



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTECTOR FRONTAL
PARA KARTING FABRICADO DE UN MATERIAL COMPUESTO
DE ABACÁ POLIÉSTER**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTOR:

WELLINGTON XAVIER SUPE GUAMANQUISPE

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTECTOR FRONTAL
PARA KARTING FABRICADO DE UN MATERIAL COMPUESTO
DE ABACÁ POLIÉSTER**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTOR: WELLINGTON XAVIER SUPE GUAMANQUISPE

DIRECTOR: ING. EDISON PATRICIO ABARCA PÉREZ

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Wellington Xavier Supe Guamanquispe

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Wellington Xavier Supe Guamanquispe, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 11 de diciembre del 2023

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized, overlapping letters and lines, likely representing the author's name.

Wellington Xavier Supe Guamanquispe
180453453-3

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTECTOR FRONTAL PARA KARTING FABRICADO DE UN MATERIAL COMPUESTO DE ABACÁ POLIÉSTER**, realizado por el señor: **WELLINGTON XAVIER SUPE GUAMANQUISPE**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Milton Israel Quinga Morales PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-12-11
Ing. Edison Patricio Abarca Pérez DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-12-11
Ing. Edwin Rodolfo Pozo Safla ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-12-11

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mis queridos padres, Anita Guamanquispe y German Supe, quienes han sido los pilares fundamentales para alcanzar este sueño, por forjar un hombre de bien, por depositar su confianza en mí, por enseñarme a ser perseverante y constante en el caminar de mi vida. Padres queridos pueden sentirse felices y orgullosos al ver que su hijo triunfo, alcanzó su sueño, siendo el logro mío pero el triunfo de ustedes. A mis hermanos Ismael Supe y Ricardo Ramírez por estar siempre pendientes de mí en todo momento, pero especialmente en los días más difíciles con palabras y acciones, por nunca dejarme solo a pesar de las diferencias, quiero decirles que los amo y al igual que ustedes me apoyaron para lograr mi sueño yo los apoyare hasta que todos triunfemos. A mi cuñadita Jessy quien me alentó a terminar mi carrera, a mis peques guerreros Jair y Keilly quienes me enseñaron amar a través de una pantalla, a quienes los voy a proteger y querer con toda mi vida. A mi querida Vane quien nunca me dejo rendirme, me apoyo incondicionalmente, me cuido en las buenas y en las malas, me brindo su amor, paciencia, comprensión, siempre me brindo fuerzas y palabras de aliento para poder superar cada obstáculo. De forma general a toda mi familia y amigos que me brindaron su apoyo, palabras de aliento y motivación. Con amor y gratitud.

Wellington

AGRADECIMIENTO

Quiero comenzar agradeciendo a mi querida virgen de Baños (Nuestra Señora del Rosario de Agua Santa) por cuidarme durante toda mi carrera universitaria, por escuchar cada una de mis oraciones, por brindarme el valor necesario para afrontar cada uno de los problemas físicos como emocionales, gracias por cubrirme con su manto durante todos estos años para así poder lograr mi tan anhelado sueño como es la culminación de mi carrera profesional, solo tu madrecita querida sabes cuantas lagrimas me costó alcanzar esta meta. Mi gratitud se extiende a las personas más importantes en mi vida mis padres Anita Guamanquispe y German Supe, por su apoyo incondicional tanto financiero como emocional, sus oraciones despertaron en mi la motivación y fe para conseguir finalizar mi meta académicas. Agradezco a mi querida Vane además a mis amigas como son Yajaira, Cynthia, Evelyn quienes a pesar de la distancia han sido las personas que me han apoyado con mensajes de ánimo cuando estaba a punto de tirar la toalla. A mis primos Esteban, Paul quienes han sido como mis hermanos brindándome la ayuda necesaria en todo este tiempo de estudios. Por último, quiero agradecer a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por la formación adquirida durante todos estos años en sus aulas, me siento muy orgulloso de formar parte de esta noble y prestigiosa institución.

Wellington

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xviii
RESUMEN.....	xix
SUMMARY	xx
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	2
1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 Justificación	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	3
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
CAPÍTULO II	4
2. Marco TEÓRICO	4
2.1 Historia del Karting	4
2.2 Go-Kart	6
2.3 Elementos estructurales de un karting	7
2.3.1 <i>Chasis</i>	7
2.3.2 <i>Ruedas</i>	9
2.3.3 <i>Motor</i>	10
2.3.3.1 <i>Admisión</i>	10
2.3.3.2 <i>Carburador</i>	11
2.3.3.3 <i>Escape</i>	11
2.3.3.4 <i>Bujía</i>	11
2.3.4 Sistema de dirección	12
2.3.4.1 <i>Volante</i>	12

2.3.4.2	<i>Barra de dirección</i>	12
2.3.4.3	<i>Rotulas</i>	12
2.3.5	<i>Cadena de transmisión</i>	13
2.3.6	<i>Sistema de frenado</i>	13
2.3.7	<i>Elementos fijos del karting</i>	13
2.4	Tipos de frontales	14
2.5	Materiales compuestos	20
2.5.1	<i>Regla de mezclas en los compuestos reforzados con fibra</i>	21
2.5.1.1	<i>Densidad de un material compuesto</i>	21
2.5.1.2	<i>Módulo de elasticidad</i>	21
2.5.2	<i>Componentes de un material compuesto</i>	21
2.5.3	<i>Propiedades mecánicas de un material compuesto</i>	22
2.6	Propiedades mecánicas de las fibras vegetales	22
2.7	Resina poliéster	23
2.7.1	<i>Propiedades de la resina poliéster</i>	23
2.7.2	<i>Curado</i>	24
2.8	Fibra	24
2.8.1	<i>Fibra natural de plátano</i>	24
2.8.2	<i>Fibra natural de abacá</i>	25
2.8.3	<i>Componentes de la fibra de abacá</i>	26
2.8.4	<i>Características de la fibra de abacá</i>	26
2.8.5	<i>Aplicaciones</i>	27
2.8.6	<i>Fabricación de la fibra de abacá</i>	28
2.9	Ensayos destructivos para la caracterización de un material compuesto	28
2.10	Ensayos de tracción	29
2.11	Ensayo de flexión	30
2.12	Método de elementos finitos (MEF)	30
2.13	Normas INEN	31
2.13.1	<i>NTE INEN 2043</i>	32

2.13.1.1	<i>Probeta Tipo A</i>	32
2.13.1.2	<i>Probeta Tipo B1 y B2</i>	33
2.13.1.3	<i>Probeta Tipo D1 y D2</i>	33
2.13.2	<i>NTE INEN 2047</i>	35
CAPÍTULO III		37
3.	Metodología	37
3.1	Métodos de Investigación	37
3.1.1	<i>Método Inductivo</i>	37
3.1.2	<i>Método Deductivo</i>	37
3.1.3	<i>Método experimental</i>	37
3.2	Diagrama Metodológico	37
3.3	Población y muestra	39
3.3.1	<i>Población</i>	39
3.3.2	<i>Tamaño de muestra</i>	39
3.4	Plan para procesamiento y análisis de datos	40
3.4.1	<i>Preparación de la fibra</i>	40
3.4.2	<i>Obtención de la fibra</i>	40
3.4.2.1	<i>Talado</i>	40
3.4.2.2	<i>Tuxeado</i>	41
3.4.2.3	<i>Desfibrado</i>	42
3.4.2.4	<i>Secado</i>	42
3.4.2.5	<i>Recolección y envío</i>	43
3.4.3	<i>Selección de la fibra</i>	43
3.4.4	<i>Selección de la variación de la mezcla</i>	45
3.4.5	<i>Densidad de la fibra de abacá</i>	45
3.4.6	<i>Densidad del refuerzo</i>	46
3.4.7	<i>Densidad del material compuesto</i>	46
3.4.8	<i>Elaboración de los moldes</i>	47
3.4.9	<i>Determinación del volumen del molde</i>	47

3.4.10	<i>Cálculo de la fracción másica</i>	48
3.4.11	<i>Elaboración de probetas</i>	49
3.4.12	<i>Curado</i>	51
3.5	Caracterización del elemento	51
3.5.1	<i>Caracterización del ensayo de tracción</i>	52
3.5.2	<i>Caracterización del ensayo de flexión</i>	52
3.6	Proceso de fabricación del frontal del karting	53
3.6.1	<i>Diseño de la pieza</i>	53
3.6.2	<i>Elaboración del molde</i>	53
3.6.3	<i>Preparar la fibra</i>	54
3.6.4	<i>Preparación del molde</i>	54
3.6.5	<i>Preparación de la resina</i>	55
3.6.6	<i>Aplicación de la resina y fibra</i>	55
3.6.7	<i>Inicio del ciclo de curado</i>	56
3.6.8	<i>Fin del ciclo de curado</i>	56
3.6.9	<i>Preparación de pieza</i>	57
3.7	Diseño del frontal del karting	57
3.8	Caracterización del material compuesto	59
3.9	Factores representativos de un karting eléctrico y un karting de combustión interna	60
3.10	Implementación en el programa ANSYS del material alternativo con fibra de abacá	60
3.10.1	<i>Static Structural</i>	61
3.10.2	<i>Engineering Data</i>	61
3.10.3	<i>Geometry</i>	62
3.10.4	<i>Model</i>	63
3.10.5	<i>Result</i>	63
	CAPÍTULO IV	65
4.	Análisis e interpretación de resultados	65

