el más apto para implementar en medios corrosivos. Además, poseen altas propiedades mecánicas y químicas en comparación a las Ortoftálicas y Isoftálicas [10].

1.4.7 Proceso de curado

La resina pasa por una etapa denominado curado consiste en una transformación de un estado líquido de la resina a un estado sólido. Para lograr que la resina cambie de estado es decir llegar a la polimerización con una temperatura ambiente es indispensable añadir al instante de su uso unas sustancias conocidas como iniciador y activador o también conocido como acelerador en las proporciones recomendadas por el productor de la resina a utilizar.

El iniciador logra que se produzca y comience la reacción, normalmente este tipo de sustancias está conformado por peróxidos orgánicos, este tipo de sustancias está en estado líquido se le añade a la resina en porcentajes dependiendo del peso de la resina a utilizar, y que puede estar dentro del rango del 1% y 3% de iniciador o catalizador.

El activador se ocupa dependiendo del iniciador. El acelerador (activador) está compuesto comúnmente por sales de cobalto orgánicas y se le agrega a la resina en forma líquida este acelerador está dentro de unos porcentajes de 0.1% y 0.3% [10].

1.4.7.1 Etapas del curado

La elaboración de la resina poliéster estará conformado por 3 etapas específicamente en el curado:

- **Gelificación**

En esta etapa del curado se transforma la resina de un líquido fluyente a un gel blando este es el principio del proceso de curado.

- **Endurecimiento**

La resina se transforma del gel blando a un material endurecido eso permitirá que la pieza o el material se pueda separar del molde.

- **Curado final**

Esta es la última etapa en el proceso del curado que proporcionara a la resina poliéster las propiedades mecánicas y químicas.

1.4.7.2 Factores del curado

- La temperatura ambiente, en el mayor número de resinas no se logra el proceso del curado a temperaturas menores de 16 °C.
- Un factor importante es la cantidad de catalizador y acelerador en el compuesto.
- La humedad relativa debe estar de 40 hasta 54% es imprescindible conservarla dentro de este rango.
- En el proceso del curado el aumento de la temperatura provoca una disminución del tiempo de gelificación.
- En el laminado el aumento del espesor reducirá el lapso de gelificación [15]

1.4.8 Refuerzo

El refuerzo es conocido como fase discontinua este elemento resiste la carga es una parte fundamenta en la fabricación de los materiales compuestos. Se aplica estos elementos para producir en el compuesto un aumento de las propiedades mecánicas, puede ser utilizado para aumentar u optimizar el comportamiento del compuesto en condiciones a elevadas temperaturas, proporciona mejor resistencia del material [16].

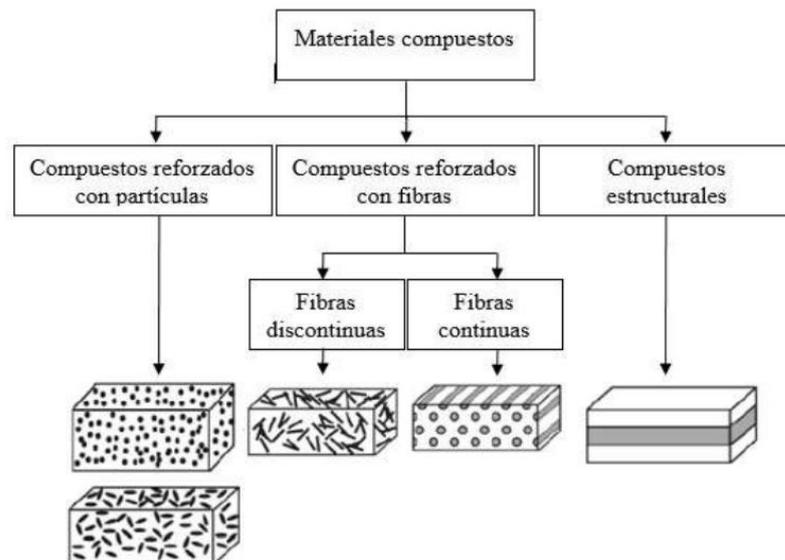


Figura 3: Categorización del tipo de refuerzo. [16]

1.4.8.1 Compuestos reforzados con partículas

Este tipo de refuerzo este compuesto por partículas que pueden variar su tamaño estas pueden ser grandes o también partículas consolidadas por esparcimiento. Lo principal de estas partículas es resistir una parte de la carga aplicada en la matriz ya que la matriz transportará una fracción del esfuerzo aplicado a estas partículas. Este tipo de compuesto no proporcionara un refuerzo fuerte para las propiedades mecánicas. En el tipo de materiales consolidados de partículas por dispersión, es fundamental distinguir que estos materiales comúnmente poseen diámetros dentro del rango 10 y 100 nm [17].

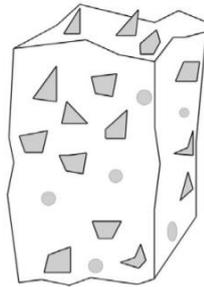


Figura 4: Material compuesto con refuerzo de partículas. [17]

1.4.8.2 Compuestos reforzados con fibras

En los compuestos reforzados con fibras son el tipo de materiales que proporciona mayor importancia a partir de lo tecnológico, estos compuestos están conformados en la fase dispersa por las fibras. La fabricación de estos compuestos en su mayoría lograra incrementar su resistencia a la fatiga implementando una fibra resistente y rígida además lograra mejorar su rigidez, con una matriz que sea más blanda y dúctil. La característica de la implementación de estas fibras es que se lograra que la matriz del compuesto traslade la carga que se le aplique a las fibras.

Este refuerzo puede ser agrupado en whiskers, fibras y alambre. Considerando la variación de las fibras en diámetro y por las diferentes características que proporcionara cada fibra. [17]

El compuesto conformado con refuerzo conocido como Whiskers esta clase de refuerzo son monocristalino muy finos con característica de una relación (longitud /diámetro) grande.



Figura 5: Compuesto conformado con refuerzo de whiskers. [17]

El compuesto conformado por refuerzo de fibras son elementos policristalinos, sus características primordiales son: poseen longitudes extensas y compuesto por diámetros pequeños. La composición de las fibras son principalmente polímeros o cerámicos algunos ejemplos son el vidrio, carbono y boro etc. En este grupo también se considera la implementación de las fibras naturales como refuerzo en los materiales compuestos algunos ejemplos son la cabuya y el algodón entre otros.

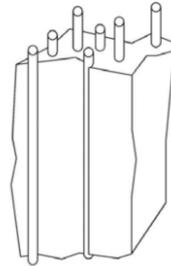


Figura 6 : Compuesto conformado con refuerzo de fibras. [17]

Alambre este refuerzo tiene una característica que poseen diámetros elevados. La composición de estos refuerzos abarca el acero, molibdeno y tungsteno. Esta conformación es implementada principalmente como refuerzos radiales en la aplicación de las llantas.

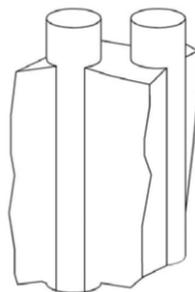


Figura 7 : Compuesto conformado con refuerzo de alambre. [17]

1.4.8.3 Compuestos estructurales

En este compuesto el refuerzo está conformado por elementos estructurales en este tipo de elementos está muy ligado la geometría de los elementos, esto quiere decir que no depende exclusivamente de los materiales constituyentes para el resultado de sus propiedades.

- Compuestos laminares

Está compuesto por laminas que poseen una orientación primordial para la obtención de alta resistencia, un ejemplo de este tipo de compuestos es la madera y en algunas aplicaciones poliméricas conformadas por fibras con una distribución alineada. Cada una de los elementos o capas deben ser apiladas y luego aseguradas.

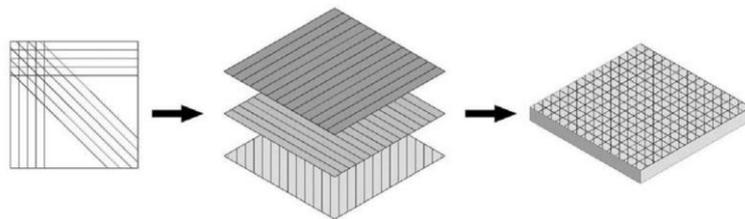


Figura 8: Compuesto conformado con compuesto laminar. [17]

- Paneles tipo sánduche

Está fabricada por una delgada capa que se utilizara en el compuesto como parte de recubrimiento del material compuesto además se incorpora un elemento ligero que tendrá la función de relleno de compuesto, el material conformado por la unión del relleno y el elemento de recubrimiento proporcionara resistencia y rigidez ya que los elementos individualmente ya sea el relleno o el material de recubrimiento no son resistentes ni rígidos.

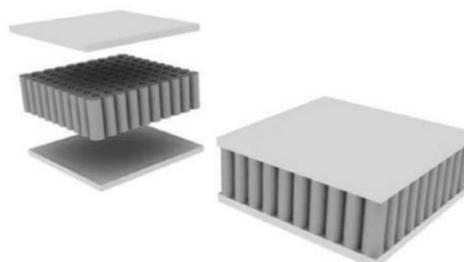


Figura 9: Compuesto conformado con refuerzo tipo sánduche. [17]

1.4.9 Fibras de vidrio

Este tipo de refuerzo como son las fibras de vidrio, son los más manejados y comunes para la fabricación de un compuesto con matriz polimérica, son implementados por las grandes ventajas que proporcionan como el reducido costo que tiene la fibra de vidrio, tiene buenas características de aislamiento, además de tener la particularidad de tener una alta resistencia a la tensión. Los diámetros de estas fibras están dentro de 3-20 μm . [18]

Los 3 tipos de vidrios representativos en la implementación de elementos compuestos son el tipo de vidrio E (Eléctrico) es el que se implementa con mayor frecuencia por las características que son: buenas propiedades de resistencia, rigidez, esta clase de fibra E se estira bien. El tipo de vidrio C (corrosión) posee una alta resistencia a la corrosión química a comparación del tipo E que es menor, una de las desventajas que posee es más caro además de reducir sus características de resistencia. El vidrio de tipo S es de mayor costo que el vidrio tipo E, este vidrio tipo S posee un alto módulo de Young, proporciona mayor resistencia a la temperatura [6] [19].

Tabla 3: Tipos y propiedades de varias fibras de vidrio.[20]

TIPO	Vidrio A	Vidrio E	Vidrio S	Vidrio R
Diámetro de hilo [μm]	5-13	10-20	10	10
Densidad [g/cm^3]	2,5	2,54	2,48	2,59
Módulo de elasticidad [GPa]	69	72,5	86	85
Resistencia a tracción [GPa]	3,1	3,4	4,59	3,4 - 4,4
Elongación a la ruptura	4,3	4,5	-	5,2

1.4.9.1 Característica de la fibra de vidrio

- Resistencia mecánica, la resistencia específica (tracción/densidad) superior a la del acero.
- El costo de fabricación de la fibra de vidrio es relativamente bajo además de proporcionar una gran facilidad de fabricación.
- Posee alta relación de peso- resistencia.

- La gran compatibilidad de lograr relacionarse con una cantidad numerosa de resinas sintéticas esto quiere decir que tiene una compaginación con casi la totalidad de matrices orgánicas.
- Estabilidad dimensional.
- La fibra de vidrio tiene la característica de ser incombustible ya que pertenece a un material mineral.
- Posee un buen aislante eléctrico incluido cuando este sea conformado por espesores pequeños [20].

1.4.10 Acero inoxidable

Este tipo de aceros posee una alta resistencia y ductilidad además de su composición alta de cromo y tiene la característica de la resistencia a la corrosión. Se los conoce como inoxidables ya que en la presencia del oxígeno (aire), desarrollan una película de óxido de cromo muy delgada que tiene la característica de ser muy dura y adherente que brinda una protección en el acero para evitar la corrosión. Otros elementos que constituyen los aceros inoxidables son el níquel, manganeso y molibdeno entre otros. Con el aumento de la composición de carbono en los aceros inoxidables, se reducirá la resistencia a la corrosión [21].

Tabla 4: Propiedades de la malla de alambre de acero inoxidable. [8]

Propiedades	Valor
Grado	304
Configuración de malla	64 mallas/pulgada
Resistencia a la tracción	620 MPa
Densidad	8.0 g/cm ³
Punto de fusión	1420 ° C
Módulo de rigidez	70,3 KN/mm ²
Módulo de elasticidad	187,5 KN/mm ²

La malla de alambre de acero inoxidable de grado AISI 304 provee una excelente resistencia a una amplia gama de exposiciones a la industria química, textil, petrolera y alimentaria. La malla inoxidable 304 no se puede endurecer mediante tratamiento térmico [8].

1.4.11 Acero galvanizado

Es un tipo de acero al carbono revestida por una capa compuesta por zinc este tipo de recubrimiento es delgado; el elemento del zinc en este acero galvanizado es más activo que el hierro y brinda la característica de preservar el acero. Para la conformación de este material se sumerge el acero en un baño de zinc. El zinc es el anódico en esta composición por eso provoca que se corroe y brinda la protección en el acero, el acero es el cátodo en esta conformación. Algunas de las principales aplicaciones del acero galvanizado están las puestas, tornillos etc. [7] [6]

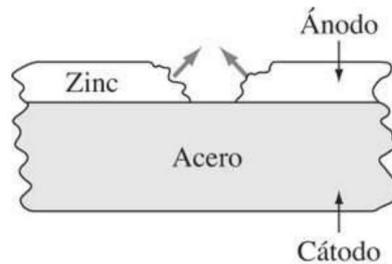


Figura 10: Esquema del recubrimiento del acero galvanizado. [6]

1.4.12 Elaboración del material compuesto

Hay diferentes tipos de elaboración del material compuesto algunos de ellos son la estratificación manual y estratificación a compresión estos son los más conocidos e implementados:

- a) Estratificación manual

Este tipo de estratificación manual es implementado ya que presenta una gran facilidad de fabricación y considerado como una técnica de reducido costo, una característica primordial es que no necesita de implementación de calor externo, una ventaja es que no requiere de una alta presión de moldeo al momento de la fabricación del compuesto. Por lo general para la aplicación de este tipo de estratificación manual se implementa las resinas termoestables como son el poliéster, epóxicas y fenólicas, la aplicación de este tipo de matriz proporcionara una alta adherencia de los refuerzos. [16]

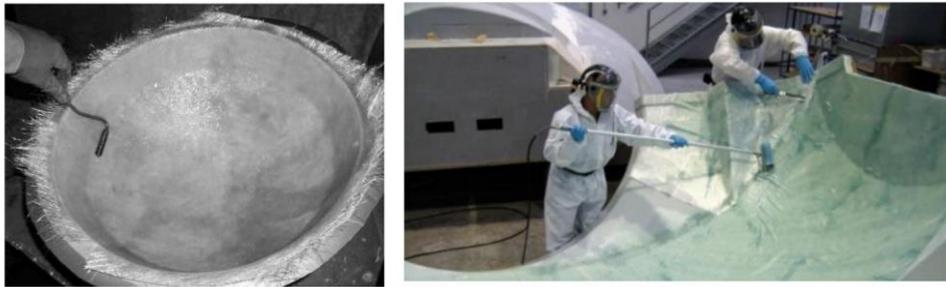


Figura 11: Estratificación manual. [14]

b) Estratificación a compresión

El método de elaboración mediante la estratificación a compresión se produce del molde entre dos placas de composición metálica, este tipo de proceso ha sido muy utilizado y perfeccionado con el transcurso del tiempo. En este proceso a los moldes que se utilizan se denominan macho -hembra, estos tipos de moldes deben tener la característica de poseer un diseño simple para lograr aplicar una presión fácilmente en los moldes.

Esta técnica se logra emplear a los materiales termoplásticos y a los termoestables, consiste en intercalar entre la matriz y el refuerzo entre estos 2 elementos en el molde trazado para a continuación ser prensado el material compuesto. Para la aplicación se requiere una cantidad determinada de la composición de los elementos a implementar para introducirlos en el molde luego se aplicará la presión hidráulica y calor.

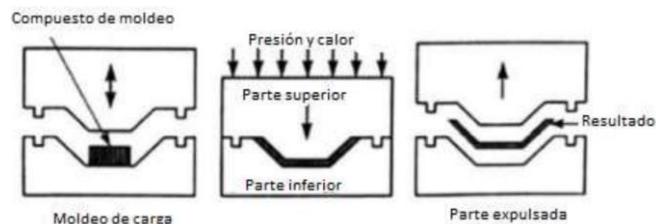


Figura 12: Proceso de estratificación a compresión. [16]

1.4.13 Ensayos de materiales

Para la obtención de datos en ensayos de tracción, flexión, impacto se necesita de la aplicación de ensayos destructivos para determinar las propiedades mecánicas del material compuesto. Estos ensayos deben estar regidos a normas como ASTM, ISO y INEN, las probetas se las ensaya en circunstancias simuladas para obtener resultados satisfactorios. Para los ensayos se aplicará las normas ASTM en la investigación y ensayos destructivos [14].

1.4.13.1 Ensayo de tracción

Este ensayo mediante la norma Sociedad Americana para Ensayos y Materiales ASTM D3039 este ensayo es muy utilizado para la caracterización de materiales, está compuesto por 2 mordazas una en cada extremo de la probeta la cual será aplicada una fuerza uniaxial creciente y la probeta deberá estar normalizada para el ensayo esta se deformará, la fuerza será aplicada hasta llegar a la rotura del elemento al momento del esfuerzo en cada uno de los extremos no deberá existir deslizamiento [18].

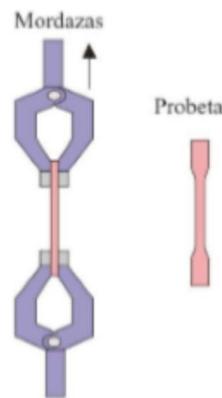


Figura 13: Esquema del ensayo de tracción. [14]

1.4.13.2 Ensayo a flexión

El ensayo a flexión se realiza mediante probetas normalizadas en este caso se aplica la norma ASTM D7264/D7264M-07 Sociedad Americana para Ensayos y Materiales. La aplicación de este ensayo proporciona los resultados de la rigidez a la flexión y propiedades de resistencia de un material compuesto conformado con matriz polimérica. El ensayo de esta propiedad mecánica se lo realiza con una viga normalizada esta prueba se radica fundamentalmente en 3 puntos de carga, está constituido por 2 soportes simples y una carga puntual en el centro de la probeta. Al momento de la aplicación del ensayo a flexión las propiedades pueden variar de acuerdo con el espesor de la probeta que se vaya a ensayar, también un punto a considerar es la aplicación de la velocidad del esfuerzo, o en el ambiente de la aplicación de los experimentos [17].

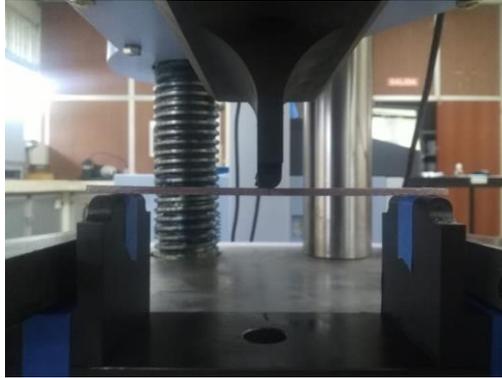


Figura 14: Distribución del ensayo a flexión en tres puntos. [17]

1.4.13.3 Ensayo de impacto

En la aplicación del ensayo de impacto rige la norma ASTM D5628 en esta investigación, conformado por la caída de dardo con este estudio se obtiene la energía de falla del material. Al momento de la aplicación la superficie de la probeta debe estar libre de fallas para tener datos exactos y sin errores al momento de realizar el ensayo. Esta aplicación del ensayo destructivo se enfoca en la caída de un dardo en el elemento fabricado, el área de la probeta deberá ser inspeccionada para observar si ha soportado la caída del dardo o a sufrido daño [16].



Figura 15: Máquina de ensayo de impacto.

Fuente: Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica

CAPITULO II

METODOLOGÍA

2.1 Materiales

2.1.1 Resina poliéster

En este trabajo experimental se utilizó la resina poliéster transparente RD1T-230K, esta resina se obtuvo del almacén Pintulac, servirá como la matriz del nuevo material compuesto



Figura 16: Resina poliéster

Tabla 5: Propiedades de la resina poliéster

Propiedad	Valor	Unidad
Punto de inflamabilidad	Aprox, 33	°C
Densidad	1.1	g/cm ³

2.1.2 Fibra de vidrio

La fibra de vidrio utilizada en el trabajo experimental es conocida como colchoneta picada de fibra de vidrio E con una uniformidad de peso de 375 g/m².

Está compuesta por estera de hebras cortadas esta composición consta de hebras o fibras de vidrio cortadas de 50 mm de longitud, en la cual se dispersan uniformemente en toda la fibra de vidrio, este tipo de fibra de vidrio esta añadido un aglutinante de poliéster para la unión. Las ventajas primordiales que presenta son menor costo, facilidad de formar, buen mojado.



Figura 17: Fibra de vidrio

Tabla 6: Datos del material colchoneta picada de vidrio E [22]

Propiedad	Unidad	Especificación	Estándar
Uniformidad de peso	Gramos / Metro cuadrado	-5% ~ 10%	ISO3374-2000
Contenido de humedad	%	≤0,2	ISO3344-1997
Contenido de aglutinante	%	2.6-3.6	ISO1887-1995
Resistencia a la tracción	N	Mín. 130	ISO3342-1995

2.1.3 Acero galvanizado

Uno de los materiales de refuerzo utilizados en el material compuesto es la malla de acero galvanizado. Este material es una malla cuadrangular está conformado por delgados alambres de material galvanizado.



Figura 18:Acero galvanizado

2.1.4 Acero inoxidable

El refuerzo del material del compuesto será la malla de acero inoxidable es producida con hilos delgados de alambre, estos alambres son de composición de acero inoxidable de calidad AISI 304. Estas mallas están desarrolladas por alambres o hilos anticipadamente ondulados y conformados alternativamente para crear una malla lisa.

La obtención de este tipo de malla se compró en la ciudad de Ambato en el almacén Ambatol.



Figura 19: Malla de acero inoxidable 304

2.2 MÉTODOS

En la elaboración y ensayos del material se tomaron en cuenta los siguientes métodos

2.2.1 Descriptivo

El método se implementa en esta investigación para lograr la descripción de las propiedades tanto físicas como mecánicas de la conformación de este material para identificar las características proporcionadas en cada combinación realizada, que serán aplicadas en cada uno de los ensayos, y mediante fichas técnicas identificar cada uno de los materiales y su variación.

2.2.2 Experimental

Se emplea el método de investigación experimental debido a que se realizara en cada una de las probetas 3 ensayos como son de flexión, tracción e impacto. La obtención de datos por los resultados de los ensayos mediante análisis de los mismo nos permitirá encontrar la mejor composición del material.

2.2.3 Bibliográfico

El método bibliográfico nos proporciona una base al momento de la investigación ya que nos permitirá fundamentar la teoría relacionada a los materiales compuestos, la información de tesis, libros, artículos realizados dentro y fuera del país es fundamental para lograr tener resultados correctos.

2.2.4 Exploratorio

El método exploratorio es aplicable por la conformación del material compuesto implementando resina poliéster reforzado con fibra de vidrio y malla de acero, con diferentes combinaciones y encontrar la combinación con mejores propiedades mecánicas de compuesto.

2.3 Hipótesis

La configuración del material compuesto con matriz de resina poliéster reforzada con fibra de vidrio y malla de acero aumentará las propiedades mecánicas del material.

2.3.1 Señalamiento de las variables de la hipótesis

2.3.1.1 Variable independiente

Material compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de vidrio y malla de acero.

2.3.1.2 Variable dependiente

Propiedades mecánicas

2.3.2 Operacionalización de variables

Tabla 7: Variable Independiente

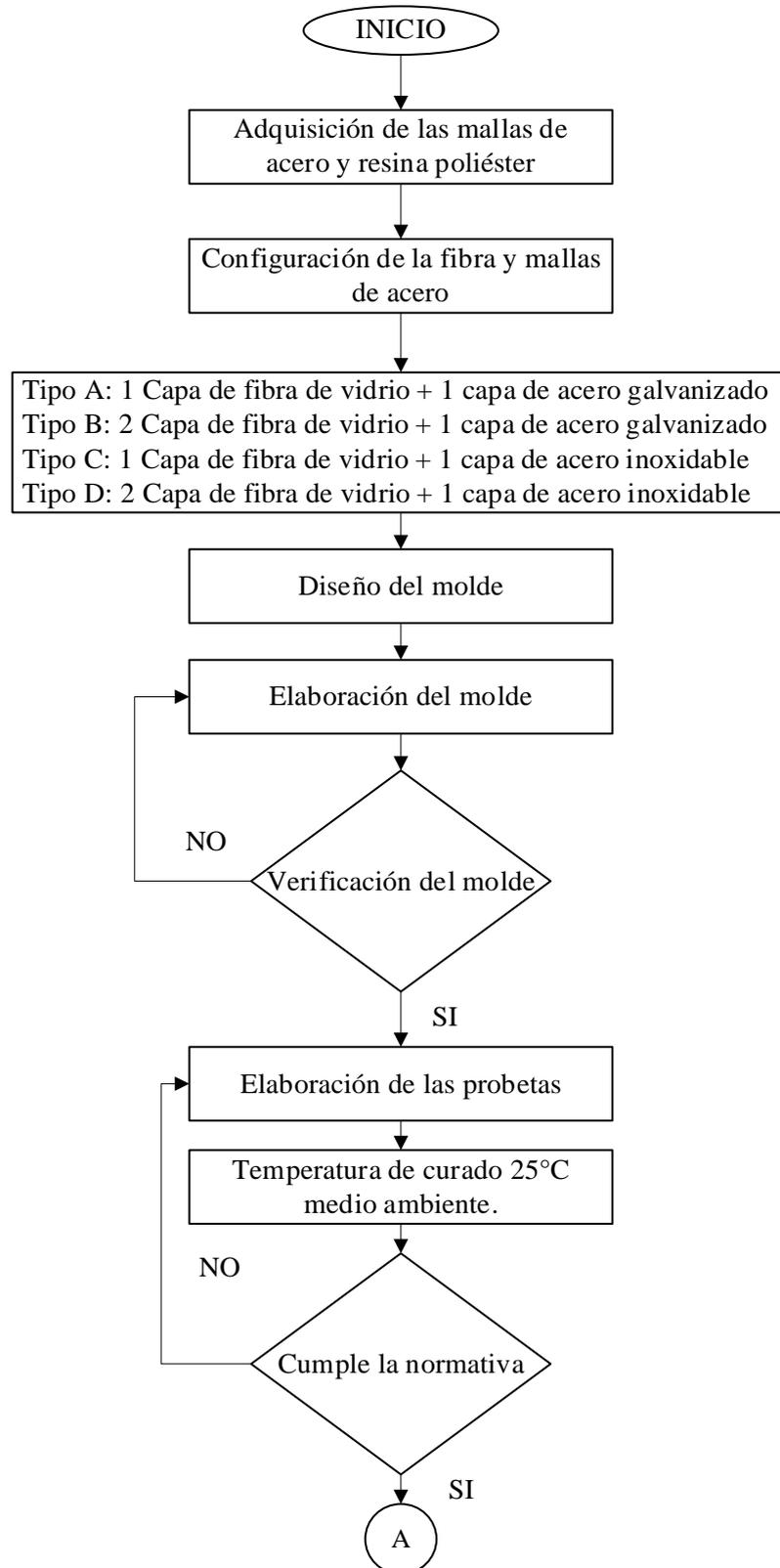
Concepto	Categoría	Indicadores	Ítems			Técnicas e instrumentación		
El material compuesto de matriz de resina poliéster reforzada con fibra de vidrio y mallas de acero.	Material compuesto	Tipo de refuerzo	Fibra de vidrio	Acero galvanizado	Acero Inoxidable	<ul style="list-style-type: none"> • Recolección de datos • Observación • Fichas de datos • Normas ASTM D: <p style="margin-left: 20px;">Tracción ASTM D-3039 Flexión ASTM D-7264 Impacto ASTM D-5628</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ensayos de laboratorio • Bibliografía 		
		Números de capas	1	1	N/A			
			2	1	N/A			
			1	N/A	1			
			2	N/A	1			
		Temperatura de curado del compuesto	25°C					
			45°C					
			65°C					