4.1	Análisis de la influencia de los materiales poliméricos compuesto de fibra de vidrio y fibra de abacá.....	65
4.2	Resultados de las pruebas de Tracción, Flexión.....	66
<i>4.2.1</i>	<i>Resultados de los ensayos de tracción.....</i>	<i>66</i>
<i>4.2.2</i>	<i>Caracterización de fallas en probetas.....</i>	<i>68</i>
<i>4.2.3</i>	<i>Resultados de las pruebas de flexión.....</i>	<i>69</i>
<i>4.2.4</i>	<i>Configuración de fibra tejida de dos capas.....</i>	<i>71</i>
4.3	Pasos para la obtención del modelo computacional.....	73
<i>4.3.1</i>	<i>Modelo CAD del frontal del karting.....</i>	<i>73</i>
<i>4.3.2</i>	<i>Datos para simulación de un análisis estático.....</i>	<i>74</i>
<i>4.3.3</i>	<i>Mallado.....</i>	<i>74</i>
4.4	Resultados de la simulación del análisis estático.....	76
<i>4.4.1</i>	<i>Simulación de fuerza frontal en el análisis estático.....</i>	<i>76</i>
<i>4.4.2</i>	<i>Simulación de fuerza vertical en el análisis estático.....</i>	<i>77</i>
<i>4.4.3</i>	<i>Simulación de fuerza lateral en el análisis estático.....</i>	<i>78</i>
4.5	Resultados de la simulación del análisis dinámico.....	79
<i>4.5.1</i>	<i>Simulación de impacto frontal en el análisis dinámico con la fibra de abacá.....</i>	<i>79</i>
<i>4.5.2</i>	<i>Resultados de la energía interna y deformación de la fibra de abacá en el análisis dinámico.....</i>	<i>80</i>
<i>4.5.3</i>	<i>Simulación de impacto frontal en el análisis dinámico con la fibra de vidrio.....</i>	<i>80</i>
<i>4.5.4</i>	<i>Resultados de la energía interna y deformación de la fibra de vidrio en el análisis dinámico.....</i>	<i>81</i>
4.6	Análisis de la influencia del material compuesto en la deformación del frontal del karting.....	82
<i>4.6.1</i>	<i>Características del modelo de material compuesto con fibra de abacá.....</i>	<i>82</i>
<i>4.6.2</i>	<i>Análisis e interpretación de resultados de los desplazamientos y deformaciones....</i>	<i>83</i>
4.7	Costos.....	84
CAPÍTULO V.....		85
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	85
5.1	Conclusiones.....	85

5.2 Recomendaciones 86

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Dimensiones del karting.....	8
Tabla 2-2: Presiones de las ruedas.....	9
Tabla 2-3: Homologación 209-CA-08.....	14
Tabla 2-4: Homologación 55-C-09.....	15
Tabla 2-5: Homologación 017-BF-77.....	16
Tabla 2-6: Homologación 50-CA-20.....	16
Tabla 2-7: Homologación 101-CA-20.....	17
Tabla 2-8: Homologación 31-CA-11.....	17
Tabla 2-9: Homologación 87-CA-14.....	18
Tabla 2-10: Homologación 017-BF-60.....	19
Tabla 2-11: Homologación 103-CA-14.....	19
Tabla 2-12: Ventajas y desventajas de los refuerzos en material compuesto en fibras naturales.	23
Tabla 2-13: Propiedades de la fibra de plátano.....	25
Tabla 2-14: Propiedades de la fibra de abacá.....	26
Tabla 2-15: Dimensiones de las probetas Tipo A.....	32
Tabla 2-16: Dimensiones de las probetas Tipo B1 y B2.....	33
Tabla 2-17: Dimensiones de la probeta Tipo D1.....	34
Tabla 2-18: Dimensiones de la probeta Tipo D2.....	35
Tabla 2-19: Dimensiones de las probetas.....	36
Tabla 3-1: Configuración de compuestos matriz, refuerzo de las probetas.....	39
Tabla 3-2: Número de probetas para ensayos.....	39
Tabla 3-3: Características de la fibra de abacá.....	40
Tabla 3-4: Configuración de las mezclas con resina y demás compuestos.....	45
Tabla 3-5: Densidad del refuerzo de fibras naturales.....	46
Tabla 3-6: Características de la resina poliéster cobaltada.....	46
Tabla 3-7: Características de las probetas para ensayos a tracción.....	52
Tabla 3-8: Características de las probetas para ensayos a flexión.....	52
Tabla 3-9: Proceso de la elaboración del frontal del karting en un programa CAD.....	57
Tabla 3-10: Características del motor eléctrico y MCI de un karting.....	60
Tabla 3-11: Establecimiento de parámetros.....	61
Tabla 4-1: Parámetros de trabajo en el proceso de laminado para autopartes.....	65
Tabla 4-2: Comparación de las propiedades mecánicas de las fibras.....	66

Tabla 4-3: Informe de los ensayos a tracción del material termoestable de fibra de Abacá.....	67
Tabla 4-4: Informe de los ensayos a flexión del material termoestable de fibra de Abacá.....	69
Tabla 4-5: Nomenclatura de las probetas después de los ensayos de tracción	72
Tabla 4-6: Cuadro comparativo del elemento de malla y su interpretación.....	75
Tabla 4-7: Resultados del análisis estático	84
Tabla 4-8 Tabla de costos	84

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Primer karting creado en agosto de 1956 en California (EE. UU.)	4
Ilustración 2-2: Carreras de karting en Italia, Alemania, entre otros.	5
Ilustración 2-3: Categoría denominada formula K de 100 a 135 CC.	6
Ilustración 2-4: Dimensiones del karting	7
Ilustración 2-5: Sistema de dirección	12
Ilustración 2-6: Protectores plásticos del karting	14
Ilustración 2-7: Frontal homologado 209-CA-08.....	15
Ilustración 2-8: Frontal homologado 55-C-09.....	15
Ilustración 2-9: Frontal homologado 017-BF-77	16
Ilustración 2-10: Frontal homologado 50-CA-20.....	17
Ilustración 2-11: Frontal homologado 101-CA-20.....	17
Ilustración 2-12: Frontal homologado 31-CA-11.....	18
Ilustración 2-13: Frontal homologado 87-CA-14.....	18
Ilustración 2-14: Frontal homologado 017-BF-60.	19
Ilustración 2-15: Frontal homologado 103-CA-14.....	20
Ilustración 2-16: Materiales compuestos naturales (a) madera y (b) huesos.....	20
Ilustración 2-17: Configuración base de un material compuesto.	22
Ilustración 2-18: Algunas aplicaciones de abacá.....	28
Ilustración 2-19: Máquina de ensayos universal Metrotec 50 KN.	29
Ilustración 2-20: Codificación de fallas en pruebas de tracción.....	29
Ilustración 2-21: Máquina de ensayo a flexión SHIMADZU AGS - 50.....	30
Ilustración 2-22: Tipos de elementos (MEF).....	31
Ilustración 2-23: Probeta Tipo A.....	32
Ilustración 2-24: Probeta Tipo B1 y B2	33
Ilustración 2-25: Probeta Tipo D1.....	34
Ilustración 2-26: Probeta Tipo D2.....	35
Ilustración 2-27: Ubicación de la probeta durante el ensayo.	36
Ilustración 3-1: Obtención de la fibra de abacá.....	40
Ilustración 3-2: Sembradío de Abacá	41
Ilustración 3-3: Trabajador tuxeando.	41
Ilustración 3-4: Abacá en forma de tonguillos.	42
Ilustración 3-5: Maquina desfibradora.	42
Ilustración 3-6: Secado de la fibra.....	43
Ilustración 3-7: Fibra lista para venderla.....	43

Ilustración 3-8: Porción de fibra de abacá.....	44
Ilustración 3-9: Selección de la fibra.....	44
Ilustración 3-10: Cantidad de jabón artesanal	44
Ilustración 3-11: Moldes para los ensayos en acrílico.....	47
Ilustración 3-12: Sección transversal de la probeta en mm.....	48
Ilustración 3-13: Moldes y fibra.....	49
Ilustración 3-14: Ubicación de la fibra en el molde	49
Ilustración 3-15: Mezcla de los componentes químicos.....	50
Ilustración 3-16: Medición en masa del talco a ser agregado en la mezcla.....	50
Ilustración 3-17: Desmolde de probetas para ensayos de flexión y tracción.....	51
Ilustración 3-18: Probetas con trozos de lija para ensayos de tracción	51
Ilustración 3-19: Diseño del frontal del karting	53
Ilustración 3-20: Elaboración del molde en dos piezas del frontal.....	53
Ilustración 3-21: Fibra seccionada para el molde.....	54
Ilustración 3-22: Molde con la inclusión de cera desmoldante	54
Ilustración 3-23: Cantidad de resina por porciones.....	55
Ilustración 3-24: Aplicación de la resina y fibra al molde.	55
Ilustración 3-25: Inicio del ciclo de curado del molde.....	56
Ilustración 3-26: Fin del ciclo de curado.....	56
Ilustración 3-27: Unión de las dos partes de la figura final.....	57
Ilustración 3-28: Pestaña del sistema de análisis Static Structural.....	61
Ilustración 3-29: Parámetros de la fibra de abacá	62
Ilustración 3-30: Modelo para la simulación.....	62
Ilustración 3-31: Mallado del modelo	63
Ilustración 3-32: Deformación total.	64
Ilustración 4-1: Esfuerzo vs deformación de los materiales poliméricos.....	65
Ilustración 4-2: Nomenclatura de las fallas de los ensayos a tracción	69
Ilustración 4-3: ETP 01-1 después del ensayo de tracción.....	71
Ilustración 4-4: ETP 01-2 después del ensayo de tracción.....	71
Ilustración 4-5: ETP 01-3 después del ensayo de tracción.....	72
Ilustración 4-6: ETP 01-4 después del ensayo de tracción.....	72
Ilustración 4-7: ETP 01-5 después del ensayo de tracción.....	72
Ilustración 4-8: Proceso a seguir para la simulación	73
Ilustración 4-9: Diseño del karting en el programa Ansys Workbench	74
Ilustración 4-10: Mallado para análisis estático	75
Ilustración 4-11: Deformación máxima de una fuerza frontal durante el análisis estático.	76

Ilustración 4-12: Reacción de los soportes de una fuerza frontal durante el análisis estático...	76
Ilustración 4-13: Deformación máxima de una fuerza vertical durante el análisis estático.	77
Ilustración 4-14: Reacción de los soportes de una fuerza vertical durante el análisis estático.	78
Ilustración 4-15: Deformación máxima de una fuerza lateral durante el análisis estático.	78
Ilustración 4-16: Reacción de los soportes de una fuerza lateral durante el análisis estático ...	79
Ilustración 4-17 Deformación máxima de la fibra de abacá durante el análisis dinámico.	79
Ilustración 4-18 Equivalent stress de la fibra de abacá en el análisis dinámico.	80
Ilustración 4-19 Resultados de la energía interna y deformación de la fibra de abacá.....	80
Ilustración 4-20 Deformación máxima de la fibra de vidrio durante el análisis dinámico.....	81
Ilustración 4-21 Equivalent stress de la fibra de vidrio en el análisis dinámico.....	81
Ilustración 4-22 Resultados de la energía interna y deformación de la fibra de vidrio	82
Ilustración 4-23: Curvas Fuerza - Desplazamiento del material polimérico	83
Ilustración 4-24: Curvas Carga - Alargamiento del material polimérico	83

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: CARACTERÍSTICAS DEL ACRÍLICO

ANEXO B: FICHA DE HOMOLOGACIÓN DEL FRONTAL 103/CA/14

ANEXO C: INFORME DEL ENSAYO DE FLEXIÓN NTE INEN 2047

ANEXO D: INFORME DEL ENSAYO DE TRACCIÓN NTE INEN 2043

ANEXO E: GRÁFICA DEL ENSAYO DE TRACCIÓN FUERZA VS DESPLAZAMIENTO

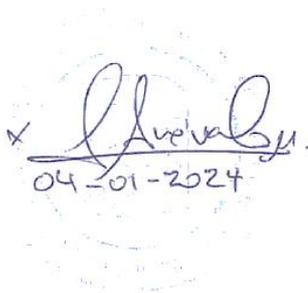
ANEXO F: GRÁFICA DEL ENSAYO DE TRACCIÓN CARGA VS ALARGAMIENTO.