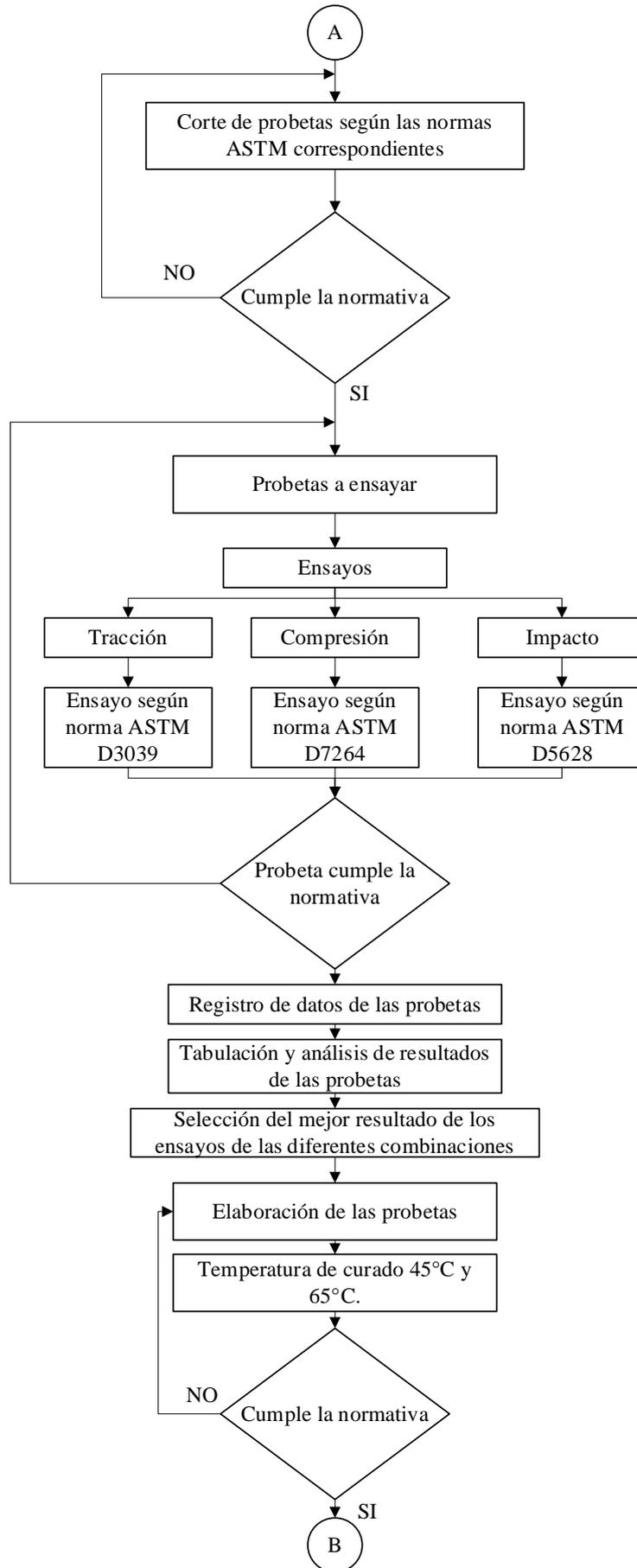
Propiedades mecánicas

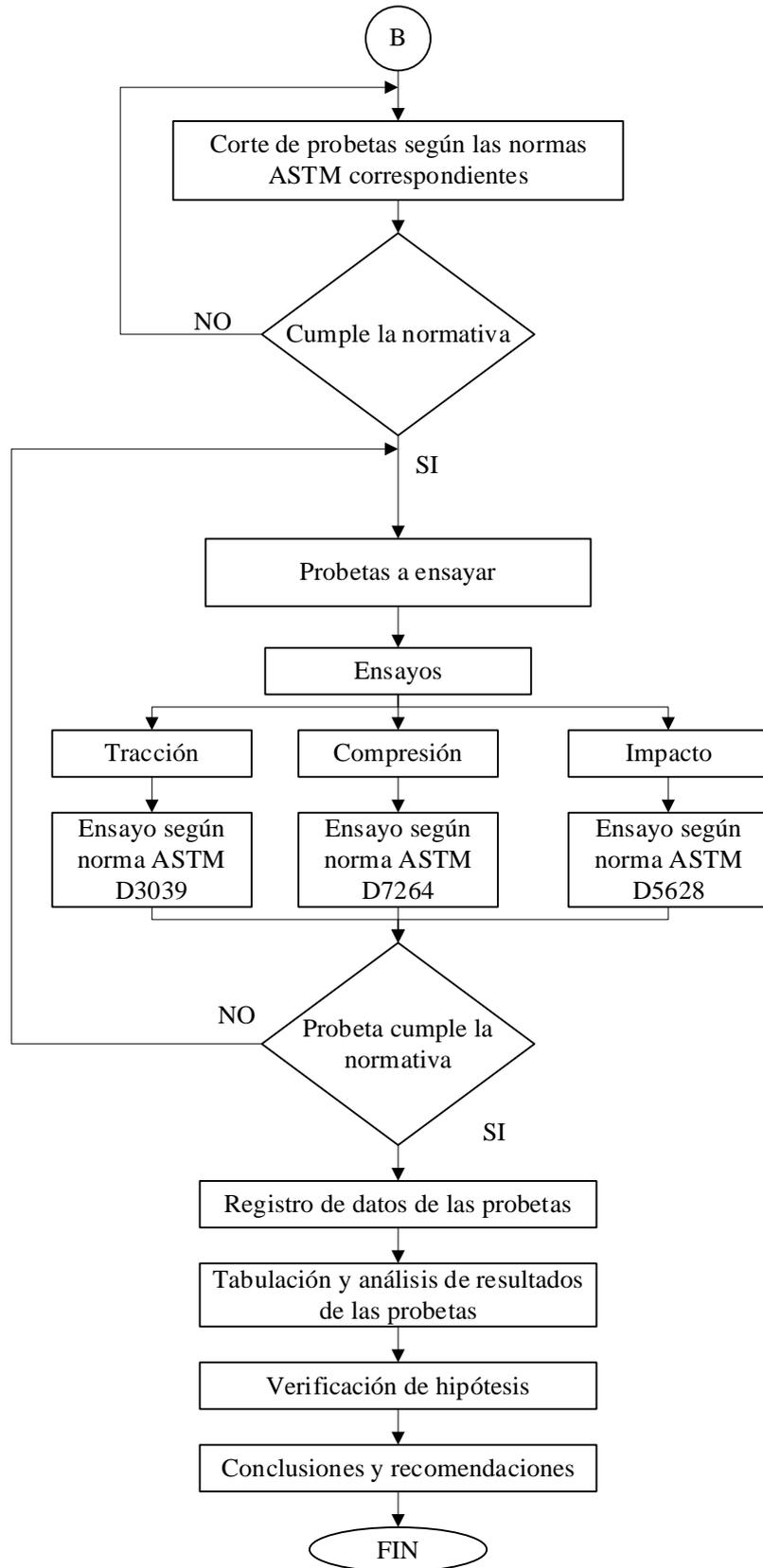
Tabla 8: Variable Dependiente

Conceptualización	Dimensión	Categoría	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentación
Las propiedades mecánicas que tienen los diferentes tipos de materiales se encuentran presentes en el instante de aplicar una fuerza externa y se puede medir por los ensayos normalizados	Propiedades mecánicas	Tracción	Resistencia a la tracción	¿Qué resistencia a la tracción tendrá el material?	<ul style="list-style-type: none"> • Norma de tracción ASTM D-3039 • Fichas técnicas de campo.
			Módulo elástico a tracción	¿Qué módulo elástico a tracción tendrá el material?	
		Flexión	Esfuerzo máximo de flexión	¿Qué resistencia última a la flexión tendrá el material?	<ul style="list-style-type: none"> • Norma de flexión ASTM D-7264 • Fichas técnicas de campo.
			Módulo de elasticidad a flexión	¿Qué módulo de elasticidad a flexión se obtendrá?	
		Impacto	Resistencia al impacto	¿Qué energía se obtendrá?	<ul style="list-style-type: none"> • Norma de Impacto ASTM D-5628 • Fichas técnicas de campo

2.4 Diagrama de la elaboración del material compuesto.







2.5 Determinación de la densidad de la fibra y mallas de acero

Una de las propiedades indispensables que se utilizara en la investigación es la densidad por eso es necesaria la obtención de este dato. Para la determinación de la densidad de los refuerzos se realizó el método gravimétrico y se utilizó la ecuación:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (\text{Ec 2. 1})$$

ρ : Densidad (g/cm³)

m : Masa (g)

v : Volumen (cm³)

Tabla 9:Ficha de la densidad de la fibra de vidrio

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA		
FICHA DE DENSIDADES			
DATOS INFORMATIVOS			
Fecha:	06/01/2021	Ciudad:	Ambato
Autor:	Darwin Alomaliza	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de método:	Método gravimétrico	Principio:	Arquímedes
Material:	Fibra de vidrio	Temperatura:	Ambiente
Tipo de resina:	Resina poliéster	Densidad teórica	-----
PROCEDIMIENTO			
1. Pesar la fibra de vidrio			
			

Figura 20 : Medición de fibra de vidrio

2. Medir 60 ml en la probeta de medición con resina poliéster en su interior.



Figura 21: Medición de resina poliéster.

3. Al introducir la fibra de vidrio en el interior de la resina poliéster se podrá observar el incremento, anotar el aumento del volumen.



Figura 22 : Medición de fibra de vidrio y resina poliéster.

4. Cálculos para la densidad de la fibra de vidrio.

DATOS OBTENIDOS					
Muestra	Masa de la fibra de vidrio (g)	Volumen inicial (cm ³)	Volumen final (cm ³)	Variación de volumen (cm ³)	Densidad (g/cm ³)
1	8	60	63.50	3.50	2.66
2	8.50	60	63.50	3.50	2.43
3	7.50	60	63.50	3.50	2.14
Densidad promedio:					2.41

Tabla 10: Ficha de la densidad de la malla galvanizada

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA		
FICHA DE DENSIDADES			
DATOS INFORMATIVOS			
Fecha:	06/01/2021	Ciudad:	Ambato
Autor:	Darwin Alomaliza	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de método:	Método gravimétrico	Principio:	Arquímedes
Material:	Malla galvanizada	Temperatura:	Ambiente
Tipo:	Agua	Densidad teórica	-----
PROCEDIMIENTO			
<p>1. Pesar la malla galvanizada</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Figura 23: Medición de malla galvanizada</p> <p>2. Medir 60 ml en la probeta de medición con agua en su interior.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Figura 24: Medición de agua.</p>			

3. Al introducir la malla galvanizada en el interior del agua se podrá observar el incremento, anotar el aumento del volumen.



Figura 25: Medición de malla galvanizada y agua.

4. Cálculos para la densidad de la malla galvanizada.

DATOS OBTENIDOS					
Muestra	Masa de la malla galvanizada (g)	Volumen inicial (cm ³)	Volumen final (cm ³)	Variación de volumen (cm ³)	Densidad (g/cm ³)
1	12	60	62	2	6
2	11.50	60	62	2	5.75
3	11	60	61.50	1.50	7.33
Densidad promedio:					6.36

Tabla 11: Ficha de la densidad de la malla inoxidable 304

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA		
	FICHA DE DENSIDADES DATOS INFORMATIVOS		
Fecha:	06/01/2021	Ciudad:	Ambato
Autor:	Darwin Alomaliza	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca
PARÁMETROS DE ENSAYO			
Tipo de método:	Método gravimétrico	Principio:	Arquímedes
Material:	Malla inoxidable 304	Temperatura:	Ambiente
Tipo:	Agua	Densidad teórica	-----
PROCEDIMIENTO			
<ul style="list-style-type: none"> • Pesar la malla de acero inoxidable 			
			
<p>Figura 26: Medición de malla acero inoxidable.</p>			
<ul style="list-style-type: none"> • Medir 60 ml en la probeta de medición con agua en su interior. 			
			
<p>Figura 27: Medición de agua.</p>			

- Al introducir la malla inoxidable 304 en el interior del recipiente con agua se podrá observar el incremento, anotar el aumento del volumen.



Figura 28: Medición de malla inoxidable y agua.

- Cálculos para la densidad de la malla inoxidable 304.

DATOS OBTENIDOS					
Muestra	Masa de la malla inoxidable 304 (g)	Volumen inicial (cm ³)	Volumen final (cm ³)	Variación de volumen (cm ³)	Densidad (g/cm ³)
1	26	60	63.50	3.50	7.40
2	26	60	63	3	8.60
3	20	60	62.50	2.50	8
Densidad promedio:					8

2.6 Probetas para ensayos destructivos

2.6.1 Probetas a tracción

Para el ensayo a tracción las probetas estarán bajo la norma ASTM D3039. En la norma se establece un área general más no el volumen por falta de un espesor el cual se deberá determinar.

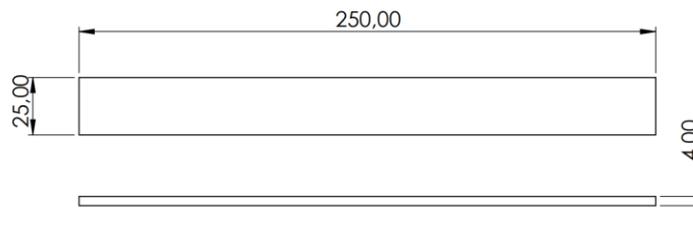


Figura 29 : Medidas de probetas a tracción

Con estas dimensiones de las probetas a tracción se obtiene el volumen total

1. Cálculo del área:

$$A = l * a \quad (\text{Ec 2. 2})$$

$$A = 250 \text{ mm} * 25 \text{ mm}$$

$$A = 6250 \text{ mm}^2 = 62.50 \text{ cm}^2$$

Donde:

A: Área de la probeta a tracción (mm^2)

a: Ancho de la probeta a tracción (mm)

l: Largo de la probeta (mm)

2. Cálculo del Volumen:

El espesor se estima de 4 mm ya que es implementado en varias investigaciones de materiales compuestos.

$$V = A * e \quad (\text{Ec 2. 3})$$

$$V = 6250 \text{ mm}^2 * 4 \text{ mm}$$

$$V = 25000 \text{ mm}^3 = 25 \text{ cm}^3$$

Donde:

A: Área de la probeta a tracción (mm^2)

V: Volumen total de la probeta (cm^3)

e: Espesor de la probeta (mm)

2.6.2 Probetas a Flexión

Para el ensayo a tracción las probetas estarán bajo la norma ASTM D7264.

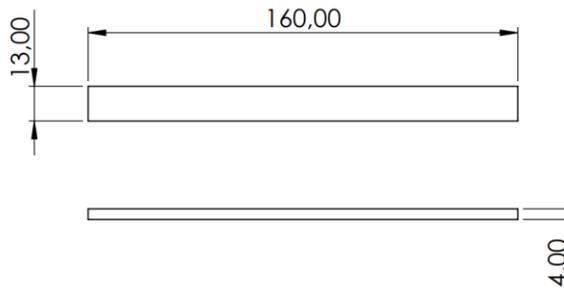


Figura 30: Medidas de probetas a flexión

Con estas dimensiones de las probetas a flexión se obtiene el volumen total

1. Cálculo del área:

$$A = l * a$$

$$A = 160 \text{ mm} * 13 \text{ mm}$$

$$A = 2080 \text{ mm}^2 = 20.80 \text{ cm}^2$$

Donde:

A: Área de la probeta a flexión (mm^2)

a: Ancho de la probeta a flexión (mm)

l: Largo de la probeta (mm)

2. Cálculo del Volumen:

$$V = A * e$$

$$V = 2080 \text{ mm}^2 * 4 \text{ mm}$$

$$V = 8320 \text{ mm}^3 = 8.32 \text{ cm}^3$$

Donde:

A: Área de la probeta a flexión (mm^2)

V: Volumen total de la probeta (cm^3)

e : Espesor de la probeta (mm)

2.6.3 Probetas a impacto

Para el ensayo a tracción las probetas estarán bajo la norma ASTM D5628.

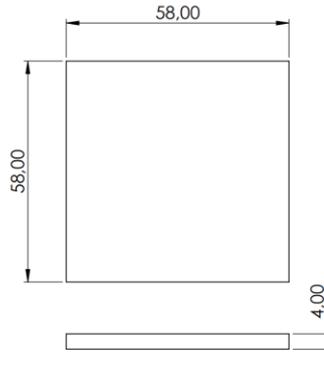


Figura 31: Medidas de probetas a impacto

Con estas dimensiones de las probetas a impacto se obtiene el volumen total

1. Cálculo del área:

$$A = l * a$$

$$A = 58 \text{ mm} * 58 \text{ mm}$$

$$A = 3364 \text{ mm}^2 = 33.64 \text{ cm}^2$$

Donde:

A: Área de la probeta a impacto (mm^2)

a : Ancho de la probeta a impacto (mm)

l : Largo de la probeta (mm)

2. Cálculo del Volumen:

$$V = A * e$$

$$V = 3364 \text{ mm}^2 * 4 \text{ mm}$$

$$V = 13456 \text{ mm}^3 = 13.46 \text{ cm}^3$$

Donde:

A: Área de la probeta a impacto (mm^2)

V: Volumen total de la probeta a impacto (cm^3)

e : Espesor de la probeta (mm)

2.7 Combinación y número de capas

El tipo de combinación y número de capas del refuerzo en el material compuesto es una de las condiciones a variar:

- TIPO A: 1 Capa de fibra de vidrio + 1 capa de malla galvanizada
TIPO A: CFV+ AG
- TIPO B: 1 Capa de fibra de vidrio + 1 capa de malla galvanizada+ 1 capa de fibra de vidrio.
TIPO B: CFV+ AG + CFV
- TIPO C: 1 Capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable
TIPO C: CFV+ AI
- TIPO D: 1 Capa de fibra de vidrio + 1capa de acero inoxidable +1 capa de fibra de vidrio.
TIPO D: CFV+ AI + CFV

Los tipos mencionados de probetas serán ensayadas a tracción, flexión e impacto a una temperatura de 25°C es decir a temperatura ambiente para proceder a seleccionar el de mejores propiedades, luego se procederá al ensayo con diferentes temperaturas del mejor material.

Tabla 12: Configuraciones del material compuesto a 25 °C.

Grupo de composición	Temperatura de curado	Método de fabricación
TIPO A: CFV+ AG	TA1 = 25°C	Estratificación por compresión
TIPO B: CFV+ AG + CFV	TB1 = 25°C	Estratificación por compresión
TIPO C: CFV+ AI	TC1 = 25°C	Estratificación por compresión
TIPO D: CFV+ AI + CFV	TD1 = 25°C	Estratificación por compresión

2.8 Temperatura de curado

Al seleccionar el material con las mejores propiedades se procederá a la fabricación de las probetas con una variante en la temperatura de curado ya que variara con 3 tipos de temperatura como son:

- Temperatura de curado a 25 °C, el cual estará denominado como T1.
- Temperatura de curado a 45 °C, el cual estará denominado como T2.
- Temperatura de curado a 65 °C, el cual estará denominado como T3.

La temperatura de curado de 25°C son las probetas de temperatura ambiente, para la temperatura elevada se utilizará con un horno previamente calentado.

Tabla 13: Material compuesto a temperaturas diferentes

Grupo de composición	Temperatura de curado	Método de fabricación
Material con mejores propiedades a 25°C	45°C	Estratificación por compresión
	65°C	Estratificación por compresión

2.9 Estratificación de las probetas

Para la fabricación de la probeta se tomó en cuenta las investigaciones realizadas con anterioridad por Paredes [18] en donde se obtuvo las proporciones de materiales compuestos con un resultado de una matriz 70% y con un refuerzo en el material compuesto de 30%.

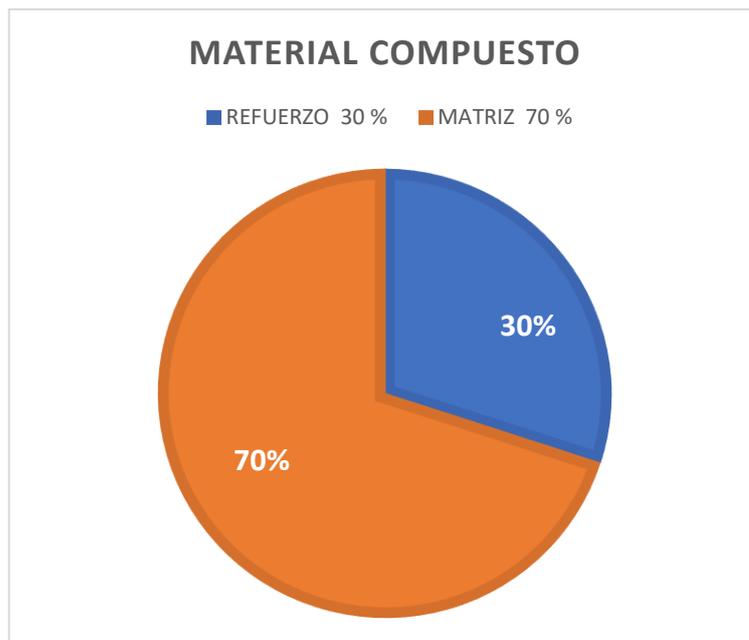


Figura 32: Porcentajes del material compuesto

2.10 Distribución de las probetas

En el molde se realizó una distribución para cada una de las probetas a tracción, flexión e impacto a realizar la cual está compuesta la probeta por una distribución de 5 probetas para tracción, 5 probetas para flexión y 5 probetas para impacto con el que consideramos un molde de 308 mm x 232 mm en la siguiente figura se muestra la distribución asignada a cada probeta.

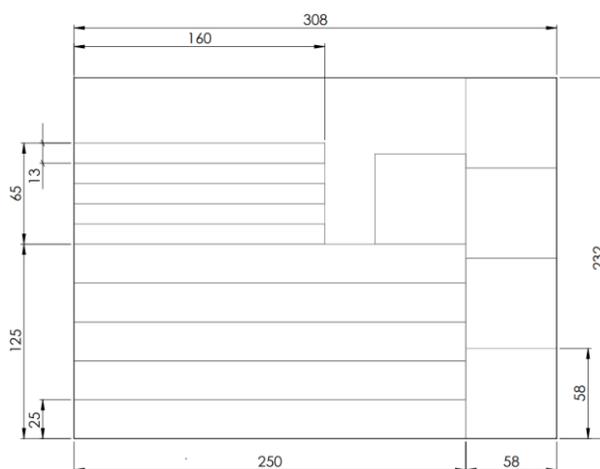


Figura 33: Distribución de las probetas

2.11 Cálculos

Para la obtención de los volúmenes a utilizar en la fabricación de las probetas se utilizan los siguientes cálculos.

Los cálculos requieren tener los datos del peso de la fibra de vidrio, la malla de acero inoxidable, acero galvanizado, la densidad y número de capas con estos datos se logra el cálculo del volumen de cada una de las configuraciones.

TIPO A

Para la combinación de TIPO A su composición del material compuesto es 1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero galvanizado, su composición total es de 2 capas.

Estará conformada para una composición total para la fabricación de las probetas con una plancha total de 30.8 cm x 23.2 cm.

La masa de la fibra de vidrio de 35 gramos y de 120 gramos del acero galvanizado.

Para las probetas, con estos datos se calcular el volumen del refuerzo.

$$mr_1 = \rho_1 x Vr_1 \quad (\text{Ec 2. 4})$$

$$Vr_1 = \frac{mr_1}{\rho_1}$$

$$Vr_1 = \frac{35 \text{ g}}{2.41 \text{ g/cm}^3}$$

$$Vr_1 = 14.52 \text{ cm}^3$$

$$mr_2 = \rho_2 x Vr_2$$

$$Vr_2 = \frac{mr_2}{\rho_2}$$

$$Vr_2 = \frac{120 \text{ g}}{6.36 \text{ g/cm}^3}$$

$$Vr_2 = 18.87 \text{ cm}^3$$

$$Vr = Vr_1 + Vr_2 \quad (\text{Ec 2. 5})$$

$$Vr = 14.52 \text{ cm}^3 + 18.87 \text{ cm}^3$$

$$Vr = 33.39 \text{ cm}^3$$

mr_1 = Masa de refuerzo de la fibra de vidrio. [g]

mr_2 = Masa de refuerzo del acero galvanizado. [g]

Vr_1 = Volumen del refuerzo de la fibra de vidrio. [cm^3]

Vr_2 = Volumen del refuerzo del acero galvanizado. [cm^3]

ρ_1 = Densidad fibra de vidrio [g/ cm^3]

ρ_2 = Densidad de la malla de acero galvanizado [g/ cm^3]

Vr = Volumen de refuerzo 30%

El volumen del refuerzo Vr obtenido representa el 30% y el 70% representara la matriz es decir la resina poliéster.

$$Vt = \frac{Vr}{0.3} \quad (\text{Ec 2. 6})$$

$$Vt = \frac{33.39 \text{ cm}^3}{0.3}$$

$$Vt = 111.3 \text{ cm}^3$$

$$Vm = Vt \times 0.7 \quad (\text{Ec 2. 7})$$

$$Vm = 111.3 \text{ cm}^3 \times 0.7$$

$$Vm = 77.91 \text{ cm}^3$$

Vt = Volumen total

Vm = Volumen de la matriz

Luego de obtener el volumen total se logrará conseguir el espesor de las probetas.

$$Vt = l \times a \times e \quad (\text{Ec 2. 8})$$

$$e = \frac{Vt}{l \times a}$$

$$e = \frac{111.3 \text{ cm}^3}{30.8 \text{ cm} \times 23.2 \text{ cm}}$$

$$e = 0.16 \text{ cm}$$

Para el grupo A de probetas se obtiene un valor de 0.16 cm de espesor.

TIPO B

Para la combinación de TIPO B su composición del material compuesto es 1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero galvanizado + 1 capa de fibra de vidrio, su composición total es de 3 capas. Estará conformada para una composición total para la fabricación de las probetas con una plancha total de 30.8 cm x 23.2 cm.

La masa de la fibra de vidrio de 70 gramos y de 120 gramos del acero galvanizado.

Para las probetas, con estos datos se calcular el volumen del refuerzo.

$$mr_1 = \rho_1 \times Vr_1$$

$$Vr_1 = \frac{mr_1}{\rho_1}$$

$$Vr_1 = \frac{70 \text{ g}}{2.41 \text{ g/cm}^3}$$

$$Vr_1 = 29.05 \text{ cm}^3$$

$$mr_2 = \rho_2 \times Vr_2$$

$$Vr_2 = \frac{mr_2}{\rho_2}$$

$$Vr_2 = \frac{120 \text{ g}}{6.36 \text{ g/cm}^3}$$

$$Vr_2 = 18.87 \text{ cm}^3$$

$$Vr = Vr_1 + Vr_2$$

$$Vr = 14.52 \text{ cm}^3 + 29.05 \text{ cm}^3$$

$$Vr = 43.57 \text{ cm}^3$$

mr_1 = Masa de refuerzo de la fibra de vidrio. [g]

mr_2 = Masa de refuerzo del acero galvanizado. [g]

Vr_1 = Volumen del refuerzo de la fibra de vidrio. [cm^3]

Vr_2 = Volumen del refuerzo del acero galvanizado. [cm^3]

ρ_1 = Densidad fibra de vidrio [g/cm^3]

ρ_2 = Densidad de la malla de acero galvanizado [g/cm^3]

Vr = Volumen de refuerzo 30%

El volumen del refuerzo V_r obtenido representa el 30% y el 70% representara la matriz es decir la resina poliéster.

$$V_t = \frac{V_r}{0.3}$$

$$V_t = \frac{43.57 \text{ cm}^3}{0.3}$$

$$V_t = 145.23 \text{ cm}^3$$

$$V_m = V_t \times 0.7$$

$$V_m = 145.23 \times 0.7$$

$$V_m = 101.66 \text{ cm}^3$$

V_t = Volumen total

V_m = Volumen de la matriz

Luego de obtener el volumen total se logrará conseguir el espesor de las probetas del Tipo B

$$V_t = l \times a \times e$$

$$e = \frac{V_t}{l \times a}$$

$$e = \frac{145.23 \text{ cm}^3}{30.8 \text{ cm} \times 23.2 \text{ cm}}$$

$$e = 0.2 \text{ cm}$$

Para el grupo B de probetas se obtiene un valor de 0.2 cm de espesor.

TIPO C

Para la combinación de TIPO C su composición del material compuesto es 1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable, su composición total es de 2 capas. Estará conformada para una composición total para la fabricación de las probetas con una plancha total de 30.8 cm x 23.2 cm.

La masa de la fibra de vidrio de 35 gramos y de 125 gramos del acero galvanizado para las probetas, con estos datos se calcular el volumen del refuerzo.

$$m_{r_1} = \rho_1 \times V_{r_1}$$

$$V_{r_1} = \frac{m_{r_1}}{\rho_1}$$

$$Vr_1 = \frac{35 \text{ g}}{2.41 \text{ g/cm}^3}$$

$$Vr_1 = 14.52 \text{ cm}^3$$

mr_1 = Masa de refuerzo de la fibra de vidrio. [g]

ρ_1 = Densidad fibra de vidrio [g/cm³]

Vr_1 = Volumen del refuerzo de la fibra de vidrio. [cm³]

$$mr_3 = \rho_3 \times Vr_3$$

$$Vr_3 = \frac{mr_3}{\rho_3}$$

$$Vr_3 = \frac{125 \text{ g}}{8 \text{ g/cm}^3}$$

$$Vr_3 = 15.63 \text{ cm}^3$$

mr_3 = Masa de refuerzo del acero inoxidable. [g]

ρ_3 = Densidad de la malla de acero inoxidable [g/cm³]

Vr_3 = Volumen del refuerzo del acero inoxidable. [cm³]

$$Vr = Vr_1 + Vr_3$$

$$Vr = 14.52 \text{ cm}^3 + 15.63 \text{ cm}^3$$

$$Vr = 30.15 \text{ cm}^3$$

Vr = Volumen de refuerzo 30%

El volumen del refuerzo Vr obtenido representa el 30% y el 70% representara la matriz es decir la resina poliéster.

$$Vt = \frac{Vr}{0.3}$$

$$Vt = \frac{30.15 \text{ cm}^3}{0.3}$$

$$Vt = 100.5 \text{ cm}^3$$

$$Vm = Vt \times 0.7$$

$$Vm = 100.5 \times 0.7$$

$$Vm = 70.35 \text{ cm}^3$$

Vt = Volumen total

Vm = Volumen de la matriz

Luego de obtener el volumen total se logrará conseguir el espesor de las probetas.

$$V_t = l \times a \times e$$

$$e = \frac{V_t}{l \times a}$$

$$e = \frac{100.5 \text{ cm}^3}{30.8 \text{ cm} \times 23.2 \text{ cm}}$$

$$e = 0.14 \text{ cm}$$

Donde:

e = Espesor

l = Largo

a = Ancho

Para el grupo C de probetas se obtiene un valor de 0.14 cm de espesor.