RESUMEN

La consistencia de los materiales es un factor clave a considerar para la construcción de piezas automotrices, este trabajo se orienta en buscar soluciones con materiales poliméricos alternativos que puedan sustituir a los materiales utilizados como son la fibra de vidrio. Se corrobora un material polimérico compuesto de una matriz poliéster con refuerzo de fibra de abacá, la cual presenta una buena absorción de energía, se conforma con un 30 % de fracción volumétrica de fibra y un 70 % de matriz con la configuración de refuerzo tejido. Las probetas fueron elaboradas según las normas NTE INEN 2043 de tipo D1 para los ensayos de tracción, mientras que, para los ensayos de flexión se utilizó la norma NTE INEN 2047, se construyeron moldes de acrílicos para generar el tipo de probeta adecuado para realizar los estudios. El tipo de estratificación usada es el moldeo por colado. Para la realización de los estudios se utilizó las máquinas y laboratorios de la Universidad Técnica de Ambato, además, del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero de la Provincia de Tungurahua, se realizó los dos ensayos para obtener la caracterización del material además de elaborar las curvas de comportamiento del material. Para la simulación del análisis estático del protector frontal del karting, se utiliza el software ANSYS, con los valores obtenidos del estudio del material polimérico compuesto con la fibra de abacá tejida, en donde al aplicar una misma fuerza en tres sentidos (frontal, superior y lateral), se evidencio que al obtener una fuerza lateral es donde más deformación se tendrá en el protector frontal del karting en comparación con fuerzas en sentido frontal y superior.

Palabras clave: <ABACÁ POLIÉSTER> <MATERIAL POLIMÉRICO> <CONTAMINACIÓN AMBIENTAL> <ENSAYOS DE TRACCIÓN > <ANÁLISIS ESTÁTICO>.

2277-DBRA-UPT-2023



A handwritten signature in blue ink, followed by the date "04-01-2024" written below it. The signature is somewhat stylized and difficult to read precisely, but appears to be a personal name.

SUMMARY

The consistency of the materials is a key factor to consider for the construction of automotive parts. This work is oriented to look for solutions with alternative polymeric materials that can substitute the materials used such as fiberglass. A polymeric material composed of a polyester matrix with abaca fiber reinforcement is corroborated, which presents a good energy absorption. It is conformed with a 30% volume fraction of fiber and a 70% of matrix with the configuration of woven fabric reinforcement. The specimens were elaborated according to NTE INEN 2043 type D1 standards for tensile tests, while NTE INEN 2047 standard were used for flexural tests; acrylic molds were built to generate the type of specimen suitable for the studies. The type of stratification used is mold casting. To carry out the studies, the machines and laboratories at Universidad Técnica de Ambato were used, as well as Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero in Tungurahua province. Two tests were carried out to obtain the characterization of the material and to elaborate the material behavior curves. For the simulation of the static analysis of the front protector of karting, the ANSYS software was used, with the values obtained from the study of the polymeric composite material with the woven abaca fiber, where when applying the same force in three directions (front, top and side), it was evidenced that when obtaining a lateral force is where more deformation will be in the front protector of the karting in comparison with forces in front and top direction.

Keywords: <POLYESTER ABACÁ > < POLYMERIC MATERIAL > < ENVIRONMENTAL POLLUTION > < TENSILE TESTING > < STATIC ANALYSIS>.



Lic. Sandra Paulina Porras Pumalema Mgs

C.I. 0603357062

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos 10 años, el deporte automovilístico conocido como karting ha tenido un auge en su popularidad hacia la sociedad. Este deporte, denominado Go-Karting, se caracteriza por estar compuesto por un motor, chasis sin suspensión, que contiene 4 ruedas no alineadas, los neumáticos traseros se conectan con un eje el cual es el encargado de transmitir la potencia del motor a las ruedas mientras que las ruedas delanteras son los encargados de direccionar el vehículo en los diversos obstáculos presentes en la pista. La entidad reguladora es la Federación Internacional de Automovilismo (CIK-FIA), la cual establece las normativas técnicas como son: aspirantes, licencias, organización de las pruebas, kartings admitidos, inscripciones, dimensiones del vehículo, componentes homologados, circuitos, entre otras. (Salazar 2019)

El karting es un deporte que se ha ido incluyendo en la sociedad sin tener en cuenta la contaminación ambiental que estos vehículos generan. El objetivo principal propuesto es la construcción de un prototipo de protector frontal de karting con la utilización de un material (Abacá – Poliéster) con la finalidad de ayudar al medio ambiente debido a que una vez cumplido sus tiempo de uso, el frontal podrá ser desechado, de esta manera el planeta no tendrá muchos inconvenientes en degradar este material ya que por sus propiedades naturales es más fácil que se degraden de forma natural, en comparación a los materiales utilizados en la actualidad como lo son la fibra de vidrio la cual contiene un tiempo de degradación demasiado amplio además de su utilización genera reacciones alérgicas al estar en contacto directo con la piel, la reacción de irritación provoca que el cuerpo frote la piel en estas áreas afectadas, de forma temporal lo cual genera perforación en la piel e ingreso de gérmenes y bacterias, desencadenando una fase de infección o lo que es también conocido como dermatitis irritante de contacto físico. (Justavino 2013)

La importancia de este proyecto radica en la generación de procesos de manufactura que empleen materiales amigables con el medio ambiente, los cuales cuentan con características excepcionales, tales como fuerza y flexión, entre otras. Mediante la aplicación de pruebas de tensión torción, flexión, el análisis en programa CAD se verificará la implementación de este material ya que el abacá tiene muchas posibilidades de sustituir a las fibras de vidrio en múltiples partes de los automóviles. No obstante, una de las desventajas es que al ser fibras naturales su absorción de humedad es muy alta al ser utilizadas en materiales compuestos. (Guijarro 2021). Por ejemplo, en el caso de Mercedes Benz lo ha mezclado con propileno termoplástico con la finalidad de reducir el peso en las partes del automóvil, además se ha usado como relleno de cojines para los asientos, dada su resistencia puede actuar como sustituto de la fibra de vidrio debido a que su producción es más respetuosa con el medio ambiente.(ONUAA 2020).

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

El karting es un deporte de carreras que se practica en vehículos pequeños y ligeros conocidos como karting o go-karting. Estos vehículos a motor están compuestos por cuatro ruedas, un chasis tubular, plásticos frontales, laterales, además de un motor de combustión interna, los cuales están regulados por la Federación Internacional de Automovilismo (CIK-FIA). Este deporte es muy popular en todo el mundo, Además, el karting también se utiliza a menudo como una forma de entrenamiento para conductores de automóviles de carreras profesionales, ya que les permite mejorar su destreza en el manejo y la conducción de vehículos a alta velocidad.

El frontal de un karting es una estructura ubicada en la parte delantera del karting que está diseñado para absorber la energía de impacto y minimizar el daño al conductor. En la fabricación de los frontales de karting se utilizan materiales como el plástico, la fibra de vidrio y otros materiales sintéticos, los cuales afectan directamente con la contaminación del medio ambiente, así pues, estos materiales con su periodo de degradación son relativamente amplios por lo tanto le cuesta mayor tiempo a la tierra realizar este proceso. Con relación a daños por impacto u oscilaciones se tiene que la resistencia al utilizar este material no garantiza que el frontal pueda resistir un golpe debido a que esta propenso a quebrarse ante vibraciones fuertes, con el paso del tiempo estos frontales son menos resistentes y duraderos.

En los frontales fabricados por plásticos están expuestos a deformaciones por la temperatura, cambiando su forma, diseño afectando directamente a la aerodinámica del karting incluyendo la capacidad de maniobrar en la pista. En caso de rotura de un frontal de plástico, su reparación requiere la intervención de un experto en la reparación de plásticos, siendo necesario en muchos casos reemplazar el frontal por uno original.

1.2 Justificación

Con el paso del tiempo se ha aprovechado la tecnología para realizar una investigación en donde se implementa nuevos materiales compuestos con combinaciones relativamente sorprendentes. Es por esta razón que este proyecto de investigación se enfoca en la fabricación de un material

compuesto a base de la fibra de abacá como una alternativa sostenible y económica para la manufactura de frontales de karting.

Con esta construcción se pretende reducir el uso de fibras de vidrio y plástico, incorporando nuevas fibras para beneficiar al medio ambiente reduciendo el tiempo de descomposición. La fibra de abacá es un material natural renovable, lo que lo convierte en una alternativa de los materiales biodegradable orgánico en la fabricación de los frontales de los kartings.