TIPO D

Para la combinación de TIPO D de las probetas su composición del material compuesto es 2 capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable, su composición total es de 3 capas. Estará conformada para una composición total para la fabricación de las probetas con una plancha total de 30.8 cm x 23.2 cm.

La masa de la fibra de vidrio de 70 gramos y de 125 gramos del acero galvanizado para las probetas, con estos datos se calcular el volumen del refuerzo.

$$m_{r_1} = \rho_1 \times V_{r_1}$$

$$V_{r_1} = \frac{m_{r_1}}{\rho_1}$$

$$V_{r_1} = \frac{70 \text{ g}}{2.41 \text{ g/cm}^3}$$

$$V_{r_1} = 29.05 \text{ cm}^3$$

m_{r_1} = Masa de refuerzo de la fibra de vidrio. [g]

ρ_1 = Densidad fibra de vidrio [g/cm^3]

V_{r_1} = Volumen del refuerzo de la fibra de vidrio. [cm^3]

$$m_{r_3} = \rho_3 \times V_{r_3}$$

$$V_{r_3} = \frac{m_{r_3}}{\rho_3}$$

$$V_{r_3} = \frac{125 \text{ g}}{8 \text{ g/cm}^3}$$

$$Vr_3 = 15.63 \text{ cm}^3$$

mr_3 = Masa de refuerzo del acero inoxidable. [g]

ρ_3 = Densidad de la malla de acero inoxidable [g/cm^3]

Vr_3 = Volumen del refuerzo del acero inoxidable. [cm^3]

$$Vr = Vr_1 + Vr_3$$

$$Vr = 29.05 \text{ cm}^3 + 15.63 \text{ cm}^3$$

$$Vr = 44.68 \text{ cm}^3$$

Vr = Volumen de refuerzo 30%

El volumen del refuerzo Vr obtenido representa el 30% y el 70% representara la matriz es decir la resina poliéster.

$$Vt = \frac{Vr}{0.3}$$

$$Vt = \frac{44.68 \text{ cm}^3}{0.3}$$

$$Vt = 148.9 \text{ cm}^3$$

$$Vm = Vt \times 0.7$$

$$Vm = 148.9 \text{ cm}^3 \times 0.7$$

$$Vm = 104.23 \text{ cm}^3$$

Vt = Volumen total

Vm = Volumen de la matriz

Luego de obtener el volumen total se logrará conseguir el espesor de las probetas.

$$Vt = l \times a \times e$$

$$e = \frac{Vt}{l \times a}$$

$$e = \frac{148.9 \text{ cm}^3}{30.8 \text{ cm} \times 23.2 \text{ cm}}$$

$$e = 0.20 \text{ cm}$$

Donde:

e = Espesor

l = Largo

a = Ancho

Para el grupo D de probetas se obtiene un valor de 0.19 cm de espesor.

Tabla 14: Calculo de la masa y volumen de las probetas

Grupo de probetas	Volumen total (cm ³)	Matriz 70%		Refuerzo 30%	
		Volumen (cm ³)	Masa (gr)	Volumen (cm ³)	Masa (gr)
Grupo A	111.3	77.91	85.70	33.39	155
Grupo B	145.23	101.66	111.83	43.57	190
Grupo C	100.5	70.35	77.39	30.15	160
Grupo D	148.9	104.23	114.65	44.68	195

2.11.1 Factor de mayoración

Con la consideración de la investigación de Pérez [23] se considera un factor de mayoración de 2 con esta aplicación se logra cubrir todo el refuerzo con la matriz de resina poliéster, considerando un 10 % agregado de la matriz ya que al momento de la elaboración y manejo de este material existen diferentes pérdidas de la resina poliéster. En la siguiente tabla se incrementa el valor de la matriz, se observa la cantidad de catalizador (MECK en cm³) y acelerante (Cobalto en cm³).

Tabla 15: Recalculo de la resina poliéster

Grupo de probetas	Matriz		Catalizador 2%	Acelerante 0.3%
	Volumen (cm ³)	Perdida del 10% (cm ³)	Meck (cm ³)	Cobalto (cm ³)
Grupo A	77.91	85.71	1.71	0.25
Grupo B	101.66	111.83	2.24	0.34
Grupo C	70.35	77.39	1.55	0.21
Grupo D	104.23	114.65	2.29	0.34

2.12 Diseño y construcción del molde

Para la construcción de los moldes para la elaboración del material compuesto se necesitó de los siguientes materiales.

Tabla 16: Lista de materiales para el molde

Material	Figura
Mandil	
Flexómetro	
Taladro de banco	
Cortadora plasma	

<p>Plancha de acero ASTM A36 de espesor de 4 mm</p>	
<p>Plancha de acero de ASTM A36 2 mm</p>	
<p>Pernos y tuercas</p>	
<p>Cortadora manual</p>	

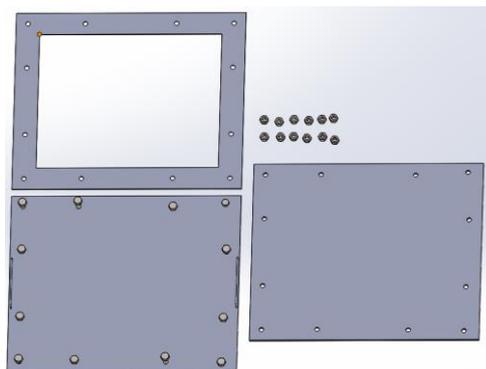


Figura 34: Partes del molde



Figura 35: Corte del molde



Figura 36: Marco del molde



Figura 37: Molde

2.13 Elaboración de las probetas

2.13.1 Materiales y equipos

En la siguiente tabla se definen todos los materiales utilizados en la fabricación de las probetas del material compuestos.

Tabla 17: Lista de materiales utilizados en la fabricación de las probetas.

Nombre	Imagen
Resina poliéster	
Fibra de vidrio	
Malla de acero inoxidable	
Malla de acero galvanizado	
Catalizador MECK	

Acelerante Cobalto	
Recipiente de medición	
Guantas	
Balanza digital	
Flexómetro	

<p>Jeringas</p>	
<p>Cera desmoldante</p>	
<p>Tijeras</p>	
<p>Molde de acero</p>	
<p>Guaie</p>	
<p>Llaves</p>	
<p>Cemento de contacto</p>	

<p>Lija</p>	
<p>Amoladora</p>	
<p>Mandil</p>	
<p>Mascarilla</p>	
<p>Gafas protectoras</p>	
<p>Calibrador</p>	

2.13.2 Procedimiento de elaboración

Para la elaboración de cada uno de los grupos se debe realizar el siguiente procedimiento:

TIPO C

1. Una vez fabricado el molde que se utilizará en la fabricación de las probetas se procede a la aplicación de la cera desmoldante con la ayuda del guaípe, en el interior del molde tanto en la tapa del molde, base del molde y marco del molde, este proceso se deberá realizar 3 veces con tiempo de espera de 8 a 10 minutos en cada una de las pasadas para lograr un tiempo de secado de la cera.



Figura 38: Implementación de la cera en el molde.

2. Con los cálculos ya realizados se procede a cortar cada una de las capas con las medidas ya determinadas de 30.8 cm x 23.2 cm De fibra de vidrio y acero.



Figura 39: Corte de la malla de acero.

3. El orden de implementación y mezcla para la resina poliéster es la siguiente primero se debe mezclar la resina poliéster con el acelerante (Cobalto) posteriormente se deberá mezclar esta combinación, con el catalizador (MECK).

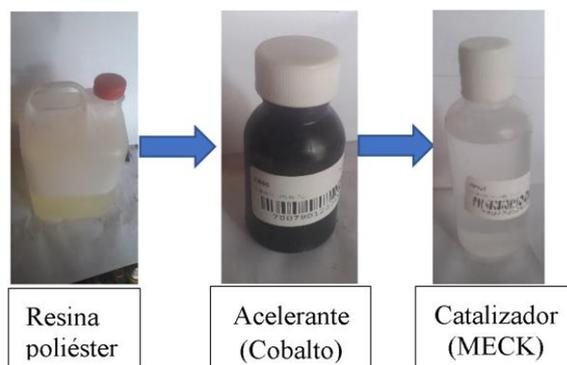


Figura 40: Orden en la elaboración de la matriz del compuesto

4. Se procede a pesar la resina poliéster en la balanza.



Figura 41: Medición de la resina

5. Observar en la Tabla 14 las medidas que se deberán tomar con las jeringuillas, las sustancias de acelerante como de catalizador que se utilizara en cada combinación.



Figura 42: Medición y mezcla del acelerante y catalizador.

6. Poner un poco de resina en el molde y esparcirla por toda el área de la base del molde.



Figura 43: Colocación de resina poliéster

7. Luego se colocará la fibra de vidrio en el molde.



Figura 44: Colocar la fibra de vidrio

8. Se colocará una cantidad de resina poliéster encima de la fibra de vidrio



Figura 45: Aplicación de la resina en la fibra de vidrio

9. Posteriormente se procederá a colocar en el interior del molde la malla de acero después derramar el resto de la resina encima del compuesto.



Figura 46: Implementación de la malla de acero en el material compuesto.

10. Inmediatamente cerrar el molde con la tapa y apretar las tuercas para que así se comprima el material compuesto.



Figura 47: Compresión de las tuercas en el molde

11. Se tendrá en el molde un periodo de 3-4 horas para su correcto curado.



Figura 48: Molde con el material compuesto.

12. Después se desmoldará la probeta.



Figura 49: Desmolde de la probeta

13. Posteriormente se realizará el corte de las probetas mediante el esquema establecido en la figura 21, este corte se lo realizo con una cierra circular.

Este proceso se lo debe realizar a todos los tipos A, B, C, D de probetas de la tabla 12 con la diferencia del tipo de malla de acero galvanizado o acero inoxidable como también el número de capas de fibra de vidrio.

En las probetas de grupo B y D se les añadió el orden de una capa de fibra de vidrio, una capa de malla de acero y luego una capa de fibra de vidrio para conformar el material compuesto.

14. En las probetas a tracción se colocó una lija #30 de 25x56x1.5 mm esto producirá una correcta sujeción en las mordazas.



Figura 50: Colocación de la lija

Luego de la selección del material con mayores propiedades mecánicas se procederá a realizar las probetas con la variación de la temperatura de curado.

Se realizará todos los procedimientos anteriores con la diferencia del curado de las probetas que serán de 45°C y 65 °C con la ayuda de un horno, se procederá a calentar el horno para introducirle el material compuesto a la temperatura determinada según la tabla 13, el tiempo será de 6 horas en el horno.

2.14 Número de probetas para los ensayos

Para la realización de los ensayos a tracción flexión e impacto se realizó el número de probetas que se detalla en la tabla 18 y 19:

Tabla 18: Probetas para los ensayos con temperatura de curado 25°C.

Grupo de composición	Temperatura de curado	Método de fabricación	Número de probetas		
			Tracción ASTM D3039	Flexión ASTM D7264	Impacto ASTM D5628
TIPO A: 1capa de fibra de vidrio + 1capa de acero galvanizado	TA1 = 25°C	Estratificación por compresión	5	5	5
TIPO B: 2 capa de fibra de vidrio + 1capa de acero galvanizado	TB1 = 25°C	Estratificación por compresión	5	5	5
TIPO C: 1capa de fibra de vidrio + 1capa de acero inoxidable	TC1 = 25°C	Estratificación por compresión	5	5	5
TIPO D: 2 capa de fibra de vidrio + 1capa de acero inoxidable	TD1 = 25°C	Estratificación por compresión	5	5	5
Número probetas a 25°C			20	20	20

Los ensayos que se realizará a las 2 temperaturas más de 45°C y 65°C será la combinación de mayor resistencia a tracción flexión e impacto.

Tabla 19: Número de probetas a 45°C y 65°C

Grupo de composición	Temperatura de curado	Método de fabricación	Número de probetas		
			Tracción ASTM D3039	Flexión ASTM D7264	Impacto ASTM D5628
La composición de mejores propiedades mecánicas a 25°C.	TD2 = 45°C	Estratificación por compresión	5	5	5
	TD3 = 65°C		5	5	5
Número de probetas a 45°C y 65°C:			10	10	10

Tabla 20: Probetas tipo A con temperatura de curado a 25 °C

TIPO A1: 1 Capa de fibra de vidrio + 1 capa de malla galvanizada	
Tracción	
Flexión	
Impacto	

Tabla 21: Probetas tipo B con temperatura de curado a 25 °C

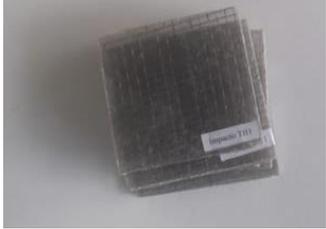
TIPO B1: 1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de malla galvanizada+ 1 capa de fibra de vidrio.	
Tracción	
Flexión	
Impacto	

Tabla 22: Probetas tipo C con temperatura de curado a 25 °C

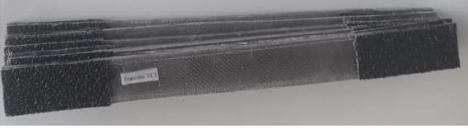
TIPO C1:	
1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable	
Tracción	
Flexión	
Impacto	

Tabla 23: Probetas tipo D con temperatura de curado a 25 °C

TIPO D1:	
1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable + 1 capa de fibra de vidrio	
Tracción	
Flexión	
Impacto	

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Tabulación de los resultados

3.1.1 Ficha de datos ensayo de tracción

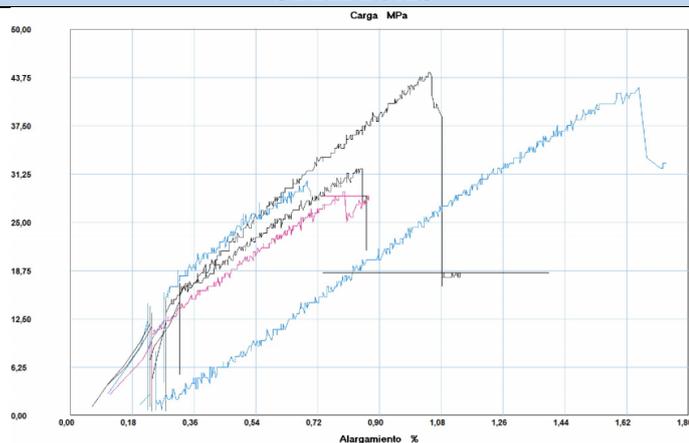
Tabla 24: Ficha de ensayo a tracción del grupo TA1 a 25°C

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA					
					
FICHA DE TABULACION DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	06/01/2021	Ciudad:	Ambato		
Realizado por:	Darwin Alomaliza	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero				
Máquina:	Máquina de ensayos universal para metales Metro test 1500 KN.				
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM D3039		
Matriz:	Resina poliéster	Fracción volumétrica:	70%		
Refuerzo:	CFV+AG	Fracción volumétrica:	30%		
Dimensión (mm):	250*25*e	Estratificación:	Compresión		
Temperatura:	21,1°C	Curado:	Ambiente		
Humedad relativa:	54,9	Número de probetas:	5		
Grupo de probetas:	TA1	Espesor promedio (mm):	3		
Velocidad del ensayo:	5 mm/min				
RESULTADOS					
Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	(%) Elongación	Tipo de falla
1	3850	44,42	4220,18	1,05	LIT
2	3050	42,43	2563,42	1,66	LGB
3	2600	28,99	3629,52	0,79	LGM
4	2700	31,96	3707,13	0,86	LGB
5	2100	30,44	4348,26	0,70	LGB
Promedio \bar{X}	2860	35,65	3693,70	1,01	-
Desviación estándar S_{n-1}	649,42	7,220	704,89	0,38	-

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



GRÁFICAS



Probeta	FMax N	FRot N	CMax MPa	CRot MPa
■ 1	3850,00	3800,00	44,42	43,85
■ 2	3050,00	3050,00	42,43	42,43
■ 3	2600,00	2550,00	28,99	28,43
■ 4	2700,00	2400,00	31,96	28,40
■ 5	2100,00	1950,00	30,44	28,26
Media	2860,000	2750,000	35,648	34,276
Mediana	2700,000	2550,000	31,955	28,430
Desv. Std	649,423	706,222	7,215	8,108
Coef. V.	0,227	0,257	0,202	0,237
Máximo	3850,000	3800,000	44,424	43,848
Mínimo	2100,000	1950,000	28,988	28,264
Rango	1750,000	1850,000	15,437	15,584
CPK	0,000	0,000	0,000	0,000
+3 Sigma	4808,268	4868,667	57,292	58,599
-3 Sigma	911,732	631,333	14,004	9,953

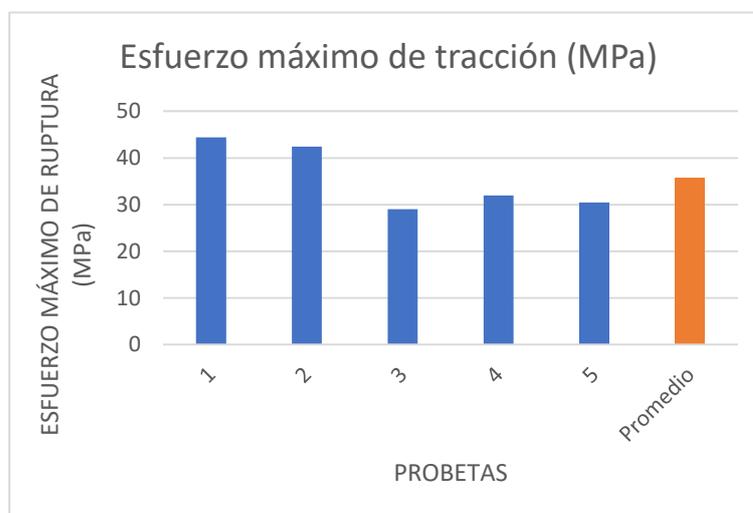


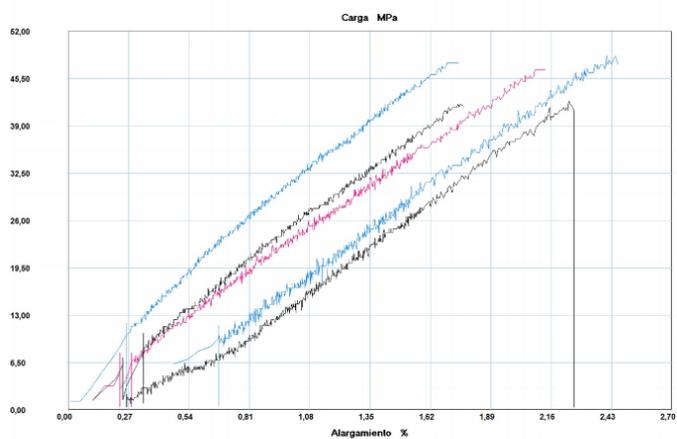
Tabla 25: Ficha de ensayo a tracción del grupo TB1 a 25°C

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;">  <div style="text-align: center;"> <p>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA</p> </div>  </div>					
FICHA DE TABULACION DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	06/01/2021	Ciudad:	Ambato		
Realizado por:	Darwin Alomaliza	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero				
Máquina:	Máquina de ensayos universal para metales Metro test 1500 KN.				
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM D3039		
Matriz:	Resina poliéster	Fracción volumétrica:	70%		
Refuerzo:	CFV+ AG + CFV	Fracción volumétrica:	30%		
Dimensión (mm):	250*25*e	Estratificación:	Compresión		
Temperatura:	22,4°C	Curado:	Ambiente		
Humedad relativa:	50,9	Número de probetas:	5		
Grupo de probetas:	TB1	Espesor promedio (mm):	4.4		
Velocidad del ensayo:	5 mm/min				
RESULTADOS					
Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	(%) Elongación	Tipo de falla
6	4950	42,40	1917,61	2,22	LIB
7	4200	48,61	1976,44	2,46	LAB
8	5650	46,74	2188,77	2,14	LAB
9	4400	42,01	2372,56	1,77	LAB
10	5800	47,67	2728,20	1,75	LAB
Promedio \bar{X}	5000	45,49	2236,72	2,07	-
Desviación estándar S_{n-1}	718,51	3,07	328,59	0,30	-

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



GRÁFICAS



Probeta	FMax N	FRot N	CMax MPa	CRot MPa
1	4950,00	4800,00	42,40	41,12
2	4200,00	4100,00	48,61	47,45
3	5650,00	5650,00	46,74	46,74
4	4400,00	4350,00	42,01	41,53
5	5800,00	5800,00	47,67	47,67
Media	5000,000	4940,000	45,486	44,902
Mediana	4950,000	4800,000	46,737	46,737
Desv. Std	718,505	761,085	3,068	3,286
Coef. V.	0,144	0,154	0,067	0,073
Máximo	5800,000	5800,000	48,607	47,671
Mínimo	4200,000	4100,000	42,010	41,120
Rango	1600,000	1700,000	6,597	6,551
CPK	0,000	0,000	0,000	0,000
+3 Sigma	7155,516	7223,254	54,691	54,759
-3 Sigma	2844,484	2656,746	36,281	35,045

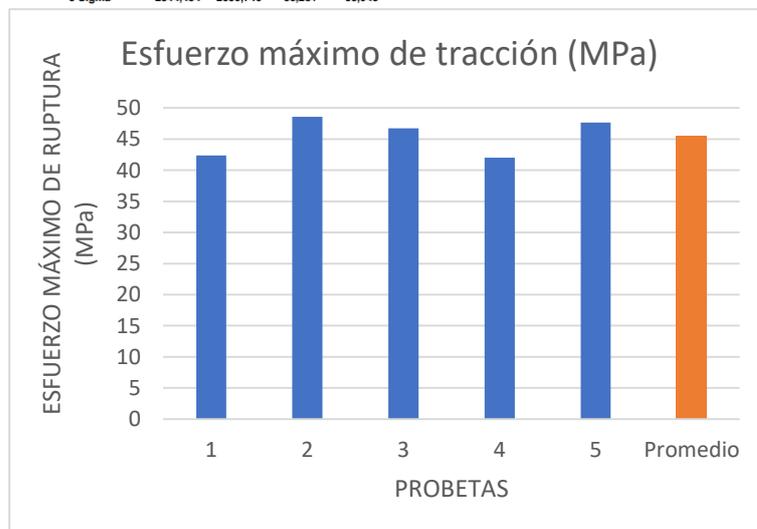


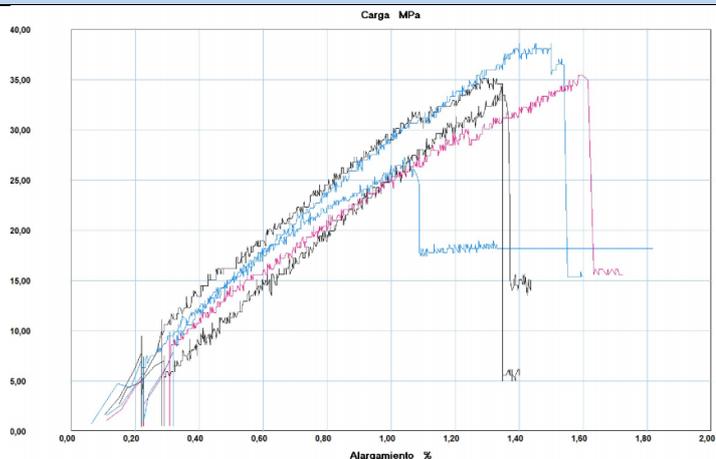
Tabla 26: Ficha de ensayo a tracción del grupo TC1 a 25°C

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA 					
FICHA DE TABULACION DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	06/01/2021	Ciudad:	Ambato		
Realizado por:	Darwin Alomaliza	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero				
Máquina:	Máquina de ensayos universal para metales Metro test 1500 KN.				
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM D3039		
Matriz:	Resina poliéster	Fracción volumétrica:	70%		
Refuerzo:	CFV+ AI	Fracción volumétrica:	30%		
Dimensión (mm):	250*25*e	Estratificación:	Compresión		
Temperatura:	22,1°C	Curado:	Ambiente		
Humedad relativa:	50,1	Número de probetas:	5		
Grupo de probetas:	TC1	Espesor promedio (mm):	4		
Velocidad del ensayo:	5 mm/min				
RESULTADOS					
Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	(%) Elongación	Tipo de falla
11	3200	34,51	2537,47	1,36	LGM
12	3450	27,30	2522,74	1,08	LIB
13	3300	35,48	2197,06	1,62	LAT
14	3150	35,15	2607,67	1,35	LAT
15	3650	38,63	2509,31	1,54	LGT
Promedio \bar{X}	3350	34,21	2474,85	1,39	-
Desviación estándar S_{n-1}	203,10	4,18	159,85	0,21	-

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



GRÁFICAS



Probeta	FMax N	FRot N	CMax MPa	CRot MPa
■ 1	3200,00	3050,00	34,51	32,89
■ 2	3450,00	3100,00	27,30	24,53
■ 3	3300,00	3250,00	35,48	34,94
■ 4	3150,00	3100,00	35,15	34,59
■ 5	3650,00	3400,00	38,63	35,98
Media	3350,000	3180,000	34,212	32,586
Mediana	3300,000	3100,000	35,151	34,593
Desv. Std	203,101	144,049	4,180	4,640
Coef. V.	0,061	0,045	0,122	0,142
Máximo	3650,000	3400,000	38,627	35,981
Mínimo	3150,000	3050,000	27,296	24,527
Rango	500,000	350,000	11,331	11,454
CPK	0,000	0,000	0,000	0,000
+3 Sigma	3959,303	3612,146	46,751	46,507
-3 Sigma	2740,697	2747,854	21,672	18,665

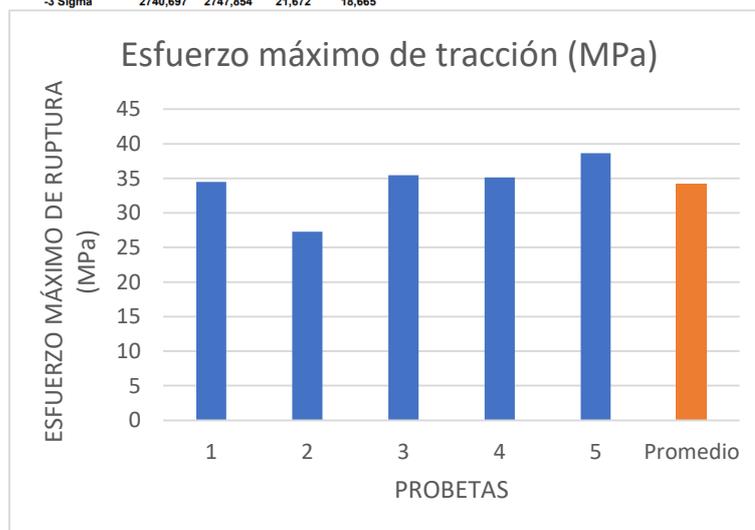
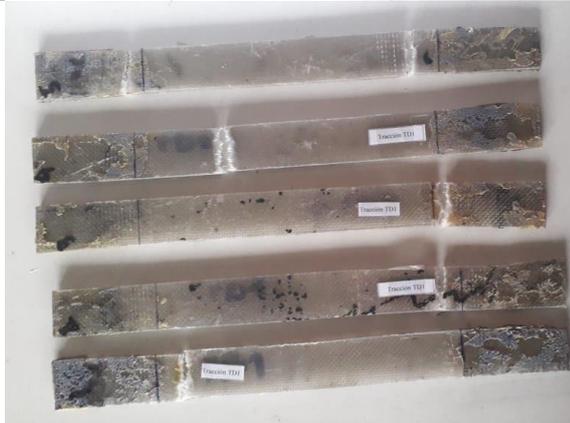


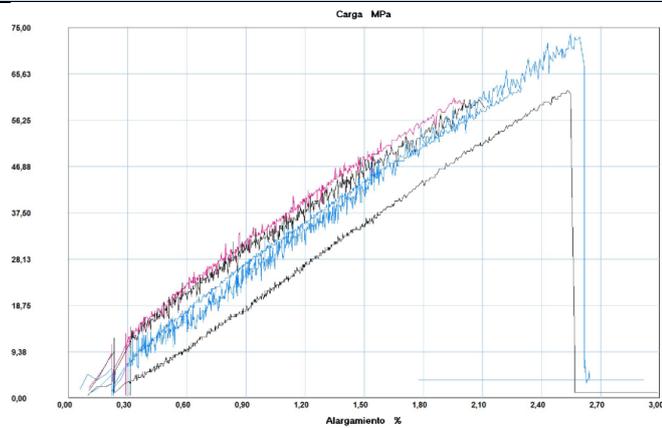
Tabla 27: Ficha de ensayo a tracción del grupo TD1 a 25°C

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA 					
FICHA DE TABULACION DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	06/01/2021	Ciudad:	Ambato		
Realizado por:	Darwin Alomaliza	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero				
Máquina:	Máquina de ensayos universal para metales Metro test 1500 KN.				
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM D3039		
Matriz:	Resina poliéster	Fracción volumétrica:	70%		
Refuerzo:	CFV+AI+CFV	Fracción volumétrica:	30%		
Dimensión (mm):	250*25*e	Estratificación:	Compresión		
Temperatura:	22,5°C	Curado:	Ambiente		
Humedad relativa:	49,1	Número de probetas:	5		
Grupo de probetas:	TD1	Espesor promedio (mm):	3.8		
Velocidad del ensayo:	5 mm/min				
RESULTADOS					
Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	(%) Elongación	Tipo de falla
16	5300	62,27	2445,02	2,55	LGT
17	5700	62,98	2741,53	2,29	LGB
18	5350	60,75	3025,27	2,01	LIB
19	5450	60,37	2858,40	2,11	LGM
20	6050	73,70	2842,64	2,59	LIT
Promedio \bar{X}	5570	64,01	2782,57	2,31	-
Desviación estándar S_{n-1}	309,44	5,52	214,41	0,26	-

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



GRÁFICAS



Probeta	FMax N	FRot N	CMax MPa	CRot MPa
■ 1	5300,00	5250,00	62,27	61,68
■ 2	5700,00	5700,00	62,98	62,98
■ 3	5350,00	5250,00	60,75	59,61
■ 4	5450,00	5300,00	60,37	58,71
■ 5	6050,00	6000,00	73,70	73,09
Media	5570,000	5500,000	64,013	63,214
Mediana	5450,000	5300,000	62,267	61,679
Desv. Std	309,435	337,268	5,520	5,772
Coef. V.	0,056	0,061	0,086	0,091
Máximo	6050,000	6000,000	73,700	73,091
Mínimo	5300,000	5250,000	60,369	59,708
Rango	750,000	750,000	13,331	14,383
CPK	0,000	0,000	0,000	0,000
+3 Sigma	6498,305	6511,805	80,574	80,529
-3 Sigma	4641,695	4488,195	47,452	45,900

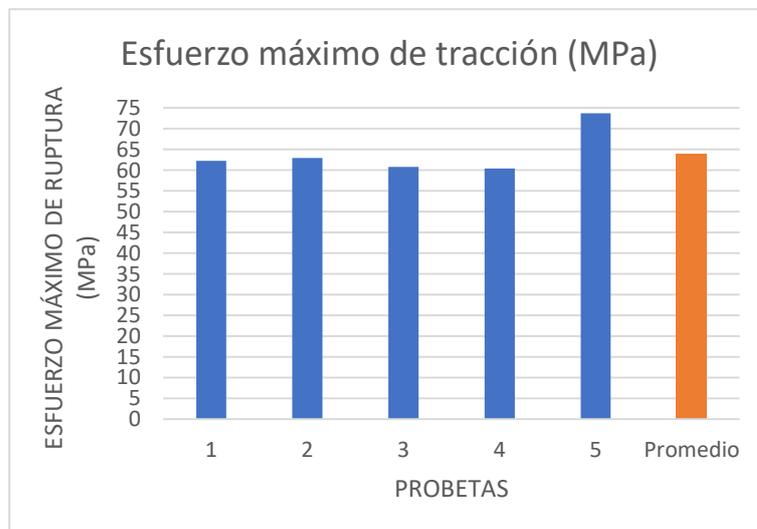


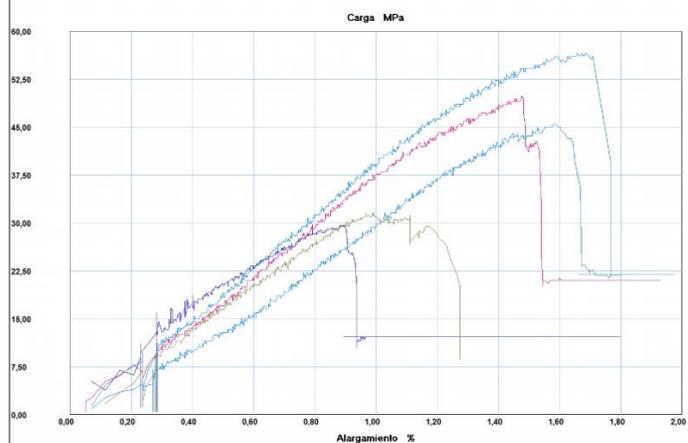
Tabla 28: Ficha de ensayo a tracción del grupo TD2 a 45°C

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA 					
FICHA DE TABULACION DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	12/04/2021	Ciudad:	Ambato		
Realizado por:	Darwin Alomaliza	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero				
Máquina:	Máquina de ensayos universal para metales Metro test 1500 KN.				
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM D3039		
Matriz:	Resina poliéster	Fracción volumétrica:	70%		
Refuerzo:	CFV+AI+CFV	Fracción volumétrica:	30%		
Dimensión (mm):	250*25*e	Estratificación:	Compresión		
Temperatura:	22,1°C	Curado:	Horno 45°C		
Humedad relativa:	54,7	Número de probetas:	5		
Grupo de probetas:	TD2	Espesor promedio (mm):	4		
Velocidad del ensayo:	5 mm/min				
RESULTADOS					
Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	(%) Elongación	Tipo de falla
1	6050	56,58	3313,82	1,71	LIB
2	5700	49,89	3368,25	1,48	LGM
3	5100	45,43	2764,57	1,64	LGT
4	4250	29,61	3279,88	0,90	LGB
5	4500	31,59	2842,73	1,11	LIT
Promedio \bar{X}	5120	42,62	3113,85	1,37	-
Desviación estándar S_{n-1}	765,34	11,69	286,26	0,35	-

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



GRÁFICAS



Probeta	FMax N	FRot N	CMax MPa	CRot MPa
1	6050,00	6000,00	56,58	56,11
2	5700,00	5650,00	49,89	49,46
3	5100,00	4750,00	46,43	42,31
4	4250,00	4150,00	29,61	28,91
5	4500,00	4350,00	31,59	30,54
Media	5120,000	4980,000	42,621	41,466
Mediana	5100,000	4750,000	45,431	42,313
Desv. Std	765,343	810,555	11,690	11,791
Coeff. V.	0,149	0,163	0,274	0,284
Máximo	6050,000	6000,000	56,578	56,110
Mínimo	4250,000	4150,000	29,606	28,910
Rango	1800,000	1850,000	26,972	27,201
CPK	0,000	0,000	0,000	0,000
+3 Sigma	7416,029	7411,666	77,690	76,338
-3 Sigma	2823,971	2548,334	7,551	6,094

Esfuerzo máximo de tracción (MPa)

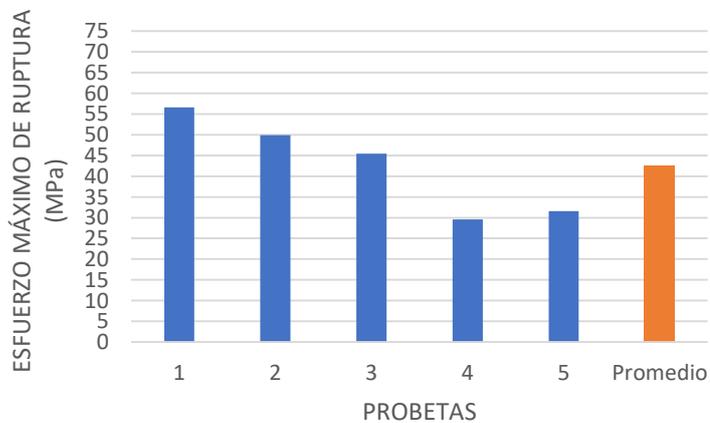


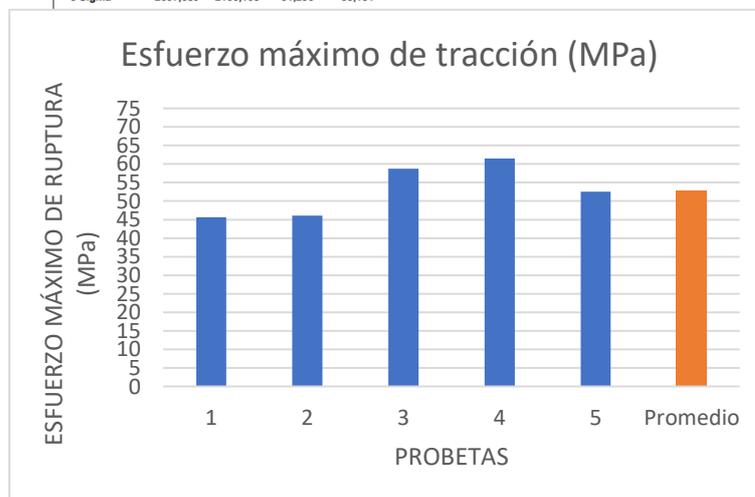
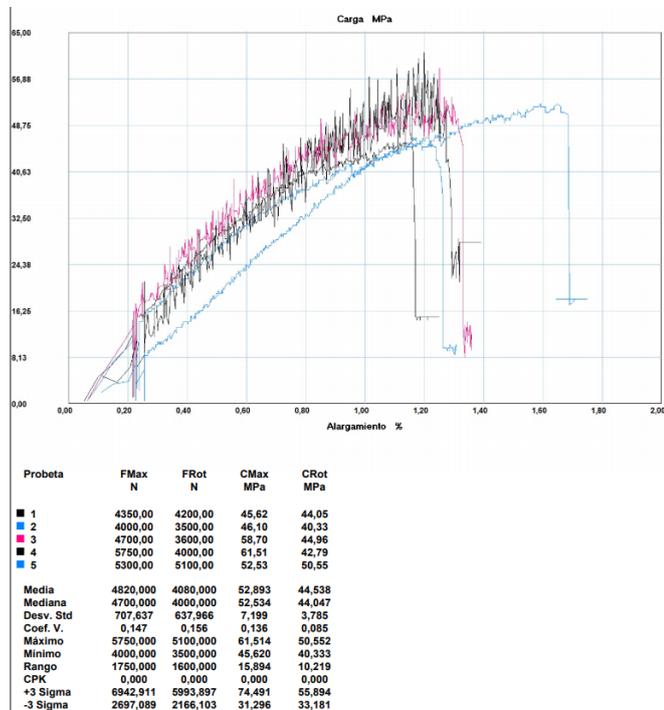
Tabla 29: Ficha de ensayo a tracción del grupo TD3 a 65°C

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA 					
FICHA DE TABULACION DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	12/04/2021	Ciudad:	Ambato		
Realizado por:	Darwin Alomaliza	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero				
Máquina:	Máquina de ensayos universal para metales Metro test 1500 KN.				
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Tracción	Norma:	ASTM D3039		
Matriz:	Resina poliéster	Fracción volumétrica:	70%		
Refuerzo:	CFV+AI+CFV	Fracción volumétrica:	30%		
Dimensión (mm):	250*25*e	Estratificación:	Compresión		
Temperatura:	22,9°C	Curado:	Horno 65°C		
Humedad relativa:	60,2	Número de probetas:	5		
Grupo de probetas:	TD3	Espesor promedio (mm):	3.7		
Velocidad del ensayo:	5 mm/min				
RESULTADOS					
Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	(%) Elongación	Tipo de falla
1	4350	45,62	3921,46	1,16	LIT
2	4000	46,10	3670,01	1,26	LGT
3	4700	58,70	4411,55	1,33	LGT
4	5750	61,51	4808,26	1,28	LGB
5	5300	52,53	3119,62	1,68	LGM
Promedio \bar{X}	4820	52,89	3986,18	1,34	-
Desviación estándar S_{n-1}	707,637	7,19	654,19	0,20	-

FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO



GRÁFICAS



3.1.2 Ficha de datos ensayo de flexión

Tabla 30: Ficha de ensayo a flexión del grupo TA1 a 25°C

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA					
FICHA DE TABULACION DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	13/04/2021	Ciudad:	Ambato		
Realizado por:	Darwin Alomaliza	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		
Lugar:	Campus Gustavo Galindo Velasco- Km. 30.5 Vía Perimetral (FICT) Laboratorio de Geotecnia y Construcción.				
Máquina:	SHIMADZU UHFx 500 kNx				
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Flexión	Norma:	ASTM D 7264		
Matriz:	Resina poliéster	Fracción volumétrica:	70%		
Refuerzo:	CFV+AG	Fracción volumétrica:	30%		
Dimensión (mm):	160*13*e	Estratificación:	Compresión		
Grupo de probetas:	TA1	Curado:	Ambiente		
Velocidad del ensayo:	1 mm/min	Número de probetas:	5		
Espesor promedio (mm):	3,2				
RESULTADOS					
Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deflexión (mm)	Tipo de falla
1	73,67	89,02	2577,92	29,9	OUU
2	102,76	148,99	4258,33	30,99	OUU
3	125,17	167,96	3533,97	44,28	OUU
4	89,96	137,26	3438,03	37,49	OUU
5	97,59	182,38	11056,79	16,13	OUU
Promedio \bar{X}	97,83	145,12	4973,01	31,77	-
Desviación estándar S_{n-1}	18,82	35,82	3452,77	10,46	-
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO					



GRÁFICAS

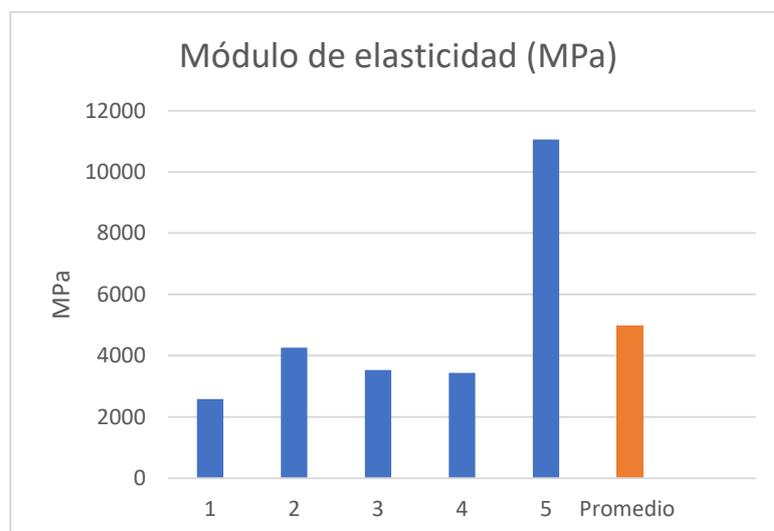
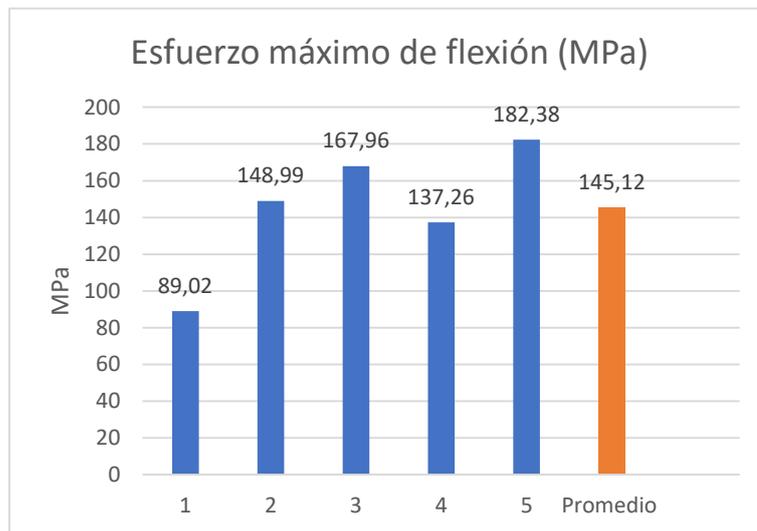
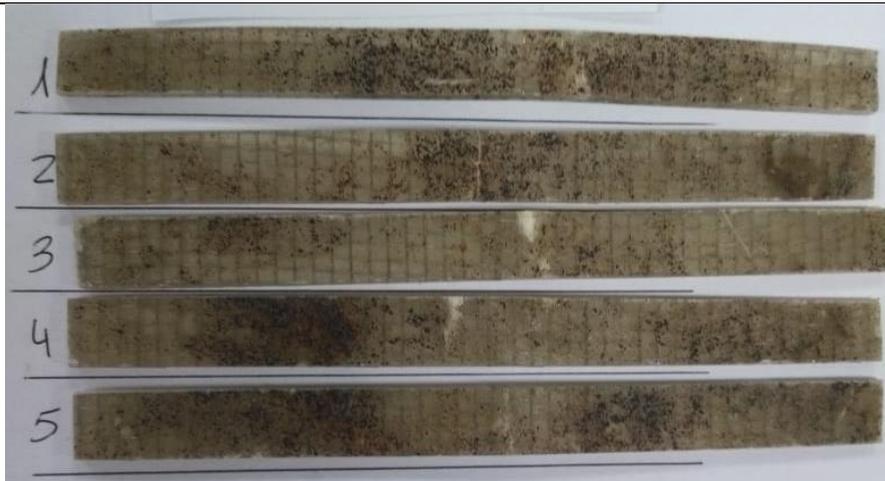


Tabla 31: Ficha de ensayo a flexión del grupo TB1 a 25°C

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA					
FICHA DE TABULACION DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	13/04/2021	Ciudad:	Ambato		
Realizado por:	Darwin Alomaliza	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		
Lugar:	Campus Gustavo Galindo Velasco- Km. 30.5 Vía Perimetral (FICT) Laboratorio de Geotecnia y Construcción.				
Máquina:	SHIMADZU UHFx 500 kNx				
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Flexión	Norma:	ASTM D 7264		
Matriz:	Resina poliéster	Fracción volumétrica:	70%		
Refuerzo:	CFV+AG + CFV	Fracción volumétrica:	30%		
Dimensión (mm):	160*13*e	Estratificación:	Compresión		
Grupo de probetas:	TB1	Curado:	Ambiente		
Velocidad del ensayo:	1 mm/min	Número de probetas:	5		
Espesor promedio (mm):	3,6				
RESULTADOS					
Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deflexión (mm)	Tipo de falla
1	135,74	164,71	5154,76	25,00	TLB
2	76,45	94,34	3365,34	22,82	TAB
3	115,24	152,61	5240,00	24,56	TLB
4	129,46	138,08	4945,65	21,37	TLB
5	114,28	117,81	6001,43	14,55	TLB
Promedio \bar{X}	114,23	133,51	4941,44	21,66	-
Desviación estándar S_{n-1}	23,04	28,02	967,25	4,23	-
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO					



GRÁFICAS

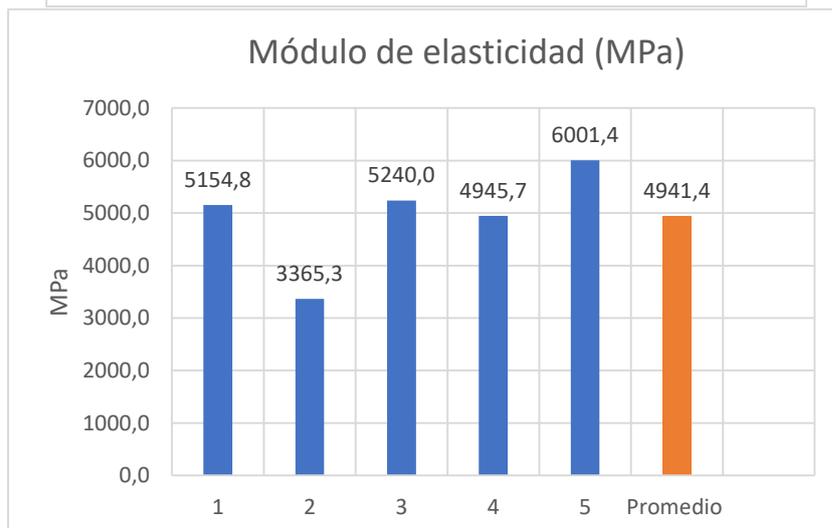
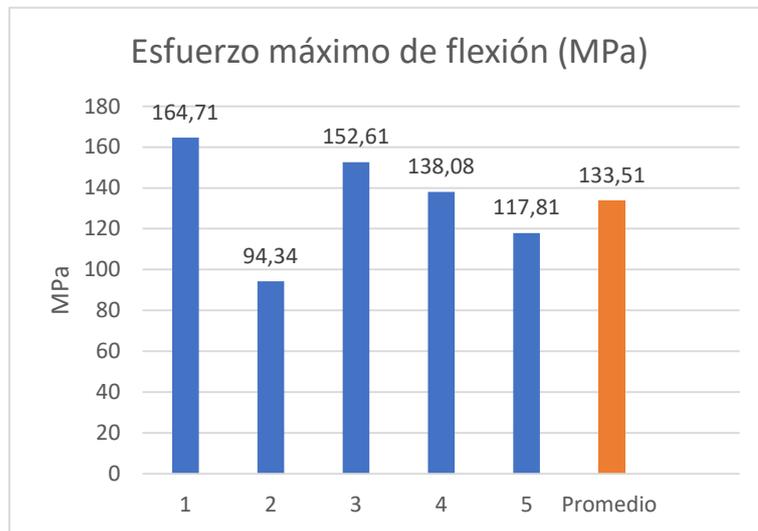
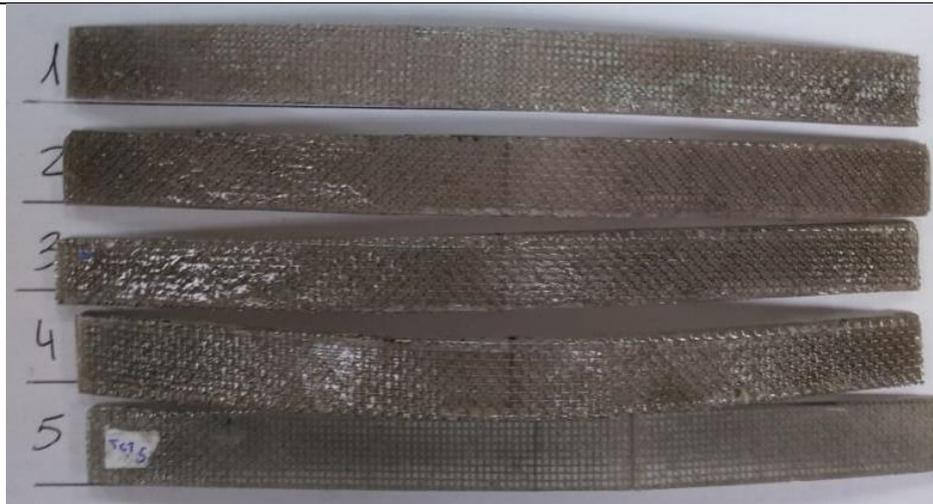


Tabla 32: Ficha de ensayo a flexión del grupo TC1 a 25°C

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA					
FICHA DE TABULACION DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	13/04/2021	Ciudad:	Ambato		
Realizado por:	Darwin Alomaliza	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		
Lugar:	Campus Gustavo Galindo Velasco- Km. 30.5 Vía Perimetral (FICT) Laboratorio de Geotecnia y Construcción.				
Máquina:	SHIMADZU UHFx 500 kNx				
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Flexión	Norma:	ASTM D 7264		
Matriz:	Resina poliéster	Fracción volumétrica:	70%		
Refuerzo:	CFV+AI	Fracción volumétrica:	30%		
Dimensión (mm):	160*13*e	Estratificación:	Compresión		
Grupo de probetas:	TC1	Curado:	Ambiente		
Velocidad del ensayo:	1 mm/min	Número de probetas:	5		
Espesor promedio (mm):	3				
RESULTADOS					
Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deflexión (mm)	Tipo de falla
1	54,28	86,22	2090,18	38,73	OUU
2	115,95	168,12	3851,19	39,16	OUU
3	135,42	248,34	7193,37	34,00	OUU
4	132,48	280,85	7666,77	38,79	OUU
5	130,26	195,79	7829,86	22,72	TLB
Promedio \bar{X}	113,68	195,87	5726,27	34,68	-
Desviación estándar S_{n-1}	34,04	75,45	2601,93	7,02	-
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO					



GRÁFICAS

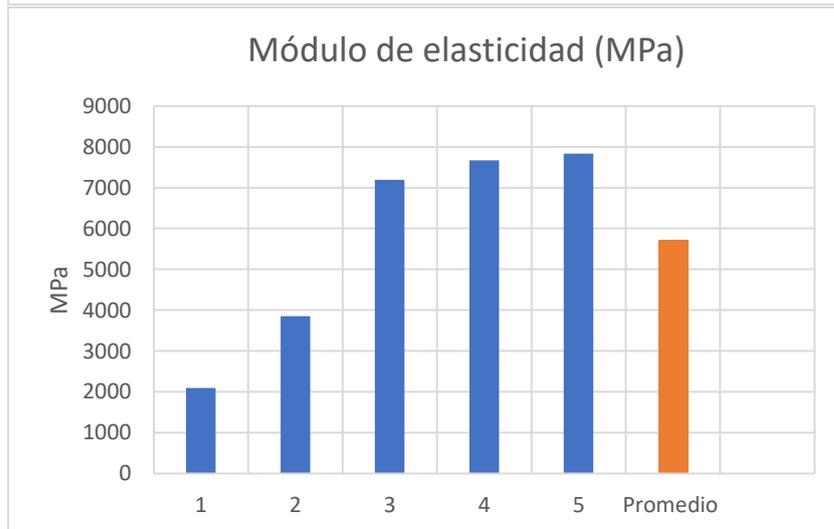
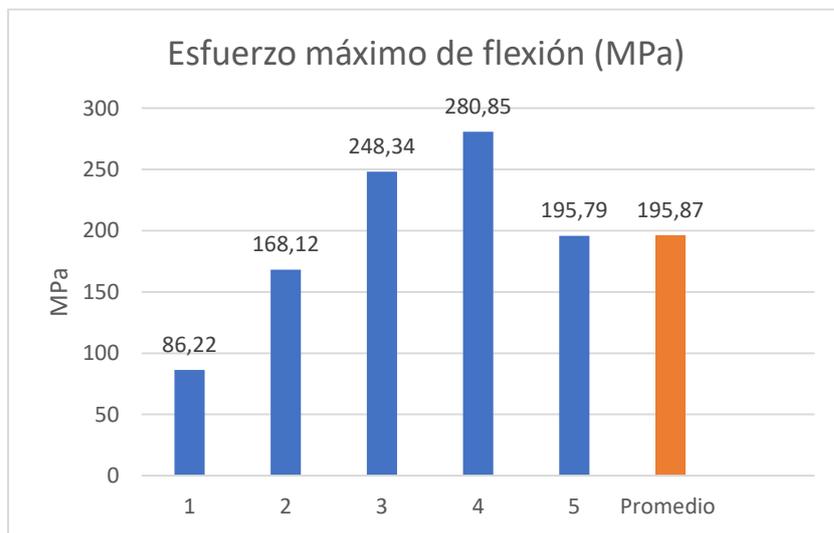
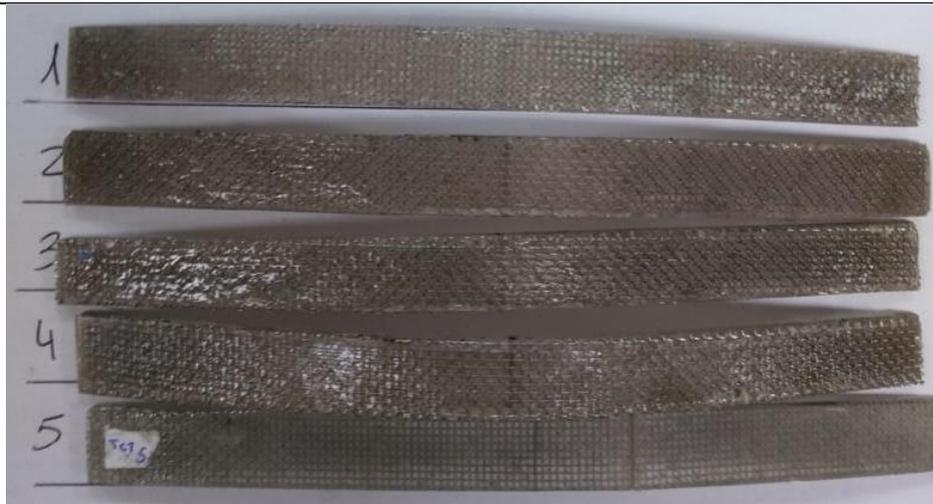


Tabla 33: Ficha de ensayo a flexión del grupo TD1 a 25°C

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA					
FICHA DE TABULACION DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	13/04/2021	Ciudad:	Ambato		
Realizado por:	Darwin Alomaliza	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		
Lugar:	Campus Gustavo Galindo Velasco- Km. 30.5 Vía Perimetral (FICT) Laboratorio de Geotecnia y Construcción.				
Máquina:	SHIMADZU UHFx 500 kNx				
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Flexión	Norma:	ASTM D 7264		
Matriz:	Resina poliéster	Fracción volumétrica:	70%		
Refuerzo:	CFV+AI +CFV	Fracción volumétrica:	30%		
Dimensión (mm):	160*13*e	Estratificación:	Compresión		
Grupo de probetas:	TD1	Curado:	Ambiente		
Velocidad del ensayo:	1 mm/min	Número de probetas:	5		
Espesor promedio (mm):	3.9				
RESULTADOS					
Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deflexión (mm)	Tipo de falla
1	162,28	146,51	2898,63	35,59	TLB
2	189,30	168,40	3736,05	31,74	TLB
3	166,81	146,68	5637,98	18,32	TAB
4	137,33	153,96	3515,07	34,85	TAB
5	139,55	113,70	3041,08	25,56	TLB
Promedio \bar{X}	159,06	145,85	3765,76	29,21	-
Desviación estándar S_{n-1}	21,44	20,06	1100,68	7,26	-
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO					