La fibra de abacá, obtenida de la planta del mismo nombre, ha demostrado que tiene excelentes propiedades mecánicas y de resistencia, lo que lo convierte en un candidato ideal para el diseño y la fabricación de un frontal de karting que cumpla con la aerodinámica en la conducción de los kartings.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Elaborar un prototipo de protector frontal de un vehículo karting mediante el empleo de un material compuesto de abacá – poliéster para la verificación de su funcionalidad y aplicación en procesos de manufactura en el sector automotriz.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar un protector frontal que cumpla la normativa de homologación de la CIK/FIA, mediante la investigación teórica para la elaboración de un prototipo compuesto de un material abacá- poliéster.
- Diseñar el protector frontal con la asistencia de un software CAD analizando los métodos de construcción y compuestos del material.
- Estudiar el comportamiento del protector frontal mediante la simulación de un análisis dinámico observando la deformación que este tendrá al experimentar un impacto en una carrera.
- Realizar un análisis comparativo entre las propiedades mecánicas de los materiales comunes utilizados en autopartes y las propiedades obtenidas en la fibra de abacá.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Historia del Karting

Las primeras carreras de karting se llevaron a cabo en California, Estados Unidos, en marzo de 1956. Durante la primera semana de asignación de los soldados, varios de ellos tomaron la decisión de crear algo que les permitiera aprovechar las pistas de vuelo disponibles debido a el aburrimiento que causaba su ausencia del deber. El resto era simple, todo lo que necesitaban para hacer un "Go-karting" eran algunos tubos de calefacción soldados, ruedas de cola de avión, un motor de cortar césped y el volante de la cabina. Como resultado, surgió el karting, que utilizaba equipos muy básicos que podían alcanzar velocidades de 50 km/h. En comparación con los que existen hoy en día, esta velocidad era relativamente baja. (Salazar 2011)



Ilustración 2-1: Primer karting creado en agosto de 1956 en California (EE. UU.)

Fuente: (FIA KARTING 2023)

El karting mejoró rápidamente, superando el límite de velocidad de 50 km/h, con vehículos compitiendo en todo Estados Unidos durante los primeros tres años antes de trasladarse a Europa para competir y probar las habilidades de los fanáticos de este deporte. Una empresa con sede en Wisconsin llamada West Bend comenzó a producir motores cortadora de césped comercialmente útiles en agosto de 1956. Alrededor de 300 fabricantes diferentes se establecieron en los Estados Unidos en los primeros tres años, produciendo karting para una nueva competencia de deportes de motor, transformándola en una disciplina adicional. Numerosas personas intentaron realizar sus propias escuderías para demostrar quién era el más rápido. Los vehículos continuaron mejorando al incluir elementos que pueden aumentar la velocidad del karting. Todas las mejoras fueron el resultado del trabajo de ingeniería, y se estaban investigando los pequeños conceptos de creación de prototipos.(Salazar 2019)

El karting se introdujo en Europa durante la década de 1960 a través de países como Francia e Inglaterra, donde se establecieron múltiples federaciones nacionales en todo el mundo. La Comisión Internacional de Karting (CIK/FIA) fue creada en 1962 por la Federación Internacional de Automovilismo con el fin de unificar el proceso federativo. Mientras tanto, en la década de los 70, el karting comenzó a florecer en España gracias a figuras carismáticas como Jorge Fuentes y otros jóvenes entusiastas. A nivel global, el karting fue reconocido como una auténtica escuela para el deporte automovilístico, y sus cualidades formativas aún son elogiadas. Jóvenes pilotos como Ayrton Senna, Alain Prost y Ricardo Patrese iniciaron sus carreras en competencias para niños y promocionaron esta disciplina en esa época. (Villacreses 2010)

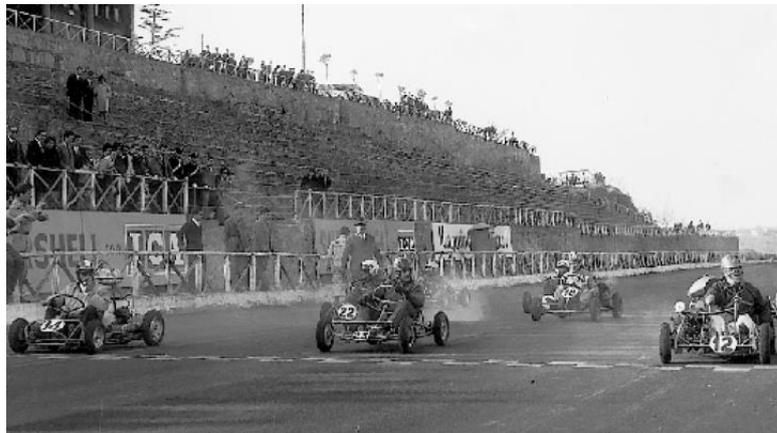


Ilustración 2-2: Carreras de karting en Italia, Alemania, entre otros.
Fuente: (FIA KARTING 2023)

Aunque las reglas no han cambiado mucho desde ese año en 1956 el desarrollo del karting ha ido avanzando constantemente a medida que los chasis han mejorado en estabilidad y frecuencia. Esos primeros intercambiadores de calor emitidos por militares han dado paso a los chasis más sofisticados y sistemas de refrigeración de última generación. Hoy en día, un karting es capaz de alcanzar velocidades superiores a los 250 km/h (s por karting), pero con una seguridad a la altura de un coche de Fórmula Uno. Todos los entusiastas del bricolaje pudieron primero expresar su genio creativo a través del automovilismo, pero pronto algunos constructores comenzaron a producir pequeñas series de chasis. Los motores cortacésped MacCulloch, que en un principio tenían 9 cv, permitían disfrutar a los pilotos, pero pronto fueron suplantados por las marcas Montesa, Parilla, Rotax y Comet. (Salazar 2011)

Un aspecto importante del karting es la seguridad. Utilizan los dos tipos de seguridad que ahora se conocen: seguridad de pista y seguridad de karting. La seguridad de las piezas del karting, los materiales con los que están fabricados y su bajo centro de gravedad hacen posible que los pilotos permanezcan pegados al suelo con muy pocas probabilidades de que esto suceda. Se puede decir

que correr en karting es tan seguro como conducir un coche de Fórmula 1 ya que los frenos cuentan con sistemas para una congelación más eficaz con las abrasiones. Dado su carácter vertiginoso, siempre existe cierto grado de riesgo, lo que aumenta las expectativas entre los seguidores.(Salazar 2019)

El piloto dos veces ganador de los campeonatos mundiales de la fórmula uno Fernando Alonso fue uno de los pioneros al colaborar en este nuevo deporte del karting, de la misma manera Michael Schumacher, Kimi Raikkone y otros más. Por esta razón, es uno de los más reconocidos a nivel mundial siendo la base más importante del deporte automovilístico actual, luego de 50 años ha sido ganador del respeto y reconocimiento como un deporte importante y reconocida escuela de conducción.(Salazar 2019)

2.2 Go-Kart

Un kart, también conocido como coche de karting, es un pequeño vehículo de cuatro ruedas diseñado para uso recreativo o competitivo. Los go-kart son populares entre niños y adultos, a menudo se utilizan con fines de entretenimiento y carreras. Están disponibles en diferentes tamaños y potencias, con algunos modelos capaces de alcanzar velocidades de más de 100 km/h.



Ilustración 2-3: Categoría denominada formula K de 100 a 135 CC.
Fuente: (FIA KARTING 2023)

Un kart es un vehículo de motor de un solo eje que no tiene suspensión, ni techo y cuenta con cuatro ruedas colocadas irregularmente que están en contacto con el suelo. Las dos ruedas delanteras controlan la dirección, mientras que las dos ruedas traseras están conectadas por un eje que transmite la potencia proveniente de un motor, comúnmente mono cilíndrico. Los tres componentes esenciales son el chasis, las ruedas y el motor.(Villacreses 2010)

Las carreras de karting son una forma popular de deportes de motor, con varios campeonatos y competiciones en todo el mundo. El deporte se divide en diferentes categorías según la edad, el

nivel de habilidad y el tipo de karting utilizado. Además de las carreras profesionales, los go-karting también se utilizan para carreras recreativas, atracciones en parques de diversiones y servicios de alquiler. (Villacreses 2010)

2.3 Elementos estructurales de un karting

En esta sección se describirán las partes principales de un karting, junto a las posibles modificaciones que se pueden realizar. Los elementos estructurales de un karting pueden variar según el diseño y la finalidad del vehículo, pero algunos componentes comunes incluyen: (Villacreses 2010)

2.3.1 Chasis

La estructura del karting está relacionada con el conjunto de tubos de acero que unen las partes mecánicas y la carrocería de este. Esta estructura está soldada en lugar de ser atornillada, lo que la hace rígida y resistente. Además, cualquier pieza que forme parte de la estructura se considera incorporado a ella. (Villacreses 2010)

Según la Federación Internacional del Automóvil, el karting consiste en la estructura del chasis, sus partes principales y auxiliares que brindan mayor solidez al karting. Es posible montar tubos y perfiles especiales, siempre y cuando no representen un riesgo para la seguridad del piloto y otros competidores.

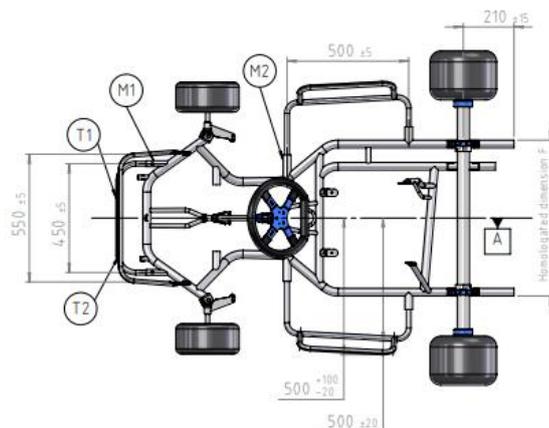


Ilustración 2-4: Dimensiones del karting

Fuente: (CIK - FIA 2022)

Mucha gente considera que el motor es la principal clave para su mejor rendimiento, pero en realidad la parte más importante es el chasis ya que es el encargado de sujetar todos los elementos

complementarios en el Karting. En Estado Unidos están clasificados como Open, Caged, Straight y Offset. Lo aprobados por la CIK – FIA son Stright y Open.(Villacreses 2010)

- El karting de tipo Open carece de una cabina para el piloto.
- El karting tipo Caged incluyen una cabina cerca del piloto y se utiliza con mayor frecuencia en carreras de pista de tierra.
- El karting de tipo Straight se utiliza para las carreras Sprint, tienen al piloto sentado en el centro del vehículo.
- El karting de tipo Offset se utiliza para carreras de alta velocidad en la que los pilotos solo giran a la izquierda. El piloto se sienta en la izquierda del Karting.