GRÁFICAS

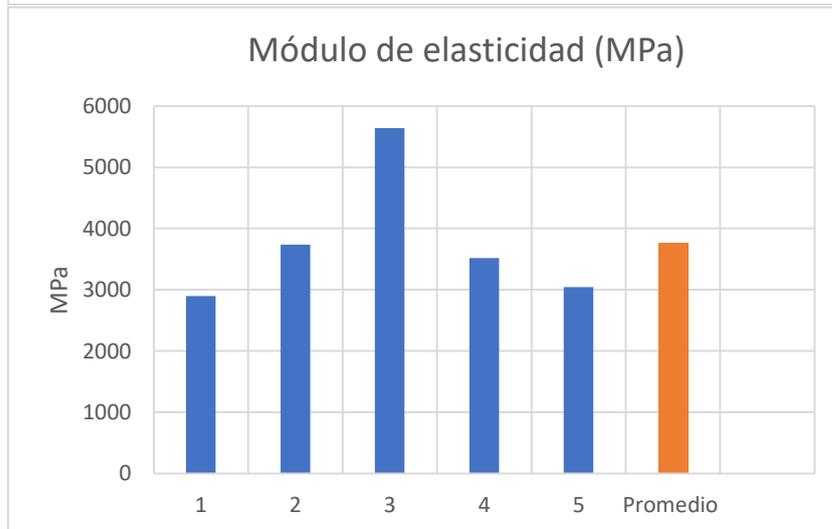
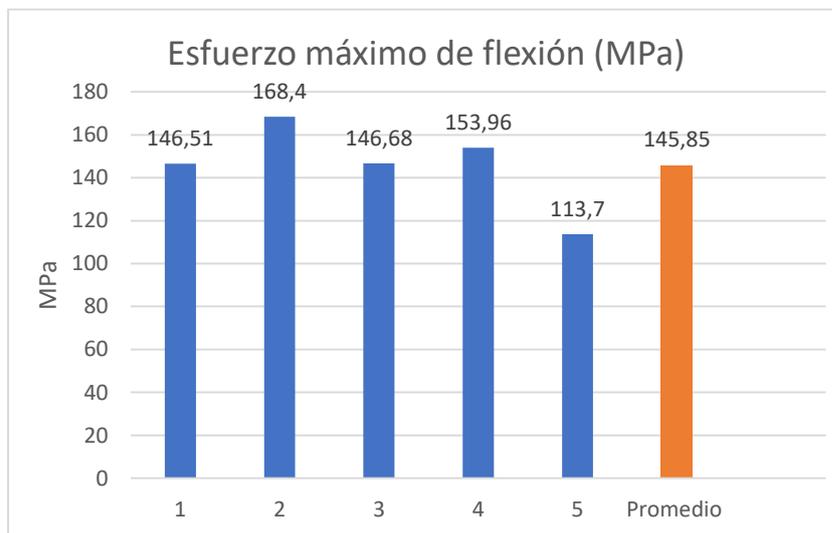


Tabla 34: Ficha de ensayo a flexión del grupo TD2 a 45°C

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA					
FICHA DE TABULACION DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	13/04/2021	Ciudad:	Ambato		
Realizado por:	Darwin Alomaliza	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		
Lugar:	Campus Gustavo Galindo Velasco- Km. 30.5 Vía Perimetral (FICT) Laboratorio de Geotecnia y Construcción.				
Máquina:	SHIMADZU UHFx 500 kNx				
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Flexión	Norma:	ASTM D 7264		
Matriz:	Resina poliéster	Fracción volumétrica:	70%		
Refuerzo:	CFV+AI +CFV	Fracción volumétrica:	30%		
Dimensión (mm):	160*13*e	Estratificación:	Compresión		
Grupo de probetas:	TD2	Curado:	45°C		
Velocidad del ensayo:	1 mm/min	Número de probetas:	5		
Espesor promedio (mm):	4.24				
RESULTADOS					
Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deflexión (mm)	Tipo de falla
1	34,97	31,81	2959,76	7,57	TAB
2	106,26	124,91	3635,74	26,9	TLB
3	125,73	103,27	7454,87	9,07	TLB
4	100,93	67,37	3702,18	10,68	TAB
5	79,16	56,97	3217,84	11,08	TLB
Promedio \bar{X}	89,41	76,86	4194,08	13,06	-
Desviación estándar S_{n-1}	34,66	37,15	1848,17	7,85	-
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO					



GRÁFICAS

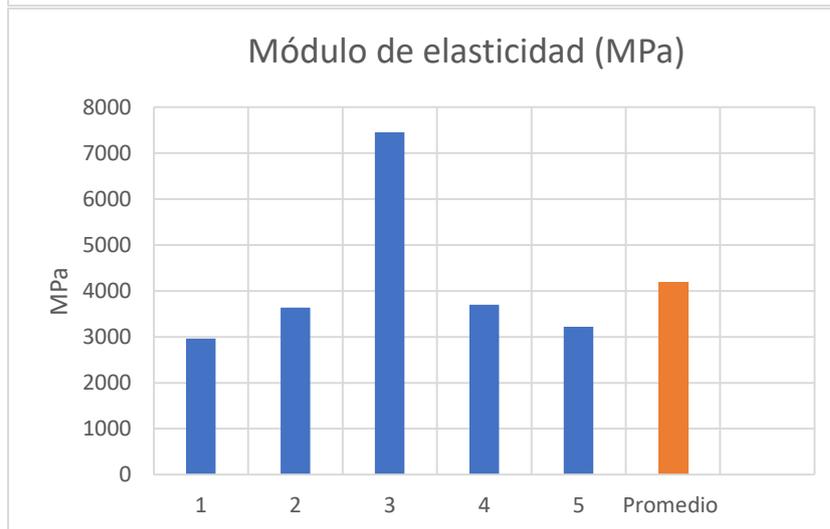
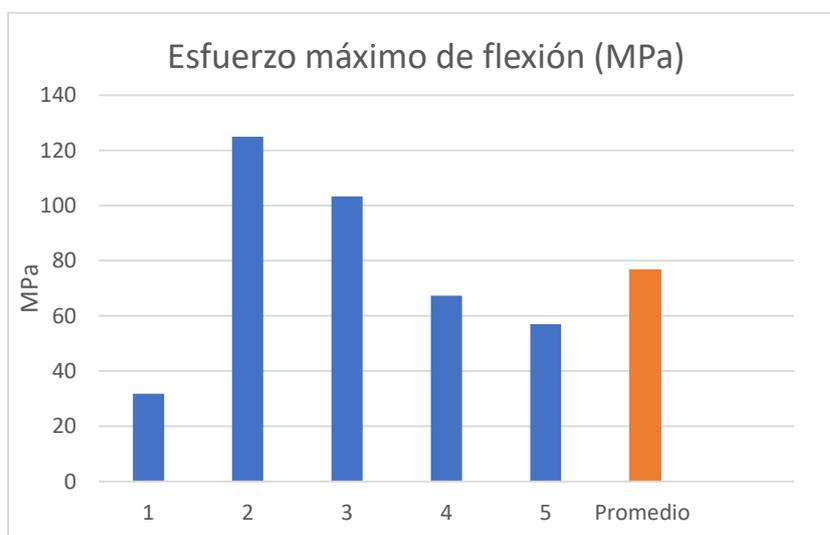
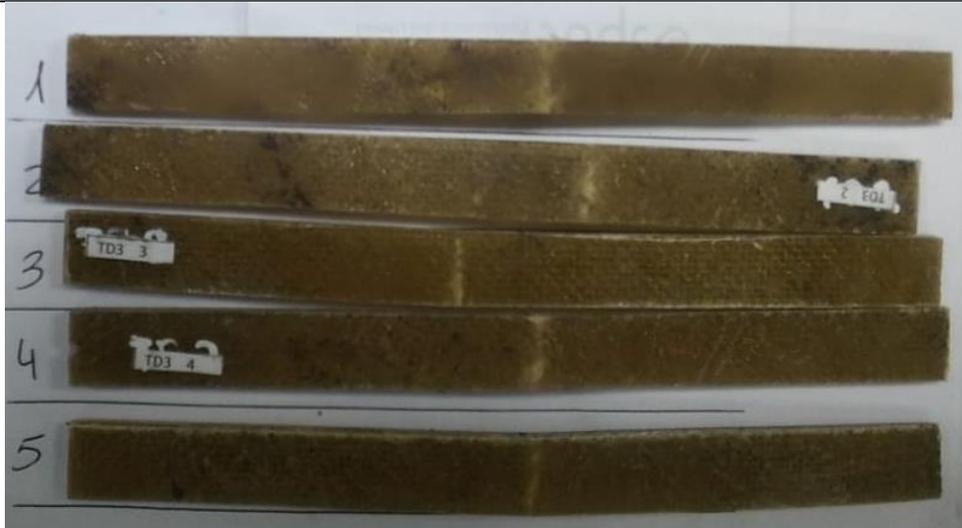
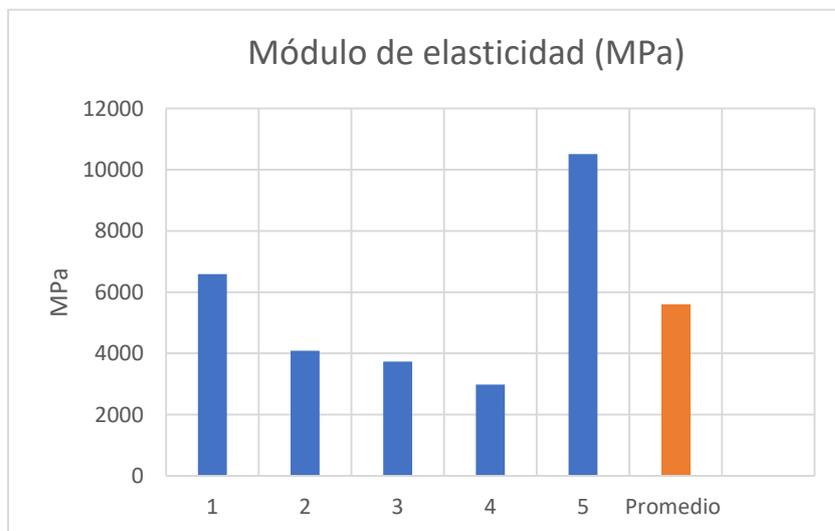
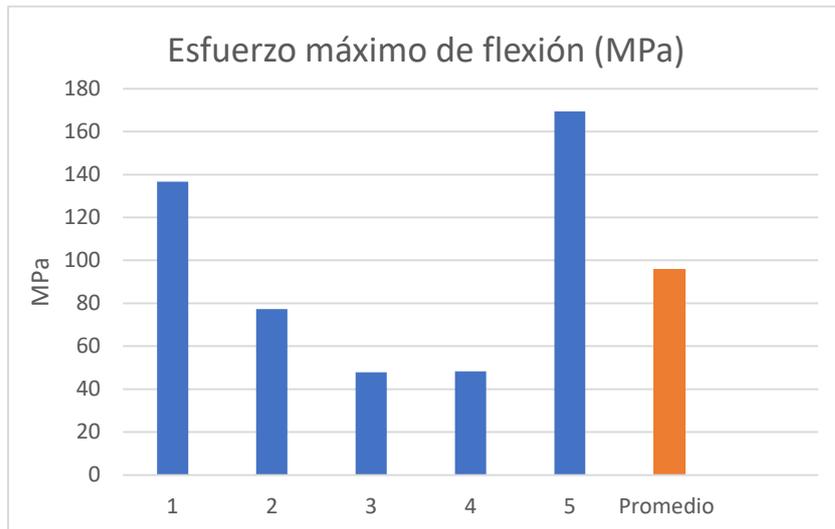


Tabla 35: Ficha de ensayo a flexión del grupo TD3 a 65°C

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA					
FICHA DE TABULACION DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	13/04/2021	Ciudad:	Ambato		
Realizado por:	Darwin Alomaliza	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		
Lugar:	Campus Gustavo Galindo Velasco- Km. 30.5 Vía Perimetral (FICT) Laboratorio de Geotecnia y Construcción.				
Máquina:	SHIMADZU UHFx 500 kNx				
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Flexión	Norma:	ASTM D 7264		
Matriz:	Resina poliéster	Fracción volumétrica:	70%		
Refuerzo:	CFV+AI +CFV	Fracción volumétrica:	30%		
Dimensión (mm):	160*13*e	Estratificación:	Compresión		
Grupo de probetas:	TD3	Curado:	65°C		
Velocidad del ensayo:	1 mm/min	Número de probetas:	5		
Espesor promedio (mm):	3,3				
RESULTADOS					
Probeta	Carga Máxima (N)	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Deflexión (mm)	Tipo de falla
1	124,46	136,62	6587,19	15,62	TAB
2	65,80	77,34	4085,82	15,32	TLB
3	28,21	47,90	3732,26	12,05	TLB
4	39,26	48,26	2980,99	12,88	TAB
5	91,16	169,38	10508,82	16,33	TAB
Promedio \bar{X}	69,78	95,90	5579,02	14,44	-
Desviación estándar S_{n-1}	39,12	54,72	3070,39	1,86	-
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO					



GRÁFICAS

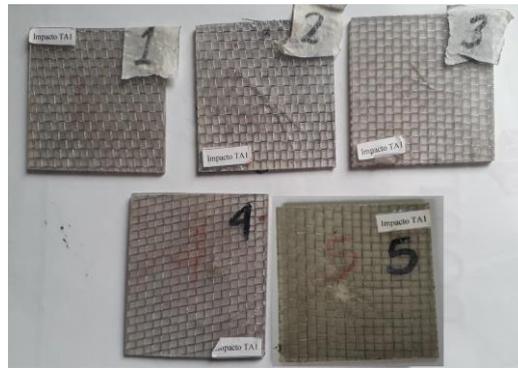


3.1.3 Ficha de datos ensayo de impacto

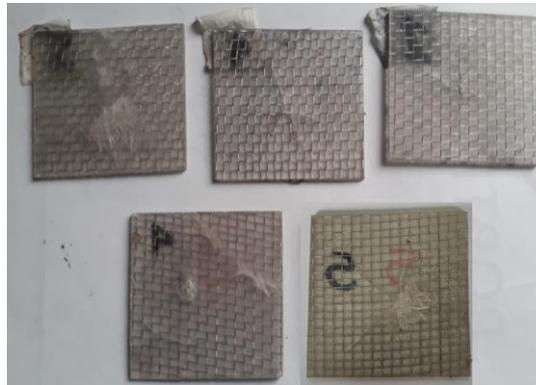
Tabla 36: Ficha de ensayo a impacto del grupo TA1 a 25°C

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA 				
FICHA DE TABULACION DE DATOS				
DATOS INFORMATIVOS				
Fecha:	24/03/2021	Ciudad:	Ambato	
Realizado por:	Darwin Alomaliza	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca	
Lugar:	Universidad Técnica de Ambato			
Máquina:	Máquina de impacto por caída de dardo			
PARÁMETROS DE ENSAYO				
Tipo de ensayo:	Impacto	Norma:	ASTM D5628	
Matriz:	Resina poliéster	Fracción volumétrica:	70%	
Refuerzo:	CFV+AG	Fracción volumétrica:	30%	
Dimensión (mm):	250*25*e	Estratificación:	Compresión	
Grupo de probetas:	TA1	Curado:	Ambiente	
Geometría del dardo:	FE	Número de probetas:	5	
Masa del dardo:	0,232	Espesor promedio (mm):	3.5	
RESULTADOS				
Probeta	Altura (mm)	Masa aplicada (Kg)	Energía media de fallo (J)	Criterio de falla
1	100	0,232	0,227	No falla
2	200	0,232	0,455	Falla
3	300	0,232	0,683	Falla
4	400	0,232	0,910	Falla
5	500	0,232	1,138	Falla + hundimiento
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO				

Cara Frontal



Cara Posterior



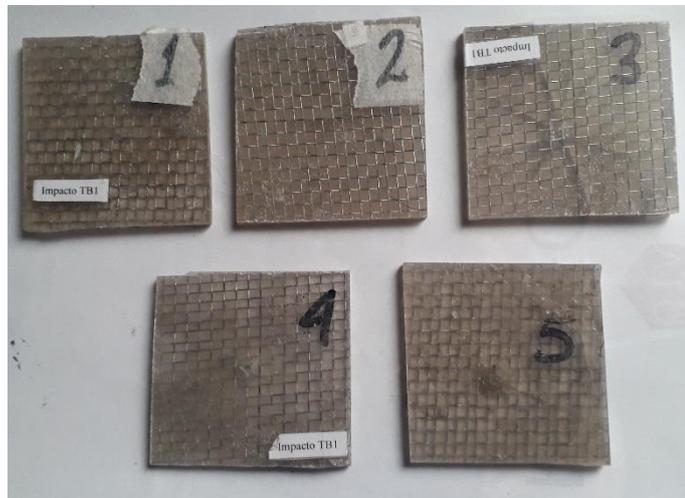
EVALUACIÓN

Energía media de fallo (J)	0,227 J
Tipo de fallas presentes.	En este grupo la falla se presenta en la probeta 2.

Tabla 37: Ficha de ensayo a impacto del grupo TB1 a 25°C

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA			
FICHA DE TABULACION DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	24/03/2021	Ciudad:	Ambato		
Realizado por:	Darwin Alomaliza	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero				
Máquina:	Máquina de impacto por caída de dardo				
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Impacto	Norma:	ASTM D5628		
Matriz:	Resina poliéster	Fracción volumétrica:	70%		
Refuerzo:	CFV+ AG + CFV	Fracción volumétrica:	30%		
Dimensión (mm):	250*25*e	Estratificación:	Compresión		
Grupo de probetas:	TB1	Curado:	Ambiente		
Geometría del dardo:	FE	Número de probetas:	5		
Masa del dardo:	0,232	Espesor promedio (mm):	4.3		
RESULTADOS					
Probeta	Altura (mm)	Masa aplicada (Kg)	Energía media de fallo (J)	Criterio de falla	
1	100	0,232	0,227	No falla	
2	200	0,232	0,455	No falla	
3	300	0,232	0,683	Falla	
4	400	0,232	0,910	Falla + hundimiento	
5	500	0,232	1,138	Falla + hundimiento	
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO					

Cara Frontal



Cara Posterior



EVALUACIÓN

Energía media de fallo (J)	0,455
Tipo de fallas presentes.	En este grupo la falla se presenta en la probeta 3.

Tabla 38: Ficha de ensayo a impacto del grupo TC1 a 25°C

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA 				
FICHA DE TABULACION DE DATOS				
DATOS INFORMATIVOS				
Fecha:	24/03/2021	Ciudad:	Ambato	
Realizado por:	Darwin Alomaliza	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca	
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero			
Máquina:	Máquina de impacto por caída de dardo			
PARÁMETROS DE ENSAYO				
Tipo de ensayo:	Impacto	Norma:	ASTM D5628	
Matriz:	Resina poliéster	Fracción volumétrica:	70%	
Refuerzo:	CFV+ AI	Fracción volumétrica:	30%	
Dimensión (mm):	250*25*e	Estratificación:	Compresión	
Grupo de probetas:	TC1	Curado:	Ambiente	
Geometría del dardo:	FE	Número de probetas:	5	
Masa del dardo:	0,232	Espesor promedio (mm):	4	
RESULTADOS				
Probeta	Altura (mm)	Masa aplicada (Kg)	Energía media de fallo (J)	Criterio de falla
1	100	0,232	0,227	No falla
2	200	0,232	0,455	Falla
3	300	0,232	0,683	Falla
4	400	0,232	0,910	Falla + hundimiento
5	500	0,232	1,137	Falla + hundimiento
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO				
Cara Frontal				



Cara Posterior

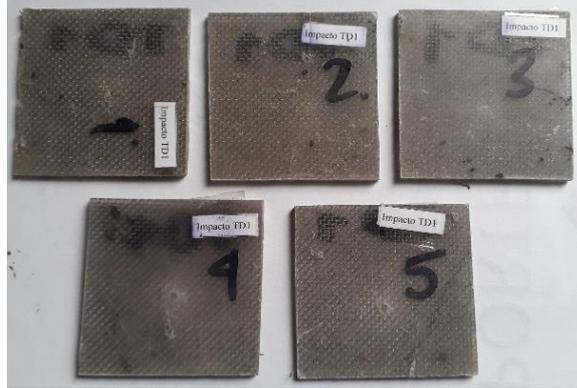


EVALUACIÓN

Energía media de fallo (J)	0,227
Presencia de falla	En este grupo la falla se presenta en la probeta 2.

Tabla 39: Ficha de ensayo a impacto del grupo TD1 a 25°C

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA				
FICHA DE TABULACION DE DATOS				
DATOS INFORMATIVOS				
Fecha:	24/03/2021	Ciudad:	Ambato	
Realizado por:	Darwin Alomaliza	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca	
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero			
Máquina:	Máquina de impacto por caída de dardo			
PARÁMETROS DE ENSAYO				
Tipo de ensayo:	Impacto	Norma:	ASTM D5628	
Matriz:	Resina poliéster	Fracción volumétrica:	70%	
Refuerzo:	CFV+AI+CFV	Fracción volumétrica:	30%	
Dimensión (mm):	250*25*e	Estratificación:	Compresión	
Grupo de probetas:	TD1	Curado:	Ambiente	
Geometría del dardo:	FE	Número de probetas:	5	
Masa del dardo:	0,232	Espesor promedio (mm):	3.2	
RESULTADOS				
Probeta	Altura (mm)	Masa aplicada (Kg)	Energía media de fallo (J)	Criterio de falla
1	100	0,232	0,227	No falla
2	200	0,232	0,455	No falla
3	300	0,232	0,682	No falla
4	400	0,232	0,910	No falla
5	500	0,232	1,137	falla
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO				
Cara Frontal				



Cara Posterior



EVALUACIÓN

Energía media de fallo (J)	<p>0,910 J</p>
Presencia de falla	<p>En este grupo la falla se presenta en la probeta 5.</p>

Tabla 40: Ficha de ensayo a impacto del grupo TD2 a 45°C

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA					
FICHA DE TABULACION DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	24/03/2021	Ciudad:	Ambato		
Realizado por:	Darwin Alomaliza	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero				
Máquina:	Máquina de impacto por caída de dardo				
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Impacto	Norma:	ASTM D5628		
Matriz:	Resina poliéster	Fracción volumétrica:	70%		
Refuerzo:	CFV+AI+CFV	Fracción volumétrica:	30%		
Dimensión (mm):	250*25*e	Estratificación:	Compresión		
Grupo de probetas:	TD2	Curado:	Horno 45°C		
Geometría del dardo:	FE	Número de probetas:	5		
Masa del dardo:	0,232	Espesor promedio (mm):	3,3		
RESULTADOS					
Probeta	Altura (mm)	Masa aplicada (Kg)	Incremento de masa (kg)	Energía media de fallo (J)	Criterio de falla
1	60	0,232	0,615	0,498	No falla
2	65	0,232	0,615	0,540	No falla
3	72,5	0,232	0,615	0,623	No Falla
4	80	0,232	0,615	0,664	Falla
5	100	0,232	0,615	0,830	Falla
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO					
Cara Frontal					



Cara Posterior

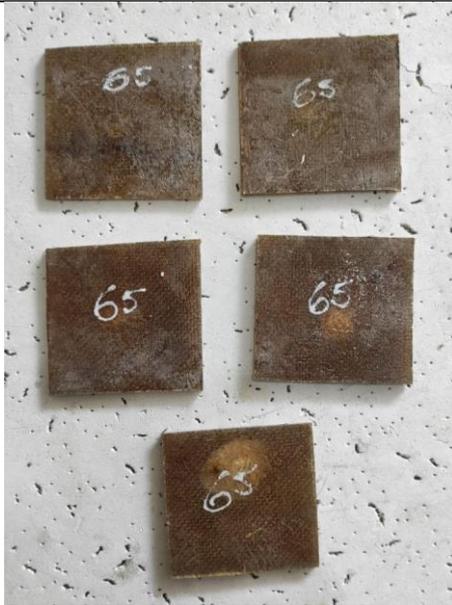


EVALUACIÓN

Energía media de fallo (J)	0,623 J
Presencia de falla	En este grupo la falla se presenta en la probeta 4.

Tabla 41: Ficha de ensayo a impacto del grupo TD3 a 65°C

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA					
FICHA DE TABULACION DE DATOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Fecha:	24/03/2021	Ciudad:	Ambato		
Realizado por:	Darwin Alomaliza	Revisado por:	Ing. Mg. Henry Vaca		
Lugar:	Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero				
Máquina:	Máquina de impacto por caída de dardo				
PARÁMETROS DE ENSAYO					
Tipo de ensayo:	Impacto	Norma:	ASTM D5628		
Matriz:	Resina poliéster	Fracción volumétrica:	70%		
Refuerzo:	CFV+AI+CFV	Fracción volumétrica:	30%		
Dimensión (mm):	250*25*e	Estratificación:	Compresión		
Grupo de probetas:	TD3	Curado:	Horno 45°C		
Geometría del dardo:	FE	Número de probetas:	5		
Masa del dardo:	0,232	Espesor promedio (mm):	3,3		
RESULTADOS					
Probeta	Altura (mm)	Masa aplicada (Kg)	Incremento de masa (kg)	Energía media de fallo (J)	Criterio de falla
1	60	0,232	0,615	0,498	No falla
2	67,5	0,232	0,615	0,561	No falla
3	69	0,232	0,615	0,573	No Falla
4	75	0,232	0,615	0,623	Falla
5	100	0,232	0,615	0,831	Falla
FOTOGRAFÍAS DEL ENSAYO					
Cara Frontal					



Cara Posterior



EVALUACIÓN

Energía media de fallo (J)	0,573 J
Presencia de falla	En este grupo la falla se presenta en la probeta 4.

3.2 Análisis de resultados

Mediante la realización de cada uno de los ensayos de tracción, flexión e impacto podremos obtener resultados para una correcta tabulación e interpretación de datos. Con la obtención de valores en cada una de las 5 probetas para cada grupo se obtuvo un valor promedio, según la combinación de los materiales compuestos elaborados. Para los ensayos de tracción y flexión los valores examinados son: el esfuerzo máximo (MPa) y el módulo de elasticidad (MPa) y en los ensayos a impacto se consideró la energía media de fallo (J).

Tabla 42: Caracterización del material de compuesto.

Grupo de composición	Denominación	Temperatura de curado
TIPO A: 1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de malla galvanizada	CFV+ AG	TA1 = 25°C
TIPO B: 1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de malla galvanizada + 1 capa de fibra de vidrio.	CFV+ AG + CFV	TB1 = 25°C
TIPO C: 1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable	CFV+ AI	TC1 = 25°C
TIPO D1: 1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable + 1 capa de fibra de vidrio.	CFV+ AI + CFV	TD1 = 25°C
TIPO D2 a 45°C: 1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable + 1 capa de fibra de vidrio.	CFV+ AI + CFV	TD2 = 45°C
TIPO D3 a 65°C: 1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable + 1 capa de fibra de vidrio.	CFV+ AI + CFV	TD3 = 65°C

3.2.1 Resultados promedios del ensayo a tracción según la norma ASTM D3039 y flexión ASTM D7264 del esfuerzo máximo (MPa)

Se observa los mejores resultados que se lograron en los ensayos, en el esfuerzo máximo a tracción en el tipo D tiene un valor de 64.01 MPa con su configuración de refuerzo 1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable + 1 capa de fibra de vidrio curado a temperatura ambiente de 25°C y en el esfuerzo máximo a flexión en el tipo C tiene un valor de 195,87 MPa con su configuración de refuerzo 1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable curado a temperatura ambiente de 25°C.

Tabla 43: Evaluación de la composición del material compuesto con sus promedios del ensayo a tracción y flexión del esfuerzo máximo (MPa)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA INGENIERIA MECÁNICA	
FICHA DE EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS PROMEDIOS DE LOS ENSAYOS A TRACCIÓN Y FLEXIÓN					
RESULTADOS					
Grupos	Tipo de refuerzo	Fracción volumétrica	Curado °C	Ensayo a tracción Esfuerzo máximo a tracción (MPa)	Ensayo a flexión Esfuerzo máximo a flexión (MPa)
Grupo A	CFV+ AG	Matriz 70% + Refuerzo 30%	25 °C	35,64	145,12
Grupo B	CFV+ AG + CFV			45,48	133,51
Grupo C	CFV+ AI			34,21	195,87
Grupo D	CFV+ AI + CFV			64,01	145,85
Grupo D2	CFV+ AI + CFV		45 °C	42,621	76,86
Grupo D3	CFV+ AI + CFV		65 °C	52,893	95,90

GRÁFICA DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO					
--------------------------------------	--	--	--	--	--

Esfuerzo máximo a tracción y flexión (MPa)

Grupo	Tracción (MPa)	Flexión (MPa)
Grupo A	35,64	145,12
Grupo B	45,48	133,51
Grupo C	34,21	195,87
Grupo D	64,01	145,85
Grupo D2	42,621	76,86
Grupo D3	52,893	95,9

Figura 51: Esfuerzo máximo a tracción y flexión (MPa)

3.2.2 Resultados promedios del ensayo a tracción según la norma ASTM D3039 y flexión ASTM D7264 del módulo de elasticidad (MPa)

Se observa los mejores resultados que se lograron en los ensayos, en el módulo de elasticidad (MPa) a tracción en el tipo D3 tiene un valor de 3986,17 MPa con su configuración de refuerzo 1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable + 1 capa de fibra de vidrio curado a temperatura de 65°C a horno y en el módulo de elasticidad (MPa) en el ensayo a flexión en el tipo C tiene un valor de 5726,27 MPa con su configuración de refuerzo 1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable curado a temperatura ambiente de 25°C.

Tabla 44: Evaluación de la composición del material compuesto a temperatura ambiente de los ensayos a flexión.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA INGENIERIA MECÁNICA 					
FICHA DE EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS PROMEDIOS DE LOS ENSAYOS A TRACCIÓN Y FLEXIÓN					
RESULTADOS					
Grupos	Tipo de refuerzo	Fracción volumétrica	Curado °C	Ensayo a tracción	Ensayo a flexión
				Módulo de elasticidad (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)
Grupo A	CFV+ AG	Matriz 70% + Refuerzo 30%	25 °C	3693,70	4973,01
Grupo B	CFV+ AG + CFV			2236,71	4941,44
Grupo C	CFV+ AI			2474,84	5726,27
Grupo D	CFV+ AI + CFV			2782,57	3765,76
Grupo D2	CFV+ AI + CFV		45 °C	3113,85	4194,08
Grupo D3	CFV+ AI + CFV		65 °C	3986,17	5579,02
GRÁFICA DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO					

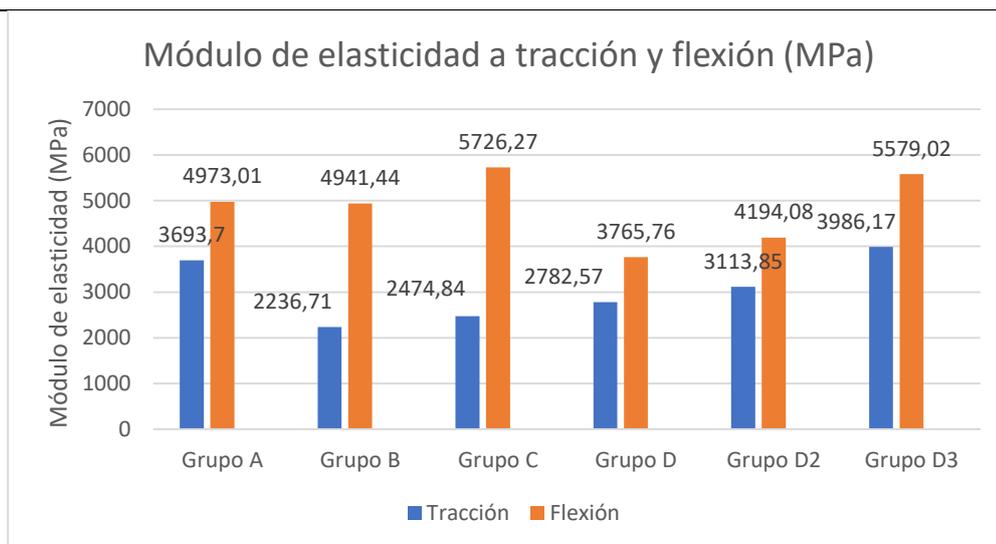


Figura 52: Módulo de elasticidad a tracción y flexión(MPa)

3.2.3 Resultados del ensayo a impacto según la norma ASTM D5628.

Se observa los mejores resultados que se lograron en los ensayos, energía media de fallo (J) en el tipo D tiene un valor de 0,910 J con su configuración de refuerzo 1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable + 1 capa de fibra de vidrio curado a temperatura ambiente de 25°C.

Tabla 45: Evaluación de la composición del material compuesto con los ensayos a impacto con la norma ASTM D5628.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECÁNICA		CARRERA INGENIERIA MECÁNICA	
FICHA DE EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS PROMEDIOS DE LOS ENSAYOS A IMPACTO					
RESULTADOS					
Grupos	Tipo de refuerzo	Fracción volumétrica	Curado °C	Energía media de fallo (J)	
Grupo A	CFV+ AG	Matriz 70% + Refuerzo 30%	25°C	0,227	
Grupo B	CFV+ AG + CFV			0,455	
Grupo C	CFV+ AI			0,227	
Grupo D	CFV+ AI + CFV			0,910	
Grupo D2	CFV+ AI + CFV		45°C	0,623	
Grupo D3	CFV+ AI + CFV		65°C	0,573	

GRÁFICA DE LOS RESULTADOS DEL ENSAYO

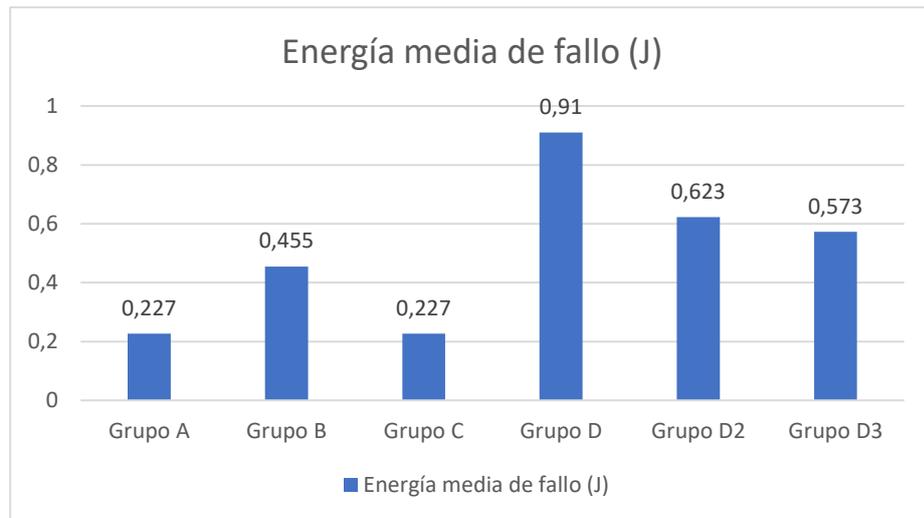


Figura 53: Energía media fallo (J) de las probetas.

3.3 Verificación de Hipótesis

En la investigación se verificó la hipótesis aplicando el método estadístico de la T-Student implementando este método en tipos de probetas con su diferente composición.

Hipótesis Alternativa (H_a)

La configuración del material compuesto con matriz de resina poliéster reforzada con fibra de vidrio y malla de acero aumentará las propiedades mecánicas del material.

Hipótesis Nula (H_0)

La configuración del material compuesto con matriz de resina poliéster reforzada con fibra de vidrio y malla de acero no aumentará las propiedades mecánicas del material.

Para la comprobación de la hipótesis se utilizará una prueba bilateral (dos colas).

Nivel de confianza = 95%

Nivel de significancia = 5%

Cálculo de la probabilidad

Donde:

P = probabilidad
 α = nivel de significancia

$$P = \frac{\alpha}{100} \quad (\text{Ec 3. 1})$$

$$P = \frac{5}{100}$$

$$P = 0,05$$

Se utilizará una prueba bilateral, dividimos para 2 la probabilidad (P).

$$P = 0,025$$

Grados de libertad (gl)

La siguiente ecuación se aplica para determinar los grados de libertad:

$$gl = n + m - 2 \quad (\text{Ec 3. 2})$$

$$gl = 5 + 5 - 2 = 8$$

n = Tamaño de muestra del grupo 1

m = Tamaño de muestra del grupo 2

El resultado de prueba 0,025 y el grado de libertad de 8, con el uso de la siguiente tabla de distribución T-Student encontraremos el valor de t tabulado t_{tabl} .

$$t_{tabl} = \pm 2,31$$

Si $t_{cal} > t_{tabl}$ se acepta H_a

Caso contrario se acepta H_0 , si el valor de t_{cal} se ubica en la región de aceptación en el rango de -2,3060 a 2,3060.

Figura 54: Tabla T-Student utilizada para los ensayos [24].

Grados de libertad	0.10	0.05	0.025	0.015
1	3.0776835	6.3137515	12.706205	21.204949
2	1.8856181	2.9199856	4.3026527	5.6427784
3	1.6377444	2.3533634	3.1824463	3.8960459
4	1.5332063	2.1318468	2.7764451	3.2976297
5	1.475884	2.0150484	2.5705818	3.002875
6	1.4397557	1.9431803	2.4469119	2.8289279
7	1.4149239	1.8945786	2.3646243	2.714573
8	1.3968153	1.859548	2.3060041	2.6338144
9	1.3830287	1.8331129	2.2621572	2.573804
10	1.3721836	1.8124611	2.2281389	2.5274842
11	1.3634303	1.7958848	2.2009852	2.4906639

EN LAS PRUEBAS A TRACCIÓN

Verificación de la hipótesis

En la siguiente tabla se presenta los datos de los esfuerzos máximos determinados mediante los ensayos a tracción correspondientes al grupo TD1 con 2 capas de fibra de vidrio, una capa acero inoxidable, curado a 25°C y el grupo TD3 compuesto por 2 capas de fibra de vidrio y una capa acero inoxidable curado a 65°C.

Tabla 46: Resultados para analizar el esfuerzo máximo a tracción

Muestra	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	
	Grupo TD1 (X)	Grupo TD3 (Y)
1	62,27	45,62
2	62,98	46,10
3	60,75	58,70
4	60,37	61,51
5	73,70	52,53
Media aritmética	64,01	52,89
Desviación Estándar S_{n-1}	5,52	7,19

Para la obtención del dato de la de desviación estándar de cada uno de los grupos TD1(X) y TD3(Y), se aplicó la siguiente ecuación [24]:

$$S_x = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 / (n - 1)} \quad (\text{Ec 3.3})$$

Donde:

□ = Valor con mejores características del Tipo TD1.

\bar{x} = Media aritmética del Tipo TD1

S_x = Desviación estándar del tipo TD1

n = Tamaño de muestra del grupo TD1

Tabla 47:Datos del grupo TD1 ensayo a tracción

X	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
62,27	-1,744	3,042
62,98	-1,034	1,069
60,75	-3,264	10,654
60,37	-3,644	13,279
73,70	9,686	93,819
$\bar{x} = 64,01$		$\Sigma=121,86$

$$S_x = \sqrt{\left(\frac{1}{5-1}\right)(121,862)} \quad (\text{Ec 3.4})$$
$$S_x = 5,52$$

Para el grupo TD3 se realiza el mismo procedimiento para obtener la desviación estándar.

$$S_y = \sqrt{\sum_{i=1}^m (y_i - \bar{y})^2 / (m - 1)} \quad (\text{Ec 3.5})$$

Donde:

y = Valor con mejores características del Tipo TD3.

\bar{y} = Media aritmética del Tipo TD3

S_y = Desviación estándar del tipo TD3

m = Tamaño de muestra del grupo TD3

Tabla 48: Datos del grupo TD3 del ensayo a tracción

y	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$
45,62	-7,272	52,882
46,1	-6,792	46,131
58,7	5,808	33,733
61,51	8,618	74,270
52,53	-0,362	0,131
$\bar{y} = 52,89$		$\Sigma=207,15$

$$S_y = \sqrt{\left(\frac{1}{5-1}\right)(207,15)}$$

$$S_y = 7,19$$

Para la obtención del valor estadístico se procede a la implementación de la ecuación del método estadístico t-Student [24].

$$t_{cal} = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{(n-1) * S_x^2 + (m-1) * S_y^2}{n+m-2} * \left(\frac{1}{n} + \frac{1}{m}\right)}} \quad (\text{Ec 3.6})$$

t_{cal} = Valor estadístico calculado

$$t_{cal} = \frac{64,013 - 52,892}{\sqrt{\frac{(5-1) * 5,52^2 + (5-1) * 7,19^2}{5+5-2} * \left(\frac{1}{5} + \frac{1}{5}\right)}}$$

$$t_{cal} = 2,74$$

Si $t_{cal} > t_{tabl}$ se acepta H_a

$$2,74 > \pm 2,31$$

En este caso mediante los cálculos realizados anteriormente el $t_{calculado}$ es mayor que el $t_{tabulado}$ se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

Se acepta la hipótesis alternativa la cual dice:

La configuración del material compuesto con matriz de resina poliéster reforzada con fibra de vidrio y malla de acero aumentará las propiedades mecánicas del material.

EN LAS PRUEBAS A FLEXIÓN

Verificación de la hipótesis

En la siguiente tabla se presenta los datos de los esfuerzos máximos determinados mediante los ensayos a tracción correspondientes al grupo TC1 con 1 capaz de fibra de vidrio, una capa de acero inoxidable, curado a 25°C y el grupo TD3 compuesto por 2 capaz de fibra de vidrio y una capa de acero inoxidable curado a 65°C.

Tabla 49: Resultados para analizar el esfuerzo máximo a flexión

Muestra	Esfuerzo máximo de flexión (MPa)	
	Grupo TC1 (X)	Grupo TD3 (Y)
1	86,22	136,62
2	168,12	77,34
3	248,34	47,90
4	280,85	48,26
5	195,79	169,38
Media aritmética	195,87	95,90
Desviación Estándar S_{n-1}	75,45	54,72

Para la obtención del dato de la de desviación estándar de cada uno de los grupos TC1(X) y TD3(Y), se aplicó la siguiente ecuación [24]:

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

Donde:

\square = Valor con mejores características del Tipo TC1.

\bar{x} = Media aritmética del Tipo TC1

S_x = Desviación estándar del tipo TC1

n = Tamaño de muestra del grupo TC1

Tabla 50: Datos del grupo TC1 del ensayo a flexión.

X	$x - \bar{x}$	$(x - \bar{x})^2$
86,22	-109,65	12023,12
168,12	-27,75	770,06
248,34	52,47	2753,10
280,85	84,98	7221,60
195,79	-0,08	0,01
$\bar{x} = 195,87$		$\Sigma = 22767,89$

$$S_x = \sqrt{\left(\frac{1}{5-1}\right)(22767,89)}$$

$$S_x = 75,45$$

Para el grupo TD3 se realiza el mismo procedimiento para obtener la desviación estándar.

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

Donde:

y = Valor con mejores características del Tipo TD3.

\bar{y} = Media aritmética del Tipo TD3

S_y = Desviación estándar del tipo TD3

m = Tamaño de muestra del grupo TD3

Tabla 51: Datos del grupo TD3 del ensayo a flexión.

y	$y - \bar{y}$	$(y - \bar{y})^2$
136,62	40,72	1658,12
77,34	-18,56	344,47
47,90	-48	2304,00
48,26	-47,64	2269,57
169,38	73,48	5399,31
$\bar{y} = 95,90$		$\Sigma = 11975$

$$S_y = \sqrt{\left(\frac{1}{5-1}\right)(11975)}$$

$$S_y = 54,71$$

Para la obtención del valor estadístico se procede a la implementación de la ecuación del método estadístico T-Student [24].

$$t_{cal} = \frac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\frac{(n-1) * S_x^2 + (m-1) * S_y^2}{n+m-2} * \left(\frac{1}{n} + \frac{1}{m}\right)}}$$

t_{cal} = Valor estadístico calculado

$$t_{cal} = \frac{195,86 - 95,90}{\sqrt{\frac{(5-1) * 75,45^2 + (5-1) * 54,71^2}{5+5-2} * \left(\frac{1}{5} + \frac{1}{5}\right)}}$$

$$t_{cal} = 2,39$$

Si $t_{cal} > t_{tabl}$ se acepta H_a

$$2,39 > \pm 2,31$$

En este caso mediante los cálculos realizados anteriormente el $t_{calculado}$ es mayor que el $t_{tabulado}$ se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

Se acepta la hipótesis alternativa la cual dice:

La configuración del material compuesto con matriz de resina poliéster reforzada con fibra de vidrio y malla de acero aumentará las propiedades mecánicas del material.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- La composición de las probetas está conformada con un porcentaje de 70% de matriz compuesta por resina poliéster RD1T-230K, 30% de refuerzo con variación de fibra de vidrio y mallas de acero en cada una de las probetas.
- Se logró la fabricación de 6 tipos de configuraciones del material compuesto para ser estudiados y mediante la tabulación de los datos a tracción el material compuesto con la configuración de 2 capas de fibra de vidrio y 1 capa de malla de acero inoxidable curada a 25°C (Tipo D1), obtuvo los más altos valores de esfuerzo máximo a tracción promedio de 64,01 (MPa) con un módulo de elasticidad de 2782,57 (MPa).
- En la composición del material compuesto se tomó en cuenta el factor de mayoración por las pérdidas de resina poliéster al momento de la conformación para lograr cubrir en su totalidad al material.
- Se elaboró las probetas con la aplicación de las normas ASTM, se las realizó según cada ensayo a tracción se implementó la norma ASTM D3039 y flexión por la norma ASTM D7264 y ensayo a impacto según la norma ASTM D5628 se desarrolló grupos de 5 probetas para cada uno de los ensayos realizados.
- A través de los ensayos a flexión la combinación tipo C1(1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable) son las que muestran mejores resultados al esfuerzo máximo de flexión 195,87 (MPa) con un módulo de elasticidad de 5726,27 (MPa) según los ensayos regidos a la norma ASTM D7264.
- Por lo tanto, al realizar los correspondientes ensayos a impacto según la norma ASTM D5628 la configuración con más alto resultados de energía media de fallo (J) Joule es el tipo D1 con su configuración de refuerzo 2 capas de fibra de vidrio, 1 capa de acero inoxidable curado a temperatura ambiente de 25°C posee un valor de 0,910 J.

4.2 RECOMENDACIONES

- Al manipular los materiales como fibra de vidrio, resina poliéster y cobalto para la fabricación del material compuestos puede producir daños en la salud por tal motivo se debe utilizar los respectivos equipos de protección como son los guantes, mascarilla, gafas protectoras entre otras.
- Para mejorar los acabados de las superficies de las probetas, se debe limpiar cada superficie del molde para la fabricación de las siguientes probetas ya que puede existir materiales sobrantes en los bordes y producir irregularidades.
- Para evitar complicaciones al momento de la fabricación del material compuesto el corte de cada fibra de vidrio y malla de acero deben ser exactos ya que si se sobrepasa en las medidas no entrara adecuadamente en el molde.
- Las probetas al momento de la fabricación el molde es la parte fundamental ya que debe contar con las medidas establecidas para lograr cumplir con los requerimientos según la norma ASTM además que el corte de las probetas requiere de una mayor precisión.
- Se debe ajustar los pernos en el molde de una manera uniforme de forma que no se ajuste de un solo lado, ya que esto produce un derrame del material al momento de ajustarlo.
- Se debe procurar que las mallas de acero se encuentre rectas al momento de introducir en los moldes.
- Aplicar las 3 capas de cera desmoldante en las superficies para evitar irregularidades y así lograr una superficie lisa, al momento de la elaboración de las probetas se debe fabricar uno o 2 probetas más ya que puede sufrir algún daño o no cumplir con las medidas requeridas.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Sakthivel, S. Vijayakumar y B. V. Ramnath, «"Investigation on mechanical and thermal properties of stainless steel wire mesh-glass fibre reinforced polymer composite",» *Springer Science+Business Media*, p. 2643–2651, 2018.
- [2] A. A. Abdel-Hamead, «"Mechanical properties for polyester resin reinforce with Fe weave wire",» *Revista Internacional de Aplicación o Innovación en Ingeniería y Gestión*, vol. 3, n° 5, p. 8, 2014.
- [3] E. Castillo, “INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE ADICIÓN EN PESO DE FIBRA DE CABUYA Y TEMPERATURA DE CURADO SOBRE LA RESISTENCIA AL IMPACTO DE UN COMPUESTO DE MATRIZ POLIÉSTER – FIBRA DE VIDRIO”, Tesis, Universidad Nacional De Trujillo, Trujillo, 2017.
- [4] D. F. Castro Chico, “ANÁLISIS DEL MATERIAL COMPUESTO DE FIBRA DE VIDRIO CON MATRIZ POLIMÉRICA UTILIZADO EN LA FABRICACIÓN DEL INTERIOR DE CARROCERÍAS METALMECÁNICAS PARA DETERMINAR SUS PROPIEDADES MECÁNICAS”, Tesis, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2017.
- [5] O. F. Freire Bonilla, “ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DE RETARDANTES DE LLAMA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UN MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIMÉRICA REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO UTILIZADO EN LA FABRICACIÓN DEL INTERIOR DE CARROCERÍAS METALMECÁNICAS”, Tesis, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2018.
- [6] W. Smith y J. Hashemi, *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales*, México: McGraw-Hill, 2006.
- [7] W. Callister, *Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los materiales*, Barcelona: Reverte, 1995 .
- [8] P. R, S. Kumar y J. Arokiam, «"Reinforcement of AISI 304 Stainless-Steel Wire Mesh in A NFHC With Unsaturated Polyester Resin For Mechanical Behaviour",» 02 2019. [En línea]. Available:

- https://www.researchgate.net/publication/332371310_Reinforcement_of_AISI_304_Stainless-Steel_Wire_Mesh_in_A_NFHC_With_Unsaturated_Polyester_Resin_For_Mechanical_Behaviour. [Último acceso: 10 2020].
- [9] Z. López, S. González y G. García, "FABRICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIMÉRICA CON REFUERZO METÁLICO (MALLA DE ALUMINIO)", Tesis, Universidad de San Buenaventura, Bogotá, 2009.
- [10] A. Besednjak, *Proceso de Fabricación de Embarcaciones con Materiales*, Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya, 2005.
- [11] A. D. Jácome León, "ESTUDIO DE LA CONFIGURACIÓN DE FIBRAS DEL MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ EPOXI REFORZADA CON FIBRA DE PIÑA Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN LA FABRICACIÓN DE BUTACAS DEPORTIVAS.", Tesis, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2015.
- [12] F. Stupenengo, *Materiales compuestos*, Buenos Aires, 2011.
- [13] E. R. Gaibor Chacha, "CARACTERIZACION DE UN MATERIAL COMPUESTO CON MATRIZ DE RESINA DE POLIÉSTER REFORZADO CON PARTÍCULA DE TOTORA", Tesis, Universidad Internacional SEK, 2017.
- [14] A. R. Reinoso Arias, "EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIÉSTER CON FIBRA DE CABELLO HUMANO Y SU POSIBLE APLICACIÓN INDUSTRIAL", Tesis, Universidad Técnica de Ambato, Ambato , 2019.
- [15] A. Gil, «"Resinas de poliéster",» eafit.edu.co, 2012. [En línea]. Available: <https://www.eafit.edu.co/servicios/centrodelaboratorios/Documents/guia%20de%20manejo%20de%20resinas.pdf>.
- [16] P. D. Mazón Ortiz, "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”, Tesis, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2018.
- [17] V. Guerrero, J. Dávila, S. Galeas, P. Pontón, N. Rosas, V. Sotomayor y C. Valdivieso, Nuevos Materiales Aplicaciones Estructurales e Industriales, Quito: IMPREFEPP, 2011.
- [18] J. G. Paredes Salinas., “ESTUDIO DE POLÍMEROS HÍBRIDOS ESTRATIFICADOS DE MATRIZ POLIÉSTER REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO Y CABUYA COMO MATERIAL ALTERNATIVO Y SU INCIDENCIA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN GUARDACHOQUES PARA BUSES.”, Tesis, Uniiversidad Técnica de Ambato, Ambato, 2012.
- [19] A. Acosta, "COMPARACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS ENTRE UNA RESINA REFORZADA CON FIBRA DE CABUYA Y UNA RESINA REFORZADA CON FIBRA DE VIDRIO", Tesis, Universidad de Costa Rica, San José, 2013.
- [20] H. G. Villacís Salazar, "OBTENCIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS HÍBRIDOS DE MATRIZ POLIÉSTER REFORZADOS CON FIBRA DE VIDRIO Y ABACÁ MEDIANTE ESTRATIFICACIÓN", Tesis, Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2011.
- [21] S. Kalpakjian y S. R. Schmid, Manufactura, Ingeniería y Tecnología, México: Pearson educación , 2008.
- [22] Pintulac, «Fibra de vidrio,» [En línea]. Available: https://www.pintulac.com.ec/media/catalog/fichas_tecnicas/Fibra-de-vidrio-D375_2.pdf. [Último acceso: 23 12 2020].
- [23] E. Amores, ANÁLISIS DEL PROCESO DE TALADRADO DEL MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ POLIMÉRICA REFORZADA CON FIBRA DE ABACÁ, Tesis, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2019.
- [24] J. Valerio, Introducción a la Estadística, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia.

ANEXOS

ANEXO A: FICHA TÉCNICA RESINA POLIESTER Resina poliéster RD1T-230K de Pintulac



Ficha Técnica RESINA POLIESTER RD1T-230K

DESCRIPCIÓN

Naturaleza químico-física: Es una resina de poliéster insaturado basado en ácido ortoftálico y glicoles estándar, disuelto en estireno. Palatal P 4 TV-129 está preacelerada y contiene un agente tixotrópico. Posee una reactividad media y una baja viscosidad.

Principales aplicaciones: Es muy adecuada para técnicas de laminado manual y de proyección. Durante la laminación, impregna fácilmente los materiales de refuerzo y no descuelga de los laminados inclinados. Es especialmente apropiada para la producción de laminados delgados (< 5 mm) que requieren un curado con una generación de calor constante. Teniendo en cuenta su reactividad y el comportamiento del curado, es especialmente recomendable para la producción de laminados prácticamente libres de tensiones internas.

CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

Propiedad	Valor	Unidad	OBSERVACIONES:
Viscosidad, 23°C	300-400	mPa.s	Medición de viscosidad: S2/20s-1/23°C Aspecto: color azulada Reactividad determinada con 1.5 g de Butanox M 50 (AKZO-Nobel) añadido a 100 g de resina.
Contenido en sólidos IR	53-57	%	
Aspecto	Turbio	-	
Tiempo de gel desde 25 hasta 35°C	16-23	Minutos	
Tiempo de curado desde 25°C hasta pico exotérmico	30-40	Minutos	
Temperatura máxima	110-140	°C	

PROPIEDADES: Resina líquida (valores usuales)

Propiedad	Valor	Unidad
Densidad, 20°C	Aprox. 1100	Kg/m3
Punto de inflamación	Aprox. 33	°C
Estabilidad, sin peróxidos, en la oscuridad, 25°C	6	Meses



Ficha Técnica RESINA POLIESTER RD1T-230K

PROPIEDADES: Resina colada (valores usuales)

Propiedad	Valor	Unidad
Resistencia a la tracción	70	MPa
Módulo de elasticidad (tracción)	4.3	GPa
Alargamiento a la rotura	2	%
Resistencia a la flexión	110	MPa
Módulo de elasticidad (flexión)	4.3	GPa
Alargamiento de las fibras limitrofes	2.6	%
Resistencia al impacto—sin corte	10	KJ/m ²
Estabilidad dimensional al calor (HDT)	63	°C
Temperatura de transición vítrea (Tg)	93	°C

PREPARACIÓN PARA EL SOPORTE

<p>Estireno</p>  <p>Diluyente 25% máximo 250cc por cada kilo</p>	<p>Cobalto</p>  <p>Acelerante De 1cc a 3cc por cada kilo 1000cc</p>	<p>Meck Peróxido</p>  <p>Catalizador De 10cc a 25cc por cada kilo 1000cc</p>
---	--	---

ALMACENAJE Y TIPO DE ENVASE

Debe ser almacenada en su envase original, en lugar cubierto y seco a temperaturas entre 5°C y 20°C, el tiempo de vida se ve reducido a altas temperaturas. No permanecer exposición a la luz. Almacenarse en oscuridad.

INDICACIONES DE SEGURIDAD

Para cuestiones de seguridad en el uso, almacenamiento, transporte y eliminación de residuos de este producto; consultar el etiquetado y la Hoja de Seguridad del mismo, que contiene los datos básicos, ecológicos, toxicológicos y demás cuestiones referidas a este tema.

MATERIAL DATA SHEET

PRODUCT NAME: E GLASS CHOPPED STRAND MAT 375G/M²

PRODUCT CODE: E-MC-375

E — E GLASS

MC — CHOPPED MAT

375 — WEIGHT UNIFORMITY (G/M²)

Chopped strand mat is made of chopped strands of 50mm in length, which are evenly dispersed and bonded together with polyester binder. It is mainly used in hand lay-up processes. The end products are laminates, boats, complete set of bathing equipment, automotive parts and cooling tower, etc..

Properties

- Good wet-out
- Easy to form
- Even thickness
- Lower cost

Property	Unit	Specification	Standard
Weight Uniformity	Grams/Square meter	-5%~10%	ISO3374- 2000
Moisture Content	%	≤0.2	ISO3344- 1997
Binder content	%	2.6-3.6	ISO1887- 1995
Tensile Strength	N	Min.130	ISO3342-1995

NEXO C: INFORME TÉCNICO DE LOS ENSAYOS A TRACCIÓN, FLEXIÓN E IMPACTO.



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carrocer



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

Informe N°: 180436722320210205-ETC.	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa/Cliente: Darwin Iván Alomaliza Masaquiza.	
Dirección: Av. Galo Vela y Oyambaro, Ambato.	
Núm. de cédula/RUC: 1804367223.	Teléfono: +593983937750.
E-mail: adarwin7223@uta.edu.ec.	

DATOS INFORMATIVOS	
Laboratorio: Resistencia de Materiales.	
Designación del material:	
Material compuesto: Fibra de vidrio con malla de acero galvanizado e inoxidable.	
Método de ensayo: ASTM D3039/D3039M – 14. Método de prueba estándar para propiedades de tracción de materiales compuestos de matriz polimérica.	

Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación de probetas	Fibra de vidrio	Refuerzo	Probetas a Ensayar
1	180436722320210205-ETC 01	1 capa	Malla de acero galvanizado	5
2	180436722320210205-ETC 02	2 capas	Malla de acero galvanizado	5
3	180436722320210205-ETC 03	1 capa	Malla de acero inoxidable	5
4	180436722320210205-ETC 04	2 capas	Malla de acero inoxidable	5
Total				20

Nota: La fabricación de las probetas en tipo, cantidad y configuración es declarada por el cliente.