El método utilizado en la construcción del chasis es bastante importante. Dependiendo de las condiciones de manejo, la rigidez del chasis permite una variedad de características de maniobrabilidad. Idealmente, el chasis debe ser liviano para facilitar un mejor manejo, pero también debe ser lo suficientemente fuerte para soportar todo el karting.(Salazar 2011)

Tabla 2-1: Dimensiones del karting.

Distancia entre ejes	Mínimo	101 cm
	Máximo	107 cm
Longitud total	Máximo sin frontal o trasero carenado	182 cm
Ancho Promedio	Máximo	140 cm
Altura excluida	Máximo desde el suelo con el asiento excluido	65 cm

Fuente: (CIKA-FIA 2005).

Realizado por: Supe W., 2023.

Es importante tener en cuenta que estas medidas pueden variar según los fabricantes. Dicho de otro modo, los fabricantes suelen reducir las dimensiones del chasis para reducir el peso del karting, pero estas variaciones de dimensiones se compensan con un aumento de las fibras de vidrio porque en competición un coche no puede ser más pequeño o grande que otro.

La bandeja, también conocida como piso, es un elemento que se considera parte del chasis. Esta es la seguridad que tiene el piloto cuando conduce el vehículo para evitar que elementos extraños como piedras que están presentes del camino golpeen al piloto. Desde el borde delantero hasta donde comienza el asiento del piloto. Esto puede estar hecho, entre otras cosas, de una plancha de aluminio o de plástico. No está permitido que la plancha tenga ningún tipo de extensión que cree un "efecto suelo", ya que esto va en contra de las normas de karting. Debido al paso del aire bajo diversas presiones sobre las superficies superior e inferior, el efecto del suelo se conoce como fenómeno aerodinámico.(Salazar 2019)

2.3.2 Ruedas

Las ruedas son un componente crítico en el desempeño de un karting, ya que son el medio por el cual se transfiere la potencia del motor al suelo y permiten la dirección y la estabilidad del vehículo. Estas son algunas características:

- **Tamaño y composición:** Las ruedas de karting varían en tamaño y composición según el tipo de competencia. En general, las ruedas más grandes proporcionan más estabilidad y tracción, mientras que las más pequeñas ofrecen mayor agilidad y velocidad. Además, las ruedas pueden ser de caucho sólido, neumáticas o con una combinación de ambos materiales.
- **Ancho de las ruedas:** El ancho de las ruedas es importante para determinar la estabilidad y el agarre del karting. Las ruedas más anchas aumentan la estabilidad, mientras que las más estrechas permiten una mayor velocidad en las curvas.
- **Presión de los neumáticos:** La presión adecuada de los neumáticos es crítica para el rendimiento del karting. La presión incorrecta puede afectar la estabilidad, la tracción y la velocidad del vehículo. Es importante seguir las recomendaciones del fabricante para la presión adecuada de los neumáticos.
- **Cambio de neumáticos:** El cambio de neumáticos es necesario después de cierta cantidad de uso, ya que los neumáticos pierden agarre y se desgastan con el tiempo. Es importante mantener los neumáticos en buen estado para asegurar un rendimiento óptimo del karting.

Aunque se deben realizar varios ajustes, la regla general es que cuanto más suave sea la pista, más rápido la temperatura de la goma aumentará, más flexible será, mejor absorberá y más rápido se degradará. En pocas palabras, el neumático más suave da como resultado una mejor agresión, una duración más corta y un mayor costo. Sin embargo, en una carrera cuenta cada décima o centésima de segundo. El componente económico es menos significativo en comparación con el reloj. Esta es la razón por la cual casi todos los pilotos eligen montar la combinación más suave posible de todos los componentes homologados para la categoría o evento. Este es uno de los elementos que contribuyen al declive progresivo de la práctica de karting. (Salazar 2011)

Tabla 2-2: Presiones de las ruedas.

Presión	Alta	Baja
Agarre	Reduce	Aumenta
Área de contacto	Reduce	Aumenta
Respuesta del volante	Rápida	Lenta
Rigidez lateral	Más dura	Más blanda

Rendimiento mojado	Aumenta	Reduce
Duración	Reduce	Aumenta

Fuente: (Salazar 2011)

Realizado por: Supe W., 2023

Pequeñas variaciones en la presión también ayudan a corregir algunos problemas o ajustes de karting, como problemas de sobreviraje. Las variaciones a menudo se hacen en las gomas traseras, ya que las gomas delanteras deben ser algo rígido para obtener una buena respuesta del piloto. Además, los cambios realizados en el frente del tren tienen efectos considerablemente más obvios. Si se produce un subviraje como resultado de un esfuerzo excesivo, lo que provoca una tendencia a seguir la derecha, aumente la presión posterior. Esto reduce el empuje al aumentar el desplazamiento del tren trasero. Por otro lado, puede compensarse con exceso de agitación excesiva que requiere correcciones de vuelo para mantener la recta al reducir la presión de las ruedas traseras para proporcionar un mejor agarre.(Salazar 2011)

Si el karting "bota" en las curvas, será posible una mejor desaceleración debido a una mayor presión en las gomas traseras. Se debe tener en cuenta que una mayor presión provoca una adhesión más suave y rápido, pero reduce la capacidad frenética.(Salazar 2019)

2.3.3 Motor

Su función es impulsar el karting, cuenta con un bloque de cilindros según sea el caso, existen motore monocilíndricos, además del cárter incluye una caja de cambios, un sistema de encendido, la admisión, bujías, carburador, tubo de escape, bobina, entre otros elementos. A continuación, se detalla los componentes más importantes presentes en el motor (Salazar 2011)

2.3.3.1 Admisión

Es el encargado de absorber el aire presente en el medio ambiente e ingresarlo al motor mediante esta acción el pistón puede realizar su recorrido de descenso desde el punto muerto superior (PMS) al punto muerto inferior (PMI), mediante la rotación de media vuelta del cigüeñal en donde las válvulas o válvula de admisión permanecen abiertas. Utilizando la succión creada, la mezcla se agrega al cilindro. La válvula de escape está completamente cerrada durante esta fase para maximizar la efectividad del proceso de llenado de Cilindro tomando el uso de la inercia de los gases.(Salazar 2011)

2.3.3.2 Carburador

Es el encargado de realizar el famoso "Tubo Venturi" es la base para la operación de los carburadores, que aceleran el aire de admisión a medida que pasa por el carburador. El aire se acelera y causa un vacío que libera gasolina. La mayoría de los carburadores consisten en una Cuba en la que la cantidad de combustible que se entrega desde el tanque se controla a través de una válvula activada por un flotador (similar a los mecanismos Boya que regulan el agua en las cisternas del inodoro), un difusor calibrado para suministrar el vapor final de gasolina que se pulveriza en la corriente de aire y una Mariposa conectada a la Cuba. (Salazar 2011)

2.3.3.3 Escape

La válvula de escape se abre justo antes de que el pistón complete su ciclo de trabajo (Ciclo de Expansión), permitiendo que los gases atrapados, que tienen una mayor presión dentro de la cámara, comenzarán a escapar. Durante el ciclo de escape específicamente descrito, el pistón comienza a ascender nuevamente desde el PMI al PMS y vacía los gases atrapados. Una vez que se completa este ciclo, el proceso comienza nuevamente. (Salazar 2011)

2.3.3.4 Bujía

Proporciona la descarga que enciende el combustible en los motores de gasolina. Está formado por un cuerpo de hierro que está en contacto con el bloque del motor y termina en un electrodo denominado masa. El electrodo central a menudo está hecho de cobre, níquel o platino y está apartado de cuerpo de la bujía mediante un material aislante de cerámica. Además, hay una resistencia dentro que elimina cualquier interferencia electromagnética potencial. (Salazar 2011)

La separación entre los electrodos en una bujía es uno de los factores cruciales a tener en cuenta; Debe ser adecuado para que las corrientes produzcan una chispa que pueda encender el combustible. El grado de termometría también es muy significativo ya que las temperaturas en las que operan las bujías son tan altas que es crucial regular estas temperaturas en los electrodos. Los motores normales tienen una bujía por cilindro, mientras que algunos fabricantes proporcionan motores con dos bujías por cilindro para mejorar el proceso de mezcla. (Salazar 2011)

2.3.4 Sistema de dirección

Este se compone de la columna de dirección, rieles de dirección, puntos de adelante hacia atrás, volante, manzana, acoples y rotulas. Todos estos componentes permiten el movimiento del vehículo hacia la izquierda y hacia la derecha. Los ajustes deben hacerse de tal manera que la configuración del karting no se vea alterada por la vibración que se produce cuando se conduce. Este ajuste del karting debe hacerse de acuerdo con el "caster" y "camber" exactamente.(Salazar 2019)

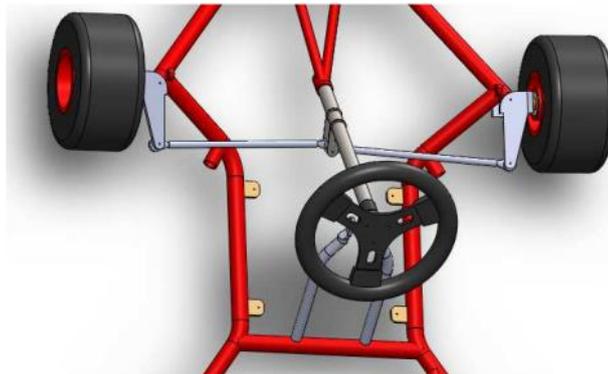


Ilustración 2-5: Sistema de dirección.
Fuente:(Salazar 2011)

2.3.4.1 Volante

Es el componente que hace posible la maniobrabilidad de la dirección. De este elemento depende la ergonomía de conducción para que el piloto se sienta cómodo mientras lo opera; esto también ayuda en la adherencia y la estabilidad en la carretera.(Lanchimba 2021)