ENSAYO SOLICITADO			
No.	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	DESCRIPCIÓN	FECHAS RECEPCIÓN
1	180436722320210205-ETC 01-1	Cumple criterios dimensionales	2021/02/10
2	180436722320210205-ETC 01-2	Cumple criterios dimensionales	2021/02/10
3	180436722320210205-ETC 01-3	Cumple criterios dimensionales	2021/02/10
4	180436722320210205-ETC 01-4	Cumple criterios dimensionales	2021/02/10
5	180436722320210205-ETC 01-5	Cumple criterios dimensionales	2021/02/10
6	180436722320210205-ETC 02-1	Cumple criterios dimensionales	2021/02/10
7	180436722320210205-ETC 02-2	Cumple criterios dimensionales	2021/02/10
8	180436722320210205-ETC 02-3	Cumple criterios dimensionales	2021/02/10
9	180436722320210205-ETC 02-4	Cumple criterios dimensionales	2021/02/10
10	180436722320210205-ETC 02-5	Cumple criterios dimensionales	2021/02/10
11	180436722320210205-ETC 03-1	Cumple criterios dimensionales	2021/02/10
12	180436722320210205-ETC 03-2	Cumple criterios dimensionales	2021/02/10
13	180436722320210205-ETC 03-3	Cumple criterios dimensionales	2021/02/10
14	180436722320210205-ETC 03-4	Cumple criterios dimensionales	2021/02/10
15	180436722320210205-ETC 03-5	Cumple criterios dimensionales	2021/02/10
16	180436722320210205-ETC 04-1	Cumple criterios dimensionales	2021/02/10
17	180436722320210205-ETC 04-2	Cumple criterios dimensionales	2021/02/10
18	180436722320210205-ETC 04-3	Cumple criterios dimensionales	2021/02/10
19	180436722320210205-ETC 04-4	Cumple criterios dimensionales	2021/02/10
20	180436722320210205-ETC 04-5	Cumple criterios dimensionales	2021/02/10

NOTA: LA INFORMACIÓN CONSIGNADA EN ESTE FORMULARIO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE. POSTERIORMENTE A LA EJECUCIÓN DEL(LOS) ENSAYO(S) NO SE ADMITIRÁ ARREGLOS DE ESTA INFORMACIÓN NI DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS. FAVOR REVISAR ANTES DE SU FIRMA.

DATOS INFORMATIVOS: De acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo las probetas cumplen con el número mínimo de muestras para el ensayo y en las dimensiones.

Elaborado por: Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Aprobado por: Ing. Jorge Rodas B. MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
Cliente	



LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES METÁLICOS
INFORME DE RESULTADOS N°: 180436722320210205-ETC.

DATOS GENERALES

N° de proforma: RM_2021_005.
Empresa/Cientes: Darwin Iván Alomaliza Masaquiza.
RUC/C.I.: 1804367223.
Dirección: Av. Galo Vela y Oyambaro, Ambato.
Teléfono: +593983937750. **Correo:** adarwin7223@uta.edu.ec.
DATOS DEL ENSAYO:
Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Resistencia de Materiales.
Dirección: Ambato/Catigлата, Toronto y Rio de Janeiro.
Método de ensayo: ASTM D3039/D3039M. Método de prueba estándar para propiedades de tracción de materiales compuestos de matriz polimérica.
Tipo de ensayo: Cuantitativo.
Tipo de probeta: Plana.
Equipo utilizado: Máquina de ensayos universal para metales Metro test 1500 KN.
Modelo: STH-1500 S/C. **Serie:** 8802M001.
Velocidad de ensayo: 5 mm/min. **Precarga:** 0,01 N.
Fecha Inicio de Ensayo: 2021/02/18. **Fecha Finalización de Ensayo:** 2021/02/18.
Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en *probetas de material compuesto: Fibra de vidrio con malla de acero galvanizado e inoxidable*. Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del CFPMC del H. Gobierno Provincial de Tungurahua.

OBJETOS DE ENSAYO

Número de Probetas cuantificadas

N°	Identificación de probetas	Fibra de vidrio	Refuerzo	Probetas a Ensayar
1	180436722320210205-ETC 01	1 capa	Malla de acero galvanizado	5
2	180436722320210205-ETC 02	2 capas	Malla de acero galvanizado	5
3	180436722320210205-ETC 03	1 capa	Malla de acero inoxidable	5
4	180436722320210205-ETC 04	2 capas	Malla de acero inoxidable	5
Total				20

Observaciones: La fabricación de la probeta para la ejecución del ensayo es responsabilidad del cliente.

Nota: Este informe no significa certificación de calidad, no debe ser reproducido total ni parcialmente.

Elaborado por: Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC.	Aprobado por: Ing. Jorge Rodas B. MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC.

Lugar y fecha de emisión de Informe: Ambato, 18 de febrero de 2021.

N°. Factura: 001-002-000010292.



Resultados:

N°	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	Desplazamiento mm.	% Elongación (Calculado)	Tipo de falla evaluado
				Ancho	Espesor						
1	180436722320210205-ETC 01-1	21,1	54,9	25,12	3,45	3850,00	44,42	4220,18	1,579	1,053	LIT
2	180436722320210205-ETC 01-2	21,1	54,9	27,33	2,63	3050,00	42,43	2563,42	2,483	1,655	LGB
3	180436722320210205-ETC 01-3	21,1	54,9	25,70	3,49	2600,00	28,99	3629,52	1,198	0,799	LGM
4	180436722320210205-ETC 01-4	21,1	54,9	26,57	3,18	2700,00	31,96	3707,13	1,293	0,862	LGB
5	180436722320210205-ETC 01-5	21,1	54,9	23,23	2,97	2100,00	30,44	4348,26	1,050	0,700	LGB
				Promedio \bar{x}		2860,000	35,648	3693,702	1,521	1,014	
				Desviación estándar S_{n-1}		649,423	7,215	704,889	0,572	0,381	
				Coeficiente de variación CV		22,707	20,239	19,084	37,591	37,591	

N°	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	Desplazamiento mm.	% Elongación (Calculado)	Tipo de falla evaluado
				Ancho	Espesor						
6	180436722320210205-ETC 02-1	22,4	50,9	23,63	4,94	4950,00	42,40	1917,61	3,317	2,211	LFB
7	180436722320210205-ETC 02-2	22,4	50,9	25,64	3,37	4200,00	48,61	1976,44	3,689	2,459	LAB
8	180436722320210205-ETC 02-3	22,4	50,9	26,28	4,60	5650,00	46,74	2188,77	3,203	2,135	LAB
9	180436722320210205-ETC 02-4	22,4	50,9	25,36	4,13	4400,00	42,01	2372,56	2,656	1,771	LAB
10	180436722320210205-ETC 02-5	22,4	50,9	25,19	4,83	5800,00	47,67	2728,20	2,621	1,747	LAB
				Promedio \bar{x}		5000,000	45,486	2236,716	3,097	2,065	
				Desviación estándar S_{n-1}		718,505	3,068	328,589	0,456	0,304	
				Coeficiente de variación CV		14,370	6,746	14,691	14,718	14,718	



N°	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	Desplazamiento mm.	% Elongación (Calculado)	Tipo de falla evaluado
				Ancho	Espesor						
11	180436722320210205-ETC-03-1	22,1	50,1	24,86	3,73	3200,00	34,51	2537,47	2,040	1,360	LGM
12	180436722320210205-ETC-03-2	22,1	50,1	24,40	5,18	3450,00	27,30	2522,74	1,623	1,082	LIB
13	180436722320210205-ETC-03-3	22,1	50,1	23,14	4,02	3300,00	35,48	2197,06	2,422	1,615	LAT
14	180436722320210205-ETC-03-4	22,1	50,1	26,75	3,35	3150,00	35,15	2607,67	2,022	1,348	LAT
15	180436722320210205-ETC-03-5	22,1	50,1	25,96	3,64	3650,00	38,63	2509,31	2,309	1,539	LGT
				Promedio \bar{x}		3350,000	34,212	2474,849	2,083	1,389	
				Desviación estándar S_{n-1}		203,101	4,180	159,852	0,310	0,206	
				Coeficiente de variación CV		6,063	12,218	6,459	14,857	14,857	

N°	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	Desplazamiento mm.	% Elongación (Calculado)	Tipo de falla evaluado
				Ancho	Espesor						
16	180436722320210205-ETC-04-1	22,5	49,1	23,32	3,65	5300,00	62,27	2445,02	3,820	2,547	LGT
17	180436722320210205-ETC-04-2	22,5	49,1	22,97	3,94	5700,00	62,98	2741,53	3,446	2,297	LGB
18	180436722320210205-ETC-04-3	22,5	49,1	22,64	3,89	5350,00	60,75	3025,27	3,012	2,008	LIB
19	180436722320210205-ETC-04-4	22,5	49,1	23,03	3,92	5450,00	60,37	2858,40	3,168	2,112	LGM
20	180436722320210205-ETC-04-5	22,5	49,1	22,93	3,58	6050,00	73,70	2842,64	3,889	2,593	LIT
				Promedio \bar{x}		5570,000	64,013	2782,572	3,467	2,311	
				Desviación estándar S_{n-1}		309,435	5,520	214,409	0,387	0,258	
				Coeficiente de variación CV		5,555	8,624	7,705	11,167	11,167	

Nomenclatura:

Tipo de falla evaluado: El tipo de falla evaluado se lo realiza mediante los criterios de la norma ASTM D3039-2017.

Primer caracter	Tipo de falla	Segundo caracter	Área de la falla	Tercer caracter	Localización de falla
L	Lateral	A	En el agarre	T	Parte superior
X	Explosiva	I	Dentro del agarre	B	Parte Inferior
A	Angular	G	Zona calibrada	M	Medio

Observaciones: Ninguna



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carrocer



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Informe N°: 180436722320210205-ETC.	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa/Cliente: Darwin Iván Alomaliza Masaquiza.	
Dirección: Av. Galo Vela y Oyambaro, Ambato.	
Núm. de cédula/RUC: 1804367223.	Teléfono: +593983937750.
E-mail: adarwin7223@uta.edu.ec.	

DATOS INFORMATIVOS

Laboratorio: Resistencia de Materiales.

Designación del material:

Material compuesto: Fibra de vidrio con malta de acero galvanizado e inoxidable.

Método de ensayo:

ASTM D3039/D3039M-14. Método de prueba estándar para propiedades de tracción de materiales compuestos de matriz polimérica.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	180436722320210205-ETC 01-1	2021/02/10	2021/02/22	Cliente	Se entrega al cliente	
2	180436722320210205-ETC 01-2	2021/02/10	2021/02/22	Cliente	Se entrega al cliente	
3	180436722320210205-ETC 01-3	2021/02/10	2021/02/22	Cliente	Se entrega al cliente	
4	180436722320210205-ETC 01-4	2021/02/10	2021/02/22	Cliente	Se entrega al cliente	
5	180436722320210205-ETC 01-5	2021/02/10	2021/02/22	Cliente	Se entrega al cliente	

Código: RG-RM-003
Fecha de Elaboración: 06-07-2016
Fecha de última aprobación: 17-01-2017
Revisión: 3

HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS

Página 1 de 3

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
6	180436722320210205-ETC 02-1	2021/02/10	2021/02/22	Cliente	Se entrega al cliente	
7	180436722320210205-ETC 02-2	2021/02/10	2021/02/22	Cliente	Se entrega al cliente	
8	180436722320210205-ETC 02-3	2021/02/10	2021/02/22	Cliente	Se entrega al cliente	
9	180436722320210205-ETC 02-4	2021/02/10	2021/02/22	Cliente	Se entrega al cliente	
10	180436722320210205-ETC 02-5	2021/02/10	2021/02/22	Cliente	Se entrega al cliente	
11	180436722320210205-ETC 03-1	2021/02/10	2021/02/22	Cliente	Se entrega al cliente	
12	180436722320210205-ETC 03-2	2021/02/10	2021/02/22	Cliente	Se entrega al cliente	
13	180436722320210205-ETC 03-3	2021/02/10	2021/02/22	Cliente	Se entrega al cliente	
14	180436722320210205-ETC 03-4	2021/02/10	2021/02/22	Cliente	Se entrega al cliente	
15	180436722320210205-ETC 03-5	2021/02/10	2021/02/22	Cliente	Se entrega al cliente	
16	180436722320210205-ETC 04-1	2021/02/10	2021/02/22	Cliente	Se entrega al cliente	
17	180436722320210205-ETC 04-2	2021/02/10	2021/02/22	Cliente	Se entrega al cliente	
18	180436722320210205-ETC 04-3	2021/02/10	2021/02/22	Cliente	Se entrega al cliente	
19	180436722320210205-ETC 04-4	2021/02/10	2021/02/22	Cliente	Se entrega al cliente	
20	180436722320210205-ETC 04-5	2021/02/10	2021/02/22	Cliente	Se entrega al cliente	

Todas las muestras de los grupos ensayados por acuerdo se entregan al cliente, el CFPMC no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento de las mismas, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

	
Elaborado por: Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Aprobado por: Ing. Jorge Rodas B. MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC
 Cliente	



RECEPCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS

Informe N°: 180436722320210405-ETC.	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa/Cliente: Darwin Iván Alomaliza Masaquiza.	
Dirección: A. Galo Vela y Oyambaro, Ambato.	
Núm. de cédula/RUC: 1804367223.	Teléfono: +593983937750.
E-mail: adarwin7223@uta.edu.ec.	

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Resistencia de Materiales.
Designación del material: Material compuesto: Poliéster con malla de acero inoxidable y fibra de vidrio, curado al horno.
Método de ensayo: ASTM D3039/D3039M – 14. Método de prueba estándar para propiedades de tracción de materiales compuestos de matriz polimérica.

Número de Probetas cuantificadas

N	Identificación de probetas	Resina	Refuerzo	Curado	Probetas a Ensayar
1	180436722320210405-ETC 01	Poliéster	1 capa de Fibra de vidrio, 1 capa de Acero Inoxidable, 1 capa de Fibra de Vidrio	Horno a 45°C.	5
2	180436722320210405-ETC 02	Poliéster	1 capa de Fibra de vidrio, 1 capa de Acero Inoxidable, 1 capa de Fibra de Vidrio	Horno a 65°C.	5
Total					10

Nota: La fabricación de las probetas en tipo, cantidad y configuración es declarada por el cliente.



ENSAYO SOLICITADO			
No.	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	DESCRIPCIÓN	FECHAS RECEPCIÓN
1	180436722320210405-ETC 01-1	Cumple criterios dimensionales	2021/04/05
2	180436722320210405- ETC 01-2	Cumple criterios dimensionales	2021/04/05
3	180436722320210405- ETC 01-3	Cumple criterios dimensionales	2021/04/05
4	180436722320210405- ETC 01-4	Cumple criterios dimensionales	2021/04/05
5	180436722320210405- ETC 01-5	Cumple criterios dimensionales	2021/04/05
6	180436722320210405-ETC 02-1	Cumple criterios dimensionales	2021/04/05
7	180436722320210405- ETC 02-2	Cumple criterios dimensionales	2021/04/05
8	180436722320210405- ETC 02-3	Cumple criterios dimensionales	2021/04/05
9	180436722320210405- ETC 02-4	Cumple criterios dimensionales	2021/04/05
10	180436722320210405- ETC 02-5	Cumple criterios dimensionales	2021/04/05

NOTA: LA INFORMACIÓN CONSIGNADA EN ESTE FORMULARIO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL CLIENTE. POSTERIORMENTE A LA EJECUCIÓN DEL(LOS) ENSAYO(S) NO SE ADMITIRÁ ARREGLOS DE ESTA INFORMACIÓN NI DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS. FAVOR REVISAR ANTES DE SU FIRMA.

DATOS INFORMATIVOS: De acuerdo a los criterios de aceptación y rechazo las probetas cumplen con el número mínimo de muestras para el ensayo y en las dimensiones.

	
Elaborado por:	Aprobado por:
Ing. David Romero.	Ing. Jorge Rodas B. MEng.
Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC





LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES
ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS
INFORME DE RESULTADOS N°: 180436722320210405-ETC.

DATOS GENERALES

N° de proforma: RM_2021_017.
Empresa/Clientes: Darwin Iván Alomaliza Masaquiza.
RUC/C.I.: 1804367223.
Dirección: A. Galo Vela y Oyambaro, Ambato.
Teléfono: +593983937750. **Correo:** adarwin7223@uta.edu.ec.
DATOS DEL ENSAYO:
Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Resistencia de Materiales.
Dirección: Ambato/Catiglatá, Toronto y Río de Janeiro.
Método de ensayo: ASTM D3039/D3039M – 14. Método de prueba estándar para propiedades de tracción de materiales compuestos de matriz polimérica.
Tipo de ensayo: Cuantitativo.
Tipo de probeta: Plana.
Equipo utilizado: Máquina de ensayos universal para metales Metro test 1500 KN.
Modelo: STH-1500 S/C. **Serie:** 8802M001.
Velocidad de ensayo: 5 mm/min. **Precarga:** 0,01 N.
Fecha Inicio de Ensayo: 2021/04/06. **Fecha Finalización de Ensayo:** 2021/04/08.
Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en probetas de material compuesto de *Poliéster con malla de acero inoxidable y fibra de vidrio, curado al horno*. Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del CFPMC del H. Gobierno Provincial de Tungurahua.

OBJETOS DE ENSAYO

Número de Probetas cuantificadas

N	Identificación de probetas	Resina	Refuerzo	Curado	Probetas a Ensayar
1	180436722320210405-ETC 01	Poliéster	1 capa de Fibra de vidrio, 1 capa de Acero Inoxidable, 1 capa de Fibra de Vidrio	Horno a 45°C.	5
2	180436722320210405-ETC 02	Poliéster	1 capa de Fibra de vidrio, 1 capa de Acero Inoxidable, 1 capa de Fibra de Vidrio	Horno a 65°C.	5
Total					10

Observaciones: La fabricación de la probeta para la ejecución del ensayo es responsabilidad del cliente.

Nota: Este informe no significa certificación de calidad, no debe ser reproducido total ni parcialmente.

Elaborado por: Ing. David Romero. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Aprobado por: Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Aprobado por: Ing. Jorge Rodas B. MEng. Director Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMC

Lugar y fecha de emisión de Informe: Ambato, 08 de abril de 2021.

N°. Factura: 001-002-000010584.



Centro de Fomento Productivo
Metalmeccánico Carrizero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

Resultados:

Poliéster con 1 capa de Fibra de vidrio, 1 capa de Acero Inoxidable, 1 capa de Fibra de Vidrio, Curado al horno a 45°C.

Prueba	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	Desplazamiento	% Elongación (Calculado)	Tipo de falla evaluado
				Ancho	Espesor						
1	180436722320210405-ETC-01-1	22,1	54,7	25,46	4,20	6050,00	56,58	3313,82	2,561	1,707	LIB
2	180436722320210405-ETC-01-2	22,1	54,7	26,88	4,25	5700,00	49,89	3368,25	2,222	1,481	LGM
3	180436722320210405-ETC-01-3	22,1	54,7	27,38	4,10	5100,00	45,43	2764,57	2,465	1,643	LGT
4	180436722320210405-ETC-01-4	22,1	54,7	26,10	5,50	4250,00	29,61	3279,88	1,354	0,903	LGB
5	180436722320210405-ETC-01-5	22,1	54,7	23,74	6,00	4500,00	31,59	2842,73	1,667	1,111	LIT
				Promedio	\bar{x}	5120,000	42,621	3113,851	2,054	1,369	
				Desviación estándar	S_{x-1}	765,343	11,690	286,259	0,523	0,349	
				Coefficiente de variación	CV	14,948	27,428	9,193	25,463	25,463	



Poliéster con 1 capa de Fibra de vidrio, 1 capa de Acero Inoxidable, 1 capa de Fibra de Vidrio, Curado al horno a 65°C.

Probeta	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa)	Desplazamiento	% Elongación (Calculado)	Tipo de falla evaluado
				Ancho	Espesor						
6	180436722320210405-ETC 02-1	21,9	60,2	25,36	3,76	4350,00	45,62	3921,46	1,745	1,163	LIT
7	180436722320210405-ETC 02-2	21,9	60,2	25,08	3,46	4000,00	46,10	3670,01	1,884	1,256	LGT
8	180436722320210405-ETC 02-3	21,9	60,2	25,02	3,20	4700,00	58,70	4411,55	1,996	1,331	LGT
9	180436722320210405-ETC 02-4	21,9	60,2	25,68	3,64	5750,00	61,51	4808,26	1,919	1,279	LGB
10	180436722320210405-ETC 02-5	21,9	60,2	27,12	3,72	5300,00	52,53	3119,62	2,526	1,684	LGM
				Promedio	\bar{x}	4820,000	52,893	3986,178	2,014	1,343	
				Desviación estándar	S_{x-1}	707,637	7,199	654,186	0,300	0,200	
				Coefficiente de variación	CV	14,681	13,611	16,411	14,911	14,911	

Nomenclatura:

Tipo de falla evaluado: El tipo de falla evaluado se lo realiza mediante los criterios de la norma ASTM D3039-2017.

Primer caracter	Tipo de falla	Segundo caracter	Area de la falla	Tercer caracter	Localización de falla
L	Lateral	A	En el agarre	T	Parte superior
X	Explosiva	I	Dentro del agarre	B	Parte Inferior
A	Angular	G	Zona calibrada	M	Medio

Observaciones: Ninguna



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carrocero



Honorable Gobierno
Provincial de Tungurahua

HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Informe N°: 180436722320210405-ETC.	
DATOS DEL CLIENTE	
Empresa/Cliente: Darwin Iván Alomaliza Masaquiza.	
Dirección: A. Galo Vela y Oyambaro, Ambato.	
Núm. de cédula/RUC: 1804367223.	Teléfono: +593983937750.
E-mail: adarwin7223@uta.edu.ec.	

DATOS INFORMATIVOS

Laboratorio: Resistencia de Materiales.
Designación del material:
Material compuesto: Policéster con malla de acero inoxidable y fibra de vidrio, curado al horno.
Método de ensayo:
ASTM D3039/D3039M-14. Método de prueba estándar para propiedades de tracción de materiales compuestos de matriz polimérica.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	180436722320210405-ETC 01-1	2021/04/05	2021/04/08	Cliente	Se entrega al cliente	
2	180436722320210405- ETC 01-2	2021/04/05	2021/04/08	Cliente	Se entrega al cliente	
3	180436722320210405- ETC 01-3	2021/04/05	2021/04/08	Cliente	Se entrega al cliente	
4	180436722320210405- ETC 01-4	2021/04/05	2021/04/08	Cliente	Se entrega al cliente	
5	180436722320210405- ETC 01-5	2021/04/05	2021/04/08	Cliente	Se entrega al cliente	

Código: RG-RM-003
Fecha de Elaboración: 06-07-2016
Fecha de última aprobación: 17-01-2017
Revisión: 3

HOJA DE ALMACENAMIENTO
DE MUESTRAS

Página 1 de 2

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
						
6	180436722320210405-ETC 02-1	2021/04/05	2021/04/08	Cliente	Se entrega al cliente	
7	180436722320210405- ETC 02-2	2021/04/05	2021/04/08	Cliente	Se entrega al cliente	
8	180436722320210405- ETC 02-3	2021/04/05	2021/04/08	Cliente	Se entrega al cliente	
9	180436722320210405- ETC 02-4	2021/04/05	2021/04/08	Cliente	Se entrega al cliente	
10	180436722320210405- ETC 02-5	2021/04/05	2021/04/08	Cliente	Se entrega al cliente	

Todas las muestras de los grupos ensayados por acuerdo se entregan al cliente, el CFPMC no se responsabiliza por el mantenimiento y almacenamiento de las mismas, quedando a responsabilidad del cliente su resguardo.

		
Elaborado por: Ing. David Romero. Analista Técnico Area de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Aprobado por: Ing. Jorge Rodas B. MEng. Director Técnico Area de Ensayos e Inspecciones CFPMC	Recibido por: CLIENTE





Ensayo: FLEXIÓN EN MATERIAL COMPUESTO	
Información de contacto del cliente	
Nombre del solicitante: Sr Darwin Alomaliza	Empresa: -
Dirección: Av Galo Mera y Oyambaro	Ciudad: Ambato
Teléfono: 0983937750	Correo electrónico: adarwin7223@uta.edu.ec
Información del ensayo	
Norma de referencia: ASTM D 7264	Modo de ensayo: Flexión con carga aplicada en el centro
Fecha de ejecución: 7, 8, 9 de abril de 2021	Fecha de emisión del reporte: 13/04/2021
Velocidad de ensayo: 1 mm/min	Máquina de ensayo: SHIMADZU UHFx 500 kNx

ID	h (mm)	b (mm)	L (mm)	P (N)	δ (mm)	σ (MPa)	ϵ (mm/mm)	Tipo de falla
TA1-1	3.50	13.68	135.00	73.67	29.969	89.02	0.0345	OUU
TA1-2	3.18	13.30	130.00	102.76	30.990	148.99	0.0350	OUU
TA1-3	3.26	14.20	135.00	125.17	44.283	167.96	0.0475	OUU
TA1-4	3.00	14.20	130.00	89.96	37.485	137.26	0.0399	OUU
TA1-5	2.88	12.58	130.00	97.59	16.132	182.38	0.0165	OUU
\bar{X}	-	-	-	97.83	31.772	145.12	0.0347	-
S_{n-1}	-	-	-	18.82	10.460	35.82	0.0114	-
CV	-	-	-	19.24	32.922	24.69	32.97	-

TA1 70% resina de poliéster, Capa de fibra de vidrio + 1 capa de malla galvanizada. Curado 25°C

- h Espesor
- b Ancho
- L Distancia entre apoyos
- P Carga máxima
- δ Deflexión
- σ Esfuerzo de flexión máximo
- ϵ Deformación máxima

Ing. Daniel Falquez T.
Jefe del Laboratorio-responsable técnico
FCT-ESPOL

Observaciones
* El ensayo ha sido realizado con la muestra e información provista por el cliente
* Sin la aprobación del laboratorio no se debe reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad
Dirección: Guayaquil- Ecuador ; Campus Gustavo Galindo Velasco- Km. 30.5 Vía Perimetral – Facultad de Ingeniería en Ciencia de la Tierra (FCT) Laboratorio de Geotecnia y Construcción. ☎ (+593 4) 2269428





Ensayo: FLEXIÓN EN MATERIAL COMPUESTO	
Información de contacto del cliente	
Nombre del solicitante: Sr Darwin Alomaliza	Empresa: -
Dirección: Av Galo Mera y Oyambaro	Ciudad: Ambato
Teléfono: 0983937750	Correo electrónico: adarwin7223@uta.edu.ec
Información del ensayo	
Norma de referencia: ASTM D 7264	Modo de ensayo: Flexión con carga aplicada en el centro
Fecha de ejecución: 7, 8, 9 de abril de 2021	Fecha de emisión del reporte: 13/04/2021
Velocidad de ensayo: 1 mm/min	Máquina de ensayo: SHIMADZU UHFx 500 kNx

ID	h (mm)	b (mm)	L (mm)	P (N)	δ (mm)	σ (MPa)	ϵ (mm/mm)	Tipo de falla
TB1-1	3.60	12.40	130.00	135.74	25.002	164.71	0.0320	TLB
TB1-2	3.46	13.20	130.00	76.45	22.820	94.34	0.0280	TAB
TB1-3	3.34	13.20	130.00	115.24	24.560	152.61	0.0291	TLB
TB1-4	3.68	13.50	130.00	129.46	21.370	138.08	0.0279	TLB
TB1-5	3.80	13.10	130.00	114.28	14.554	117.81	0.0196	TLB
\bar{X}	-	-	-	114.23	21.661	133.51	0.0273	-
S_{n-1}	-	-	-	23.04	4.228	28.02	0.0046	-
CV	-	-	-	20.17	19.519	20.99	16.83	-

TB1 70% resina de poliéster. Capa de fibra de vidrio + 1 capa de malla galvanizada + 1 capa de fibra de vidrio. Curado 25°C

- h Espesor
- b Ancho
- L Distancia entre apoyos
- P Carga máxima
- δ Deflexión
- σ Esfuerzo de flexión máximo
- ϵ Deformación máxima

Ing. Daniel Falquez T.
Jefe del Laboratorio-responsable técnico
FICT-ESPOL

Observaciones
* El ensayo ha sido realizado con la muestra e información provista por el cliente
* Sin la aprobación del laboratorio no se debe reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad
Dirección: Guayaquil- Ecuador ; Campus Gustavo Galindo Velasco- Km. 30.5 Vía Perimetral - Facultad de Ingeniería en Ciencia de la Tierra (FICT) Laboratorio de Geotecnia y Construcción. ☎ (+593 4) 2269428





Ensayo: FLEXIÓN EN MATERIAL COMPUESTO	
Información de contacto del cliente	
Nombre del solicitante: Sr Darwin Alomaliza	Empresa: -
Dirección: Av Galo Mera y Oyambaro	Ciudad: Ambato
Teléfono: 0983937750	Correo electrónico: adarwin7223@uta.edu.ec
Información del ensayo	
Norma de referencia: ASTM D 7264	Modo de ensayo: Flexión con carga aplicada en el centro
Fecha de ejecución: 7, 8, 9 de abril de 2021	Fecha de emisión del reporte: 13/04/2021
Velocidad de ensayo: 1 mm/min	Máquina de ensayo: SHIMADZU UHFx 500 kNx

ID	h (mm)	b (mm)	L (mm)	P (N)	δ (mm)	σ (MPa)	ϵ (mm/mm)	Tipo de falla
TC1-1	3.00	13.64	130.00	54.28	38.738	86.22	0.0413	OUU
TC1-2	3.14	13.64	130.00	115.95	39.166	168.12	0.0437	OUU
TC1-3	2.86	13.00	130.00	135.42	34.004	248.34	0.0345	OUU
TC1-4	2.66	13.00	130.00	132.48	38.790	280.85	0.0366	OUU
TC1-5	3.10	13.50	130.00	130.26	22.722	195.79	0.0250	TLB
\bar{X}	-	-	-	113.68	34.684	195.87	0.0362	-
S_{n-1}	-	-	-	34.04	7.017	75.45	0.0072	-
CV	-	-	-	29.94	20.230	38.52	19.98	-

TC1 70% resina de poliéster. Capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable. Curado 25°C

- h Espesor
- b Ancho
- L Distancia entre apoyos
- P Carga máxima
- δ Deflexión
- σ Esfuerzo de flexión máximo
- ϵ Deformación máxima

Ing. Daniel Falquez T.
Jefe del Laboratorio-responsable técnico
FICT-ESPOL

Observaciones
* El ensayo ha sido realizado con la muestra e información provista por el cliente
* Sin la aprobación del laboratorio no se debe reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad
Dirección: Guayaquil- Ecuador ; Campus Gustavo Galindo Velasco- Km. 30.5 Vía Perimetral – Facultad de Ingeniería en Ciencia de la Tierra (FICT) Laboratorio de Geotecnia y Construcción. ☎ (+593 4) 2269428





Ensayo: FLEXIÓN EN MATERIAL COMPUESTO	
Información de contacto del cliente	
Nombre del solicitante: Sr Darwin Alomaliza	Empresa: -
Dirección: Av Galo Mera y Oyambaro	Ciudad: Ambato
Teléfono: 0983937750	Correo electrónico: adarwin7223@uta.edu.ec
Información del ensayo	
Norma de referencia: ASTM D 7264	Modo de ensayo: Flexión con carga aplicada en el centro
Fecha de ejecución: 7, 8, 9 de abril de 2021	Fecha de emisión del reporte: 13/04/2021
Velocidad de ensayo: 1 mm/min	Máquina de ensayo: SHIMADZU UHFx 500 kNx

ID	h (mm)	b (mm)	L (mm)	P (N)	δ (mm)	σ (MPa)	ϵ (mm/mm)	Tipo de falla
TD1-1	4.00	13.50	130.00	162.28	35.595	146.51	0.0505	TLB
TD1-2	4.00	13.70	130.00	189.30	31.741	168.40	0.0451	TLB
TD1-3	4.00	13.86	130.00	166.81	18.320	146.68	0.0260	TAB
TD1-4	3.54	13.88	130.00	137.33	34.847	153.96	0.0438	TAB
TD1-5	4.12	14.10	130.00	139.55	25.566	113.70	0.0374	TLB
\bar{X}	-	-	-	159.06	29.214	145.85	0.0406	-
S_{n-1}	-	-	-	21.44	7.260	20.06	0.0094	-
CV	-	-	-	13.48	24.851	13.75	23.13	-

TD1 70% resina de poliéster. Capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable + 1 capa de fibra de vidrio. Curado 25°C

- h Espesor
- b Ancho
- L Distancia entre apoyos
- P Carga máxima
- δ Deflexión
- σ Esfuerzo de flexión máximo
- ϵ Deformación máxima

Ing. Daniel Falquez T.
Jefe del Laboratorio-responsable técnico
FICT-ESPOL

Observaciones
* El ensayo ha sido realizado con la muestra e información provista por el cliente
* Sin la aprobación del laboratorio no se debe reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad
Dirección: Guayaquil- Ecuador ; Campus Gustavo Galindo Velasco- Km. 30.5 Vía Perimetral - Facultad de Ingeniería en Ciencia de la Tierra (FICT) Laboratorio de Geotecnia y Construcción. (+593 4) 2269428



Ensayo: FLEXIÓN EN MATERIAL COMPUESTO	
Información de contacto del cliente	
Nombre del solicitante: Sr Darwin Alomaliza	Empresa: -
Dirección: Av Galo Mera y Oyambaro	Ciudad: Ambato
Teléfono: 0983937750	Correo electrónico: adarwin7223@uta.edu.ec
Información del ensayo	
Norma de referencia: ASTM D 7264	Modo de ensayo: Flexión con carga aplicada en el centro
Fecha de ejecución: 13/04/2021	Fecha de emisión del reporte: 14/04/2021
Velocidad de ensayo: 1 mm/min	Máquina de ensayo: SHIMADZU UHFx 500 kNx

ID	h (mm)	b (mm)	L (mm)	P (N)	δ (mm)	σ (MPa)	ϵ (mm/mm)	Tipo de falla
TD2_1	4.00	13.40	130.00	34.97	7.567	31.81	0.0107	TAB
TD2_2	3.60	12.80	130.00	106.26	26.880	124.91	0.0344	TLB
TD2_3	4.30	12.84	130.00	125.73	9.074	103.27	0.0139	TLB
TD2_4	4.80	12.68	130.00	100.93	10.678	67.37	0.0182	TAB
TD2_5	4.50	13.38	130.00	79.16	11.082	56.97	0.0177	TLB
\bar{X}	-	-	-	89.41	13.056	76.86	0.0190	-
S_{n-1}	-	-	-	34.66	7.852	37.15	0.0091	-
CV	-	-	-	38.76	60.143	48.34	48.08	-

TD2 70% resina de poliéster. Capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable + 1 capa de fibra de vidrio. Curado 45°C

- h Espesor
- b Ancho
- L Distancia entre apoyos
- P Carga máxima
- δ Deflexión
- σ Esfuerzo de flexión máximo
- ϵ Deformación máxima

Ing. Daniel Falquez T.