2.3.4.2 Barra de dirección

Es una barra tubular que se conecta a un soporte del chasis y se une a través de platinas en el volante y un acople hacia el piloto. Su funcionamiento es sencillo ya que cuando el piloto mueve el volante del karting, la columna de dirección gira, moviendo en consecuencia las barras de dirección y girando los neumáticos delanteros.(Lanchimba 2021)

2.3.4.3 Rotulas

Son los que permiten el movimiento de las ruedas y también se unen a la columna de dirección; dependiendo de su longitud, la divergencia o convergencia de las ruedas puede variar.(Lanchimba 2021)

2.3.5 Cadena de transmisión

La cadena de transmisión, a menudo conocida como línea de propulsión, es responsable de transmitir la potencia del motor a las ruedas del karting. Los componentes de la transmisión son en su mayoría responsables del comportamiento del vehículo o de su rendimiento. Cuando se trata de karting, la cadena de transmisión está formada únicamente por el volante, el embrague, el conjunto corona-pivote y el eje trasero. (Salazar 2011)

Se entiende por eje trasero, cadenas, embrague y motor. En este sistema, operan todos los componentes que están integrados para enviar la potencia del motor a las neuronas de etapa posterior. El motor con salida tipo eje se une a un embrague centrífugo con un gránulo móvil, donde la cadena se conecta con el camino adecuado a ese pasador. La cadena está moldeada entre este pasador y otro grabado conocido como catalina, y es este el que puede cambiarse para alterar la relación de transmisión. Los asientos neumáticos se colocan en ambos extremos del eje de transmisión, unidos a manzanas que se ajustan al eje de manera que estos asientos queden completamente paralelos al pavimento. (Lanchimba 2021)

2.3.6 Sistema de frenado

Todos los componentes que permiten reducir la velocidad de un vehículo están bajo el control del sistema de frenado. Hay dos tipos diferentes de frenos instalados en estos vehículos. Los sistemas de freno mecánico utilizan un cable para cerrar un espacio que presiona las pastillas de freno contra el disco de freno, proporcionando la fricción para reducir la velocidad. El sistema de freno hidráulico, por otro lado, hace uso de un fluido para proporcionar la presión requerida para comprimir las pastillas y el disco. Dado que la fuerza aplicada es significativamente mayor cuando el piloto usa la frenada, se piensa que el freno hidráulico es más efectivo que el mecánico. Aunque la frenada es sustancialmente más rápida, todo el sistema contiene más componentes. (Salazar 2019)

2.3.7 Elementos fijos del karting

Se incluyen numerosos componentes que son muy importantes para el funcionamiento y uso del Karting. Estos factores tienen un impacto en el comportamiento y la seguridad del vehículo. Las protecciones, asiento y pedales varían según las características del piloto. también tiene una posición con respecto al chasis; en la mayoría de ellos se sitúa detrás de la columna de dirección. (Salazar 2019)

El asiento tiene diversas especificaciones. Hay tamaños que van desde pequeños hasta extremadamente grandes. Estas medidas varían dependiendo de qué tan profundo y cerrado sea el área de la cintura. Esta medida debe colocarse en relación con las medidas del piloto. El asiento debe ajustarse a las medidas del piloto y no al revés. El ascenso es una forma común; la distinción entre marcas está en los materiales utilizados. Se pueden encontrar en fibra de carbono y fibra de vidrio. La sustancia en sí afecta directamente su peso. (Salazar 2019)

2.4 Tipos de frontales

Las protecciones de plástico son elementos de seguridad que tienen los kartings en caso de colisión con otro vehículo o cuando entran en contacto con obstáculos de la pista como piedras y grava. Las protecciones delantera, lateral y trasera del karting se consideran de plástico. (Salazar 2019)



Ilustración 2-6: Protectores plásticos del karting
Fuente: (Salazar 2019)

Tabla 2-3: Homologación 209-CA-08.

Constructor	Parolin Racing snc
Marca	Parolín
Modelo	Eurostar
Categoría	Toutes
Validez de homologación	6 y 5 años
La presente Ficha de Homologación reproduce descripciones, ilustraciones y dimensiones en el momento de la homologación CIK-FIA	Descripción de Homologación CIK-FIA.
	N° de homologación 209-CA-08

Fuente: (CIK/FIA PAROLIN 2002).
 Realizado por: Supe W., 2023



Ilustración 2-7: Frontal homologado 209-CA-08
 Fuente:(CIK/FIA PAROLIN 2002)

Tabla 2-4: Homologación 55-C-09.

Constructor	PAROLIN RACING KARTING srl
Marca	EUROSTAR
Modelo	MINI/BABY 1°
Validez de homologación	2005- 2009 (4 años)
La presente Ficha de Homologación reproduce descripciones, ilustraciones y dimensiones en el momento de la homologación	Descripción de Homologación.
	N° de homologación 55-C-09

Fuente: (ACI 2009)
 Realizado por: Supe W., 2023

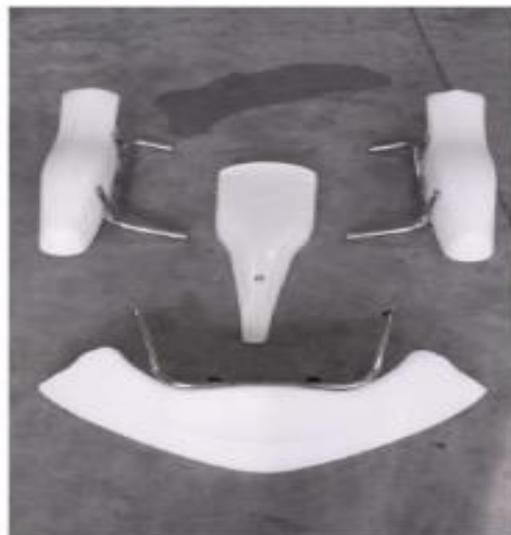


Ilustración 2-8: Frontal homologado 55-C-09
 Fuente:(ACI 2009)

Tabla 2-5: Homologación 017-BF-77.

Constructor	Parolin racing karting srl
Marca	EUROSTAR
Modelo	Dinámica Mini
Categoría	Grupo 3
Validez de homologación	4 años
La presente Ficha de Homologación reproduce descripciones, ilustraciones y dimensiones en el momento de la homologación CIK-FIA	Descripción de Homologación CIK-FIA.
	N° de homologación 017-BF-77

Fuente: (CIK-FIA 2019)

Realizado por: Supe W., 2023



Ilustración 2-9: Frontal homologado 017-BF-77

Fuente:(CIK-FIA 2019)

Tabla 2-6: Homologación 50-CA-20.

Constructor	Parolin racing karting srl
Marca	EUROSTAR
Modelo	Ágil
Categoría	Toutes
Validez de homologación	6 y 3 años
La presente Ficha de Homologación reproduce descripciones, ilustraciones y dimensiones en el momento de la homologación CIK-FIA	Descripción de Homologación CIK-FIA.
	N° de homologación 50-CA-20

Fuente: (CIK-FIA 2014)

Realizado por: Supe W., 2023



Ilustración 2-10: Frontal homologado 50-CA-20.
Fuente:(CIK-FIA 2014)

Tabla 2-7: Homologación 101-CA-20.

Constructor	Parolin racing karting srl
Marca	EUROSTAR
Modelo	Alas
Categoría	Toutes
Validez de homologación	6 y 3 años
La presente Ficha de Homologación reproduce descripciones, ilustraciones y dimensiones en el momento de la homologación CIK-FIA	Descripción de Homologación CIK-FIA.
	N° de homologación 101-CA-20

Fuente: (Vue Devant 2014)
Realizado por: Supe W., 2023



Ilustración 2-11: Frontal homologado 101-CA-20
Fuente:(Vue Devant 2014)

Tabla 2-8: Homologación 31-CA-11.

Constructor	Parolin racing karting srl
Marca	Parolin racing karting srl
Modelo	Eurostar Fly
Categoría	Toutes

Validez de homologación	6 años
La presente Ficha de Homologación reproduce descripciones, ilustraciones y dimensiones en el momento de la homologación CIK-FIA	Descripción de Homologación CIK-FIA.
	N° de homologación 31-CA-11

Fuente: (CIKA-FIA 2005)

Realizado por: Supe W., 2023



Ilustración 2-12: Frontal homologado 31-CA-11.

Fuente:(CIKA-FIA 2005)

Tabla 2-9: Homologación 87-CA-14

Constructor	Parolin racing karting srl
Marca	EuroStar
Modelo	Wings
Categoría	Toutes
Validez de homologación	6 y 3 años
La presente Ficha de Homologación reproduce descripciones, ilustraciones y dimensiones en el momento de la homologación CIK-FIA	Descripción de Homologación CIK-FIA.
	N° de homologación 87-CA-14

Fuente: (CIK/FIA 2008)

Realizado por: Supe W., 2023



Ilustración 2-13: Frontal homologado 87-CA-14.

Fuente:(CIK/FIA 2008)

Tabla 2-10: Homologación 017-BF-60.

Constructor	Parolin racing karting srl
Marca	EuroStar
Modelo	Dinámica FF
Categoría	Grupo 1 y 2
Validez de homologación	2 años
La presente Ficha de Homologación reproduce descripciones, ilustraciones y dimensiones en el momento de la homologación CIK-FIA	Descripción de Homologación CIK-FIA.
	N° de homologación 017-BF-60

Fuente: (CIK/FIA 2021)

Realizado por: Supe W., 2023

**Ilustración 2-14:** Frontal homologado 017-BF-60.

Fuente:(CIK/FIA 2021)

Tabla 2-11: Homologación 103-CA-14

Constructor	Righetti Ridolfi spa
Marca	Righetti Ridolfi
Modelo	XTR14
Categoría	Toutes / All
Validez de homologación	6 años
La presente Ficha de Homologación reproduce descripciones, ilustraciones y dimensiones en el momento de la homologación CIK-FIA	Descripción de Homologación CIK-FIA.
	N° de homologación 103-CA-14

Fuente: (superkartingsk, 2018)

Realizado por: Supe W., 2023



Ilustración 2-15: Frontal homologado 103-CA-14
Fuente: (superkartingsk, 2018)

2.5 Materiales compuestos

Un material compuesto es una combinación de dos o más materiales que se unen sin formar una unión química y son insolubles entre sí. Esta combinación da lugar a un nuevo material con propiedades únicas que no se encuentran en los materiales originales. Los materiales compuestos combinan las mejores propiedades de los diferentes materiales que los componen, evitando así algunas de sus desventajas si se utilizaran de manera individual. (Naranjo 2021)

En la actualidad, los materiales compuestos tienen una gran popularidad y son el material de elección en muchas aplicaciones, especialmente en la ingeniería. Aunque la idea de los materiales compuestos no es nueva y ha sido utilizada desde las primeras sociedades agrícolas, incluyendo la construcción de edificios con adobe, que consiste en una mezcla de arcilla con refuerzos de fibras vegetales como la paja, un material compuesto utilizado desde la época de los egipcios. La naturaleza misma nos presenta muchos ejemplos de materiales compuestos, incluyendo los que componen nuestro cuerpo. La figura siguiente muestra algunos ejemplos comunes de materiales compuestos encontrados en la naturaleza. (Guijarro 2021)



(a) Madera = Celulosa + Lignina

(b) Huesos = Colágeno + Hidroxiapatita

Ilustración 2-16: Materiales compuestos naturales (a) madera y (b) huesos.