Observaciones
* El ensayo ha sido realizado con la muestra e información provista por el cliente
* Sin la aprobación del laboratorio no se debe reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad

Ensayo: FLEXIÓN EN MATERIAL COMPUESTO	
Información de contacto del cliente	
Nombre del solicitante: Sr Darwin Alomaliza	Empresa: -
Dirección: Av Galo Mera y Oyambaro	Ciudad: Ambato
Teléfono: 0983937750	Correo electrónico: adarwin7223@uta.edu.ec
Información del ensayo	
Norma de referencia: ASTM D 7264	Modo de ensayo: Flexión con carga aplicada en el centro
Fecha de ejecución: 13/04/2021	Fecha de emisión del reporte: 14/04/2021
Velocidad de ensayo: 1 mm/min	Máquina de ensayo: SHIMADZU UHFx 500 kNx

ID	h (mm)	b (mm)	L (mm)	P (N)	δ (mm)	σ (MPa)	ϵ (mm/mm)	Tipo de falla
TD3-1	3.74	12.70	130.00	124.46	15.620	136.62	0.0207	TAB
TD3-2	3.48	13.70	130.00	65.80	15.320	77.34	0.0189	TLB
TD3-3	3.00	12.76	130.00	28.21	12.050	47.90	0.0128	TLB
TD3-4	3.54	12.66	130.00	39.26	12.880	48.26	0.0162	TAB
TD3-5	2.78	13.58	130.00	91.16	16.330	169.38	0.0161	TAB
\bar{X}	-	-	-	69.78	14.440	95.90	0.0170	-
S_{n-1}	-	-	-	39.12	1.863	54.72	0.0030	-
CV	-	-	-	56.07	12.902	57.06	17.81	-

70% resina de poliéster. Capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable + 1 capa de fibra de vidrio. Curado 65°C

- h Espesor
b Ancho
L Distancia entre apoyos
P Carga máxima
 δ Deflexión
 σ Esfuerzo de flexión máximo
 ϵ Deformación máxima


Ing. Daniel Falquez T.

Observaciones
* El ensayo ha sido realizado con la muestra e información provista por el cliente
* Sin la aprobación del laboratorio no se debe reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad



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

RESISTENCIA DE IMPACTO SEGÚN ASTM D 5628-10

ABRIL DE 2021

AMBATO-ECUADOR

INFORME TÉCNICO **CTT-0020-2021**

Objetivo

- Establecer y mantener un método para evaluar la energía media de impacto en polímeros.

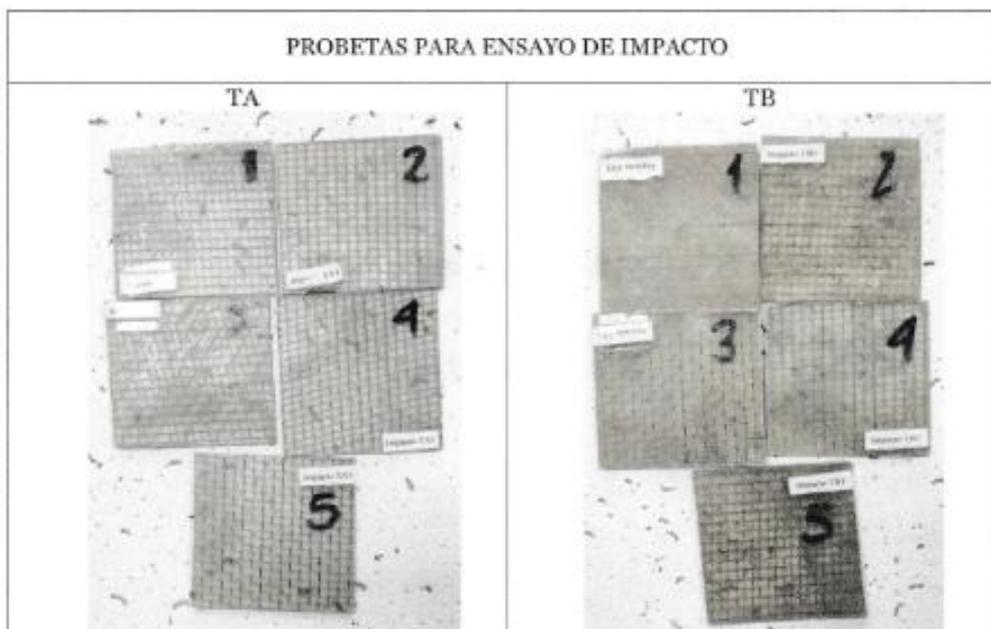
Alcance

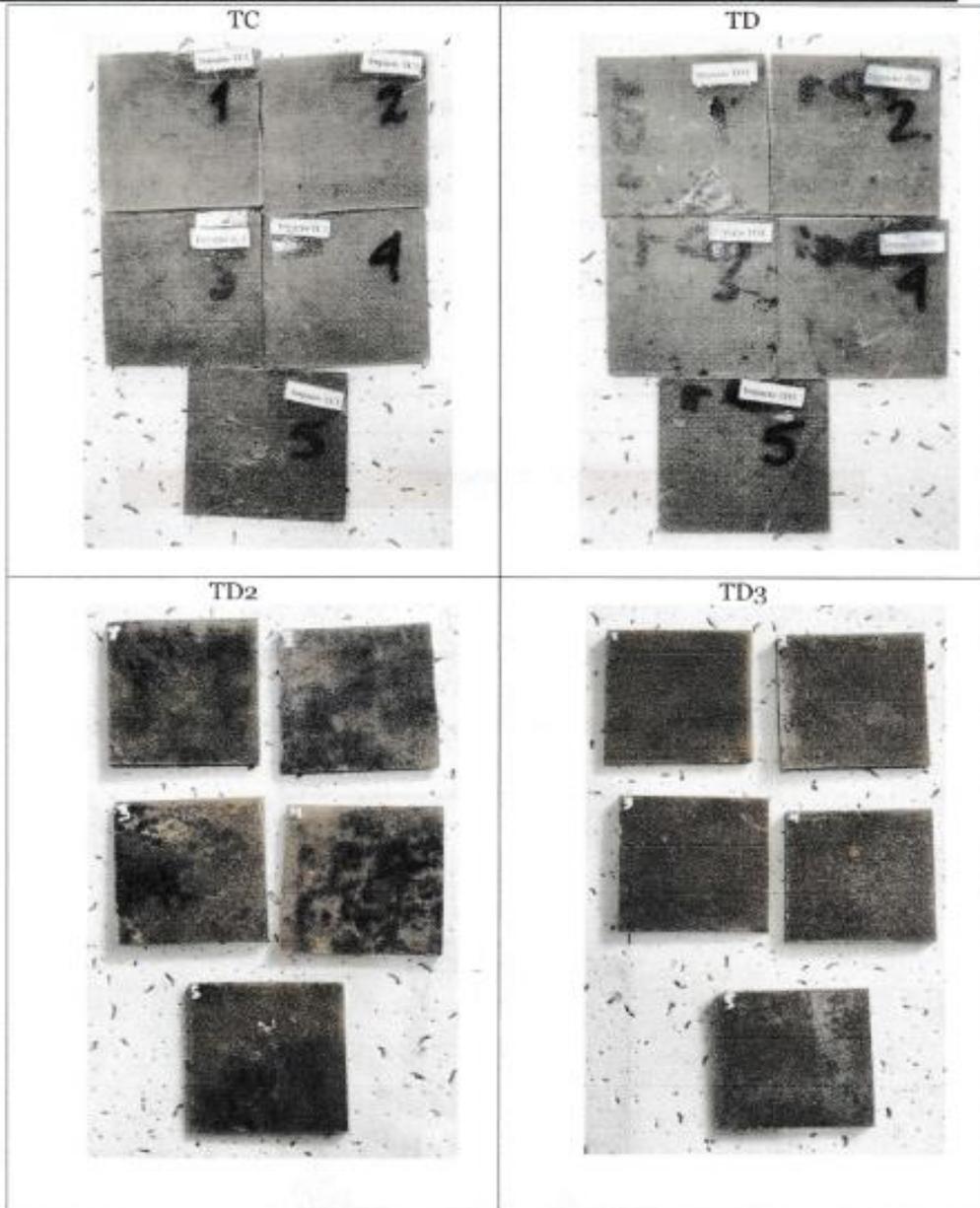
Determinación de energía necesaria para el fallo de polímeros por impacto de dardo según las especificaciones señaladas en la norma ASTM D 5628-10.

ANTECEDENTES:

Con fecha 03 de abril de 2021, el Señor. Darwin Iván Alomaliza Masaquiza egresado de la Universidad Técnica de Ambato 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, realizar ensayos de laboratorio para medir la energía media de impacto en muestras de material compuesto.

Se reciben 36 muestras o probetas, en 6 grupos de probetas bajo las designaciones: TA, TB, TC, TD, TD2 Y TD3) con la numeración de 01 a 30 (Probetas para ensayo de Impacto en Material Compuesto de resina poliéster reforzado con fibra de vidrio y malla de acero); se realizó un ensayo piloto de una probeta por cada grupo para comprobar la factibilidad de que las probetas puedan ser ensayadas. Posterior a ello se ensayó un total de 30 probetas, de dimensiones de 58 x 58. Todas las probetas presentan superficies lisas.





PROCESO GENERAL:

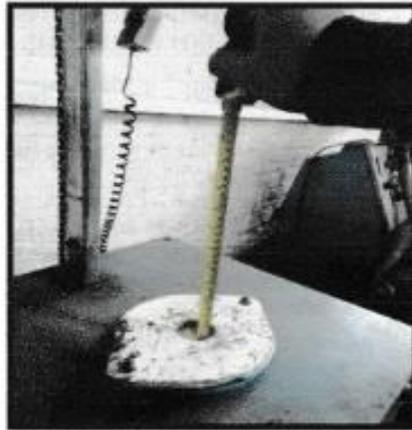
- Determinación de número de especímenes para cada muestra.
- Mantener hermetizadas las muestras hasta el ensayo y marcarlas para su identificación.
- Preparación de la máquina de ensayos para la geometría preestablecida (FA, FB, FC, FD, FE) en este caso para el tipo FE dadas las dimensiones de la probeta.

Geometría	Diámetro de la Probeta mm	Probeta Cuadrada mm
FA	89	89
FB	51	51
FC	140	140
FD	89	89
FE	58	58

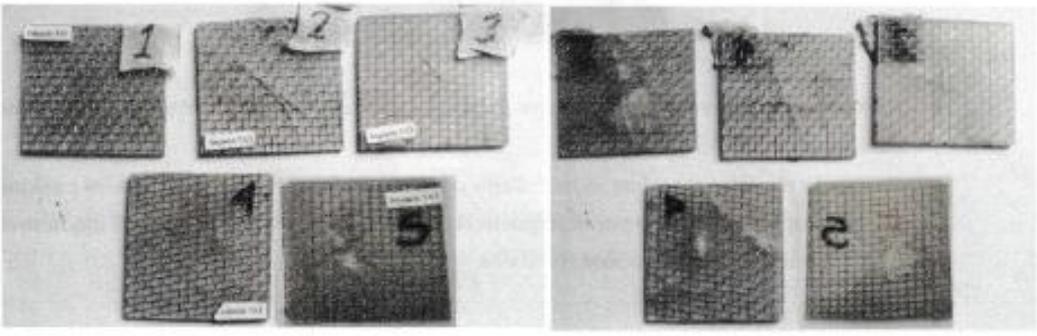
- Medición y registro del espesor de cada muestra, el cual se muestra en los resultados del ensayo.
- Realizar la prueba de impacto con probetas de calibración, fuera de los grupos mostrados anteriormente y localizamos el rango de falla del material.
- Se colocan las mordazas utilizando una fuerza que permita la inmovilidad de la probeta al momento del impacto.

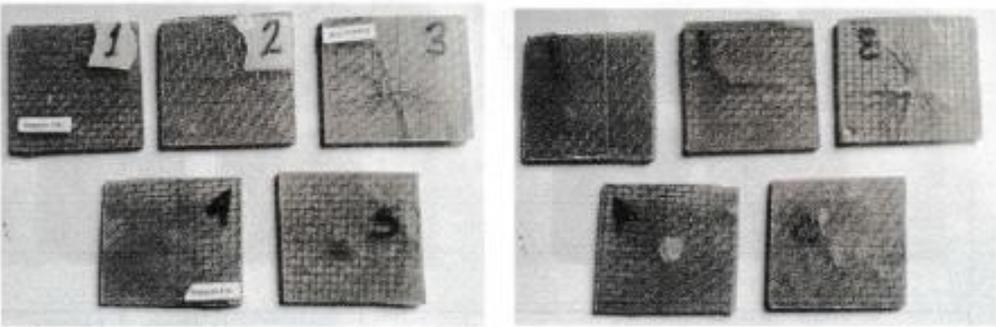


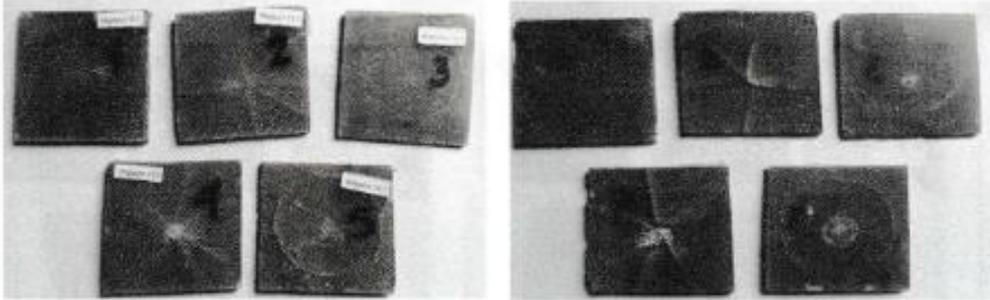
- Colocar la masa a la altura preestablecida, según el método de prueba seleccionado.

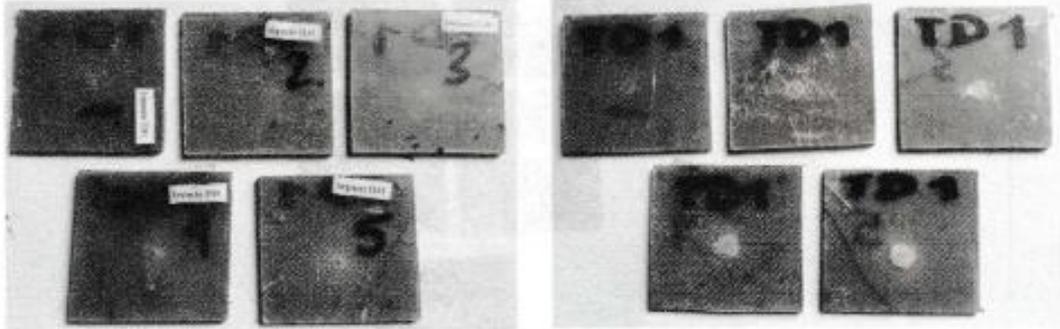


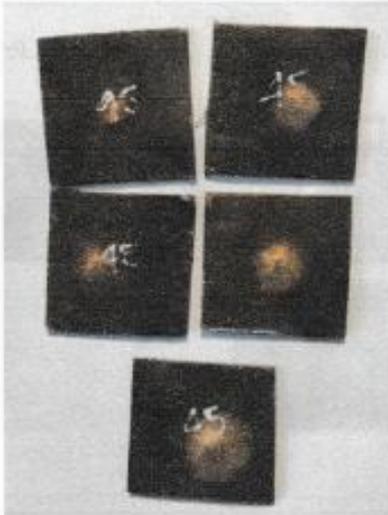
- Se libera el dardo asegurándonos que golpee justo en el centro de la muestra, impidiendo cualquier rebote del dardo.
- Retirar la muestra y revisar si ha fallado o no. Considerando que una falla es cualquier grieta o ruptura generado por el impacto el cual pueda ser distinguido por el ojo humano bajo luz normal en condiciones normales.

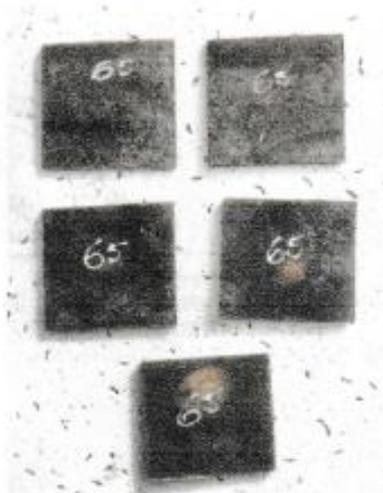
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA								
Centro de Transferencia y Tecnología								
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS								
DATOS INFORMATIVOS:								
Fecha:	09/04/2021			Ciudad:	Ambato			
Lugar:	Laboratorios de Materiales				Campus Huachi			
Equipo:	Maquina tipo caída de masas de Impacto							
Realizado por:	Ing. Sebastián Villegas S.							
Tipo de material:	Material polimérico - Código TA				Orden:			
PARÁMETROS DE ENSAYO								
Tipo de Medición:	Energía Media de Impacto (J)			Norma:	ASTM D5628-10			
Dimensiones (mm):	58mm x 58mm			Nº de probetas:	5			
								
CODIFICACIÓN (%fibra)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Espesor(mm)	Masa aplicada (kg)	Incremento de masa (kg)	Altura media de fallo (mm)	Energía media de fallo (J)	Criterio de falla
TA - 01	59,39	57,94	2,53	0,232	0	100	0,2275	No falla
TA - 02	60,37	57,34	3,20	0,232	0	200	0,4551	Falla
TA - 03	60,31	56,42	2,85	0,232	0	300	0,6827	Falla
TA - 04	58,60	61,20	2,68	0,232	0	400	0,9103	Falla
TA - 05	58,89	59,44	2,60	0,232	0	500	1,1379	Falla

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA								
Centro de Transferencia y Tecnología								
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS								
DATOS INFORMATIVOS:								
Fecha:	09/04/2021			Ciudad:	Ambato			
Lugar:	Laboratorios de Materiales				Campus Huachi			
Equipo:	Maquina tipo caída de masas de Impacto							
Realizado por:	Ing. Sebastián Villegas S.							
Tipo de material:	Material polimérico – Código TB				Orden:			
PARÁMETROS DE ENSAYO								
Tipo de Medición:	Energía Media de Impacto (J)			Norma:	ASTM D5628-10			
Dimensiones (mm):	58mm x 58mm			Nº de probetas:	5			
								
CODIFICACIÓN (%fibra)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Espesor(mm)	Masa aplicada (kg)	Incremento de masa (kg)	Altura media de fallo (mm)	Energía media de fallo (J)	Criterio de falla
TB – 01	57,79	60,01	4,56	0,232	0	100	0,2275	No falla
TB – 02	56,6	59,05	4,15	0,232	0	200	0,4551	No falla
TB – 03	60,48	58,04	4,87	0,232	0	300	0,6827	Falla
TB – 04	58,53	57,56	3,5	0,232	0	400	0,9103	Falla
TB – 05	57,21	58,29	4,44	0,232	0	500	1,1379	Falla

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA								
Centro de Transferencia y Tecnología								
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS								
DATOS INFORMATIVOS:								
Fecha:	09/0/2021			Ciudad:	Ambato			
Lugar:	Laboratorios de Materiales				Campus Huachi			
Equipo:	Maquina tipo caída de masas de Impacto							
Realizado por:	Ing. Sebastián Villegas S.							
Tipo de material:	Material polimérico – Código TC				Orden:			
PARÁMETROS DE ENSAYO								
Tipo de Medición:	Energía Media de Impacto (J)			Norma:	ASTM D5628-10			
Dimensiones (mm):	58mm x 58mm			Nº de probetas:	5			
								
CODIFICACIÓN (%fibra)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Espesor(mm)	Masa aplicada (kg)	Incremento de masa (kg)	Altura media de fallo (mm)	Energía media de fallo (J)	Criterio de falla
TC - 01	58,02	59,21	3,58	0,232	0	100	0,2275	No falla
TC - 02	57,33	57,48	4,47	0,232	0	200	0,4551	Falla
TC - 03	57,36	59,24	3,39	0,232	0	300	0,6827	Falla
TC - 04	57,65	57,02	4,53	0,232	0	400	0,9103	Falla
TC - 05	57,52	56,87	4,5	0,232	0	500	1,1379	Falla

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA								
Centro de Transferencia y Tecnología								
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS								
DATOS INFORMATIVOS:								
Fecha:	09/04/2021			Ciudad:	Ambato			
Lugar:	Laboratorios de Materiales				Campus Huachi			
Equipo:	Maquina tipo caída de masas de Impacto							
Realizado por:	Ing. Sebastián Villegas S.							
Tipo de material:	Material polimérico – Código TD				Orden:			
Composición	1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable + 1 capa de fibra de vidrio.				Temperatura de curado 25°C			
PARÁMETROS DE ENSAYO								
Tipo de Medición:	Energía Media de Impacto (J)			Norma:	ASTM D5628-10			
Dimensiones (mm):	58mm x 58mm			Nº de probetas:	5			
								
CODIFICACIÓN (%fibra)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Espesor(mm)	Masa aplicada (kg)	Incremento de masa (kg)	Altura media de fallo (mm)	Energía media de fallo (J)	Criterio de falla
TD - 01	59,39	57,94	2,53	0,232	0	100	0,2275	No falla
TD - 02	60,37	57,34	3,20	0,232	0	200	0,4551	No falla
TD - 03	60,31	56,42	2,85	0,232	0	300	0,6827	No falla
TD - 04	58,60	61,20	2,68	0,232	0	400	0,9103	No falla
TD - 05	58,89	59,44	2,60	0,232	0	1000	1,1379	Falla

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA								
Centro de Transferencia y Tecnología								
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS								
DATOS INFORMATIVOS:								
Fecha:	09/04/2021			Ciudad:	Ambato			
Lugar:	Laboratorios de Materiales				Campus Huachi			
Equipo:	Maquina tipo caída de masas de Impacto							
Realizado por:	Ing. Sebastián Villegas S.							
Tipo de material:	Material polimérico – Código TD2				Orden:			
Composición	1 capa de fibra de vidrio + 1 capa de acero inoxidable + 1 capa de fibra de vidrio.				Temperatura de curado 45°C			
PARÁMETROS DE ENSAYO								
Tipo de Medición:	Energía Media de Impacto (J)			Norma:	ASTM D5628-10			
Dimensiones (mm):	58mm x 58mm			Nº de probetas:	5			
								
CODIFICACIÓN (%fibra)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Espesor(mm)	Masa aplicada (kg)	Incremento de masa (kg)	Altura media de fallo (mm)	Energía media de fallo (J)	Criterio de falla
TD2 – 01	59,39	57,94	2,53	0,232	0,615	60	0,4985	No falla
TD2 – 02	60,37	57,34	3,20	0,232	0,615	65	0,5400	No falla
TD2 – 03	60,31	56,42	2,85	0,232	0,615	72,5	0,6232	No Falla
TD2 – 04	58,60	61,20	2,68	0,232	0,615	80	0,6647	Falla
TD2 – 05	58,89	59,44	2,60	0,232	0,615	100	0,8309	Falla

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO								
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA								
Centro de Transferencia y Tecnología								
FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS								
DATOS INFORMATIVOS:								
Fecha:	09/04/2021		Ciudad:		Ambato			
Lugar:	Laboratorios de Materiales			Campus Huachi				
Equipo:	Maquina tipo caída de masas de Impacto							
Realizado por:	Ing. Sebastián Villegas S.							
Tipo de material:	Material polimérico – Código TD3				Orden:			
PARAMETROS DE ENSAYO								
Tipo de Medición:	Energía Media de Impacto (J)		Norma:		ASTM D5628-10			
Dimensiones (mm):	58mm x 58mm		Nº de probetas:		5			
								
CODIFICACIÓN (%fibra)	Ancho (mm)	Largo (mm)	Espesor(mm)	Masa aplicada (kg)	Incremento de masa (kg)	Altura media de fallo (mm)	Energía media de fallo (J)	Criterio de falla
TD3 - 01	59,39	57,94	2,53	0,232	0,615	60	0,4985	No falla
TD3 - 02	60,37	57,34	3,20	0,232	0,615	67,5	0,5608	No falla
TD3 - 03	60,31	56,42	2,85	0,232	0,615	69	0,5733	No Falla
TD3 - 04	58,60	61,20	2,68	0,232	0,615	75	0,6231	Falla
TD3 - 05	58,89	59,44	2,60	0,232	0,615	100	0,8309	Falla

Conclusiones

- Para las probetas tipo TA tienen una energía de fallo de 0,2275 J.
- Para las probetas tipo TB tienen una energía de fallo de 0,4551 J.
- Para las probetas tipo TC tienen una energía de fallo de 0,2245 J.
- Para las probetas tipo TD tienen una energía de fallo de 0,9103 J.
- Para las probetas tipo TD2 tienen una energía de fallo de 0,6232 J.
- Para las probetas tipo TD3 tienen una energía de fallo de 0,5733 J.
- Todas las probetas se las ensayó con el método de prueba E, las de los grupos TA, TB, TC, y TD con el dardo de 0,232 Kg y los grupos TD2 y TD3 con el dardo de 0,232 kg más un peso adicional de 0,615 kg, según lo especificado por la normativa ASTM D5628-10.



Ing. Sebastián Villegas S.
TÉCNICO DE LABORATORIO
INGENIERÍA MECÁNICA