Fuente: (Guijarro 2021)

2.5.1 Regla de mezclas en los compuestos reforzados con fibra

2.5.1.1 Densidad de un material compuesto

La densidad de los materiales compuestos se puede obtener mediante el uso de la regla de las mezclas. Para calcular la densidad de un compuesto que cuenta con refuerzo de fibra, se puede emplear la siguiente ecuación:(Guijarro 2021)

$$d_c = f_m * d_m + f_f * d_f \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

d_c = Densidad del compuesto.

f_m = Fracción volumétrica de la matriz y es igual a (1 - f_f).

d_m = Densidad de la matriz.

f_f = Fracción volumétrica del refuerzo.

d_f = Densidad del refuerzo.

2.5.1.2 Módulo de elasticidad

La fórmula para determinar el módulo de elasticidad en situaciones en las que las fibras son continuas y longitudinales implica el uso de la regla de las mezclas, y debe ser medida en paralelo a las fibras. A continuación, se expone la fórmula correspondiente.(Guijarro 2021)

$$E_c = f_m * E_m + f_f * E_f \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

E_c = Módulo de elasticidad del compuesto.

f_m = Fracción volumétrica de la matriz, es igual a (1- f_f).

E_m = Módulo de elasticidad de la matriz.

f_f = Fracción volumétrica del refuerzo.

E_f = Módulo de elasticidad del refuerzo.

2.5.2 Componentes de un material compuesto

Cuando un material se define como multifacético, se puede decir que es una combinación de materiales monofacéticos porque sus características individuales se combinan para producir distintas propiedades que, en la mayoría de los casos, mejoran las propiedades del material como un todo. La siguiente figura ilustra la estructura fundamental de un material compuesto que ha sido reforzado con fibras. La naturaleza multifacética del material muestra cuán importante es

elegir cada una de sus partes constituyentes. Esta combinación de propiedades, que busca una mejora, debe ser adecuada a la necesidad. Teniendo como resultado un material con características mucho mejores. (Guijarro 2021)

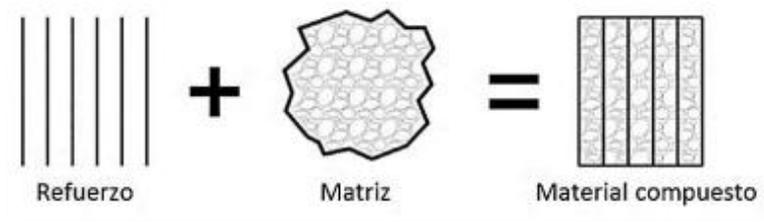


Ilustración 2-17: Configuración base de un material compuesto.

Fuente: (Guijarro 2021)

Matriz: Es el material continuo que rodea y sostiene a los demás componentes. Puede ser polimérico, metálico o cerámico, y proporciona la resistencia y rigidez del material compuesto. (Oquendo 2020)

Refuerzo: Es el material discontinuo que se incorpora en la matriz para mejorar sus propiedades. Pueden ser fibras de vidrio, carbono, aramida o cerámica, partículas o gránulos, y su función es proporcionar la resistencia mecánica y la rigidez al material compuesto. (Oquendo 2020)

Interfaz: Es la zona de transición entre la matriz y el refuerzo, y es crítica para el rendimiento del material compuesto. Debe ser lo suficientemente fuerte para transferir las cargas entre la matriz y el refuerzo y resistir la delaminación y la separación entre los dos componentes. (Oquendo 2020)

2.5.3 Propiedades mecánicas de un material compuesto.

Existen componentes en el campo de la ingeniería estructural que están sujetos a cargas mecánicas y térmicas, provocando al mismo tiempo esfuerzos y deformaciones. El uso de la ciencia de los materiales como ciencia se vuelve crucial en esta área. Muchos materiales se consideran homogéneos e isotrópicos, lo que significa que sus propiedades no se ven afectadas por cambios en la dirección en la que se aplican las cargas. Las propiedades de los materiales construidos con refuerzo de fibra varían según la configuración, el tamaño y la cantidad de refuerzo. Por ello, es fundamental entender cómo se comportan los materiales atendiendo a las características de los componentes que los componen, así como a sus proporciones, distribución, etc. (Guijarro 2021)

2.6 Propiedades mecánicas de las fibras vegetales

Las propiedades mecánicas de las fibras dependen de su naturaleza; cada tipo tiene propiedades distintivas, por lo que es común encontrar que sus usos dependen de estas cualidades de acuerdo

con lo que pueden agregar al producto terminado, como resistencia a las fuerzas de tracción, flexión e impacto. Es necesario tener en cuenta todas las características que determinan qué tan fácil y rápido se puede producir algo, qué tan rápido está disponible en el mercado, qué tan bien se comporta según el uso que recibe, etc. La siguiente tabla enumera los beneficios y los inconvenientes. de usarlos como referencia.(Guijarro 2021)

Tabla 2-12: Ventajas y desventajas de los refuerzos en material compuesto en fibras naturales.

Ventajas	Desventajas
Sostenibilidad	Baja resistencia al agua.
Generan un bajo consumo de CO_2 .	Alta absorción de agua
Son biodegradables	Baja estabilidad dimensional
Requieren un bajo consumo de energía	Pobre interfaz
No quedan residuos tóxicos	Dureza
Su densidad es baja	Dificultad en su procesamiento
Poseen buenas propiedades mecánicas	Calidad heterogénea
Tienen bajo costo.	Presentan alta flamabilidad

Fuente: (Guijarro 2021)

Realizado por: Supe W., 2023

2.7 Resina poliéster

Este tipo de resinas termo endurecibles, que adoptan la forma de termoplásticos, son líquidas a temperatura ambiente; el proceso para convertirlos en sólidos depende del tipo de resina y se describe con más detalle a continuación:(Guijarro 2021)

- Resinas pre aceleradas + catalizador
- Resinas no pre aceleradas + acelerador + catalizador

A diferencia de los termoplásticos, el proceso no es reversible una vez producida la solidificación. El uso de esta resina tiene la ventaja de ser una sustancia muy utilizada, lo que facilita su obtención y hace que se conozcan bien los procedimientos de manejo.(Guijarro 2021)

2.7.1 Propiedades de la resina poliéster

La resina poliéster que se usa como material de diseño tiene las siguientes propiedades:(Guijarro 2021)

- Aislante térmico
- Aislante eléctrico

- Anticorrosivo
- Buen grado de relación peso / resistencia
- Resistencia al agua
- Resistencia a los rayos ultravioletas

2.7.2 *Curado*

El curado, también conocido como polimerización o endurecimiento, es la conversión de la resina de líquido a sólido y va acompañada de una reacción exotérmica (que emite calor). Este cambio ocurre con el tiempo y ocurre gradualmente. Primero pasa de un estado líquido a gelatinoso, luego se solidifica. Para la resina de poliéster, el agente catalizador es peróxido de metil-etil-cetona (MEK). Cuanto más corto es el tiempo de gelificación, más de ambos hay. (Guijarro 2021)

Los siguientes factores deben tenerse en cuenta a lo largo del proceso de curado, respetando siempre las especificaciones del fabricante: (Guijarro 2021)

- Tipo de resina.
- Temperatura ambiente.
- Tipo y cantidad del acelerador.
- Tipo y cantidad de catalizador.
- Tipo y cantidad de carga, si son elevados retrasan la curva.
- Humedad relativa, recomendada entre 40 y 54%.
- Exposición al sol.
- Temperatura durante el proceso.
- Espesor de laminado, cuyo aumento acorta el tiempo de gelificación.

2.8 **Fibra**

2.8.1 *Fibra natural de plátano*

Una de las fibras más conocidas por sus cualidades de durabilidad es la fibra blanda, que también es biodegradable y resistente. Esta fibra es bastante similar a la fibra de bambú, pero es de mayor calidad debido a su gran capacidad de rotación y resistencia al trazado. Se puede usar para crear una variedad de telas ya que tiene fibras gruesas que se encuentran en las venas del avión y fibras finas y delicadas que se encuentran dentro. También se utiliza porque su peso es ligero y se puede utilizar para crear tejidos de varias densidades. (Oquendo 2020)

La extracción de fibra de plátano se inicia con la obtención del tallo de la planta de donde se extrae la fibra por capas. Los tapones internos se obtienen después de la desfibración porque

contienen algo de humedad. Es posible obtener fibras suaves, fuertes, maleables y transparentes. Luego se lleva a cabo el proceso de secado, que consiste en dejar el material al sol durante unos días hasta que tome un tono claro.(Oquendo 2020)

Debido a que tiene propiedades mecánicas extremadamente altas, la fibra de plata natural se utiliza en una variedad de aplicaciones, como la creación de raspadores de pared y la producción de papel y sus derivados.

Tabla 2-13: Propiedades de la fibra de plátano.

Propiedades de la fibra de plátano	
Densidad	0.71 g/cm ³
Finura y diámetro	0.18-0.20 mm
Propiedades mecánicas	Tracción, torsión, tensión (resistencia y dureza)
Propiedades eléctricas	Aislamiento y resistencia.
Resistencia al agua	El agua salada no afecta.
Elongación a la ruptura	No se rompe fácilmente.
Recuperación de la humedad	9.86%

Fuente: (Oquendo 2020)

Realizado por: Supe W., 2023

2.8.2 *Fibra natural de abacá*

La planta de abacá, también conocida como Cñamo de Manila (*Musa textiles*), es una planta herbácea de la familia Musáceae. Si bien se parece a una planta de banano desde la distancia, sus características y usos son muy diferentes. Filipino de nacimiento, vive allí. Debido a las condiciones climáticas favorables en las regiones tropicales y subtropicales de las provincias de Santo Domingo de los Tsáchilas, Esmeraldas, Manabí, Los Ríos y Cotopaxi, el abacá pudo ser introducido en Ecuador en la década de 1940. Desde entonces, este país se ha convertido en un lugar privilegiado para el cultivo de abacá. (Villacís 2011)

La fibra de abacá está disponible en los grados 1, 2 y 3, siendo el grado 1 el mejor y el grado 6 los restos fibrosos. Cuando se trabaja con los grados 1, 2 o 3, se puede obtener un composite de alta calidad. La calidad del producto también puede determinarse midiéndolo; cuanto más delgada sea la fibra, mejor. Será blanco cuando sea de buena calidad y opaco cuando no. Ecuador exporta grados 1 a 5 debido a su durabilidad, flexibilidad y aplicabilidad en todas las áreas industriales.(Oquendo 2020)

Para lograr el más alto nivel de producción, el abacá debe cultivarse en áreas con ciertas características geográficas, ambientales y agrícolas. Temperaturas entre 22 a 28 °C y un ambiente tropical húmedo hacen que estas áreas sean ideales para el cultivo de abacá. Además, la precipitación fluvial es crucial; deben caer entre 1.800 mm y 2.500 mm de lluvia a lo largo del año. Se requiere suelo arcilloso que tenga suficiente materia orgánica y drenaje suficiente. La altitud es otro factor a tener en cuenta; no debe estar a más de 600 metros sobre el nivel del mar.(Villacís 2011)

Tabla 2-14: Propiedades de la fibra de abacá.

Propiedades de la fibra de abacá	
Densidad	1,5E-06 kg/mm ³
Módulo	18.5-37.2 mm
Deformación unitaria	3.10-4.27 (GPa)
Esfuerzo ultimo a la tracción	774.7-1261.3 (MPa)
Absorción de agua	8-10 (%)

Fuente: (Oquendo 2020)

Realizado por: Supe W., 2023

2.8.3 Componentes de la fibra de abacá

La fibra de abacá es la resultante de mezclar muchas fibrillas entre sí con la cual inicialmente es dividida en longitudes pequeñas para luego solidificar con la resina líquida y mantener la forma final o aquella adquirida del molde (Oquendo 2020)

2.8.4 Características de la fibra de abacá

La planta de abacá tiene una forma más alta y alargada que su pariente más conocido. Esta forma más alta se compone de vainas de hojas que se van desarrollando durante la vida del tallo, llamado pseudotallo, que es donde se encuentra la fibra. Dependiendo de la variedad, las vainas externas de color verde o rojo negruzco tienen fibras más cortas, arenosas y oscuras que forman una fibra de menor calidad. A medida que uno se adentra en el tallo, se encuentran las venas con las fibras más largas y de color más claro, hasta llegar al cilindro central donde se encuentra nuevamente la fibra más corta y blanca, que es la fibra de mejor calidad.(Villacís 2011)

Las plantas de abacá tienen un ciclo de vida perenne con un período de producción de 15 a 20 años. Se tarda de 18 a 24 meses en producir fibra; después de eso, el producto puede ser recolectado cada dos o tres meses. Se informa que existen más de 40 variedades diferentes de la

planta de abacá en Filipinas. Debido a que Ecuador es un país donde se introdujo la agricultura y luego se adaptó, las variedades que allí se producen son: (Villacís 2011)

- Bungalanón (tipos negro y rojo).
- Tangongón (tipo negro, rojo y orientado a sistemas).
- Maguindando (estilo rojo y verde).

2.8.5 Aplicaciones

Existen varios usos para el abacá. En países como Japón, Estados Unidos y Gran Bretaña, que sirven como mercados de exportación del Ecuador, los papeles de seguridad y especiales se elaboran con materiales como embutidos, filtros, fibras, textiles, cordelera, etc. En Brasil se inició la fabricación de paneles para automóviles. y Alemania, mientras que en Colombia se industrializa la producción de fibra para la construcción, cuerdas y techos. Estos productos se envían a Ecuador.(Páez 2007)

A continuación, se presentan algunas de las aplicaciones de la fibra de abacá:

- Producción de velas marinas, lo que la convierte en un material estratégico para Estados Unidos y Japón. Además, se utiliza en la creación de redes de pesca.(Páez 2007)
- La producción de bolsas de té y envolturas de embutido es el principal uso de la fibra de abacá. Debido a esto, los estudiantes de los grados 3 y 4 tienen la mayor demanda a nivel mundial.(Páez 2007)
- En la creación de alfombras, muebles, esterillas, persianas, caminos de mesa personalizados, sombreros, zapatillas estilo alpargata, abanicos, adornos y cinturones.(Páez 2007)
- La fabricación de varios tipos de papeles, entre ellos el papel de seguridad (que es muy difícil de modificar) y el papel para hacer billetes, es uno de los nuevos usos de la fibra de abulón. Además, aunque no se usa mucho, se usa en varios países para producir piezas de paneles de automóviles.(Páez 2007)



Ilustración 2-18: Algunas aplicaciones de abacá.
Fuente: (Páez 2007)

2.8.6 *Fabricación de la fibra de abacá*

La longitud de la fibra de abacá varía entre uno y dos metros o más, y su diámetro oscila entre 0,01 y 0,28mm. La sustancia fibrosa tiene forma filamentosa y está formada por varias fibras que se unen de forma natural a través de gomas. Las células individuales están intrincadamente unidas entre sí por estímulos naturales. Las celdas individuales son cilíndricas y varían en tamaño de 6 a 46 mm de diámetro y entre 3 y 12 mm de altura. Por el contrario, la fibra de abacá es mucho más resistente que otras fibras vegetales a la degradación en el agua del aderezo para ensaladas.(Villacís 2011)

Las fibras de abacá son lignocelulósicas, y su composición química es la siguiente: 70,1% celulosa, 21,8% hemicelulosa, 0,6% pectina y 5,7% lignina.(Villacís 2011)

2.9 **Ensayos destructivos para la caracterización de un material compuesto**

Los ensayos destructivos se los utilizan para caracterizar la composición de un material, permiten identificar el comportamiento bajo carga y los límites tolerables del material. Este procedimiento parte de basarse en estándares para determinar la cantidad adecuada de muestras, utilizar las herramientas adecuadas y adherirse a una metodología que asegure la validez de los resultados. Los estándares para probar las características de los materiales compuestos han sido establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN). En esta investigación se realizarán pruebas (ensayos) de tracción y flexión.(Guijarro 2021) Para ello se utilizan los laboratorios de resistencia de materiales de la Universidad Técnica de Ambato y del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero de la Provincia de Tungurahua.

2.10 Ensayos de tracción

Para obtener las propiedades mecánicas de los materiales se realiza comúnmente el ensayo de tracción. Se aplica fuerzas uniaxiales al material a lo largo del eje longitudinal que deforman la probeta hasta llegar al punto de fractura o rotura.(Naranjo 2021)

En las probetas de material termoestable de fibra de abacá con resina poliéster se realiza los ensayos de tracción con la norma INEN NTE 2047 “Determinación de la resistencia a la flexión de los materiales plásticos rígidos”, utilizando la máquina de ensayos universal para materiales poliméricos como se indica en la **Ilustración 2-19**.



Ilustración 2-19: Máquina de ensayos Metrotec 50 KN.
Realizado por: Supe W., 2023

En términos generales, los datos reales obtenidos de cada probeta se incluyen en el informe, donde se determinan las propiedades y la precisión del material de acuerdo con el registro de la instrumentación y el equipo. Además, se utilizan tipos específicos de código de averías para identificar las probetas, como se muestra en la **Ilustración 2-20**.(Oquendo 2020)

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

Ilustración 2-20: Codificación de fallas en pruebas de tracción.
Fuente: (Oquendo 2020)

2.11 Ensayo de flexión

La prueba de flexibilidad se realiza de acuerdo con la norma NTE INEN 2043, “Método de ensayo para la determinación de las propiedades de tensión”, que establece la rigidez, la resistencia y el comportamiento de la carga (deflexión) de un material. (Oquendo 2020)

El procedimiento consiste en deformar la probeta aplicando una carga a lo largo de su eje mayor con una velocidad constante hasta que la probeta se rompa o llegue al mayor alargamiento. De acuerdo con el estándar, debe haber al menos cinco probetas para realizar las pruebas requeridas para cada condición de estudio. (Guijarro 2021)

La máquina para realizar el ensayo debe tener una velocidad especificada se la debe elegir en función de la especificación del material a ensayar, en donde se desataca el parámetro de la velocidad en mm/min sobre la tolerancia en %, añadiendo esto, también se necesita que la máquina sea automotriz. (INEN 2 2047 2015)



Ilustración 2-21: Máquina de ensayo SHIMADZU AGS - 50
Realizado por: Supe W., 2023

2.12 Método de elementos finitos (MEF).

Debido a su capacidad para abordar problemas complejos, los métodos analíticos basados en elementos finitos son muy importantes y, como resultado, los procedimientos de modelado y simulación se han vuelto comunes. Es posible probar el comportamiento de nuevos materiales, sistemas o estructuras antes de fabricarlos, lo que es ventajoso en términos de tiempo y dinero. Este método tiene aplicaciones en una variedad de campos, incluido el transporte de calor, la mecánica de fluidos, el electromagnetismo, etc. (Guijarro 2021)

El MEF ha crecido como resultado del avance tecnológico surgido en las últimas décadas. Pero este método se remonta al antiguo Egipto, donde existen ejemplos de cálculos de este tipo para determinar el volumen de pirámides. El primer artículo sobre este tema se publicó en 1956. Y si bien la necesidad de abordar los problemas de la industria ha jugado un papel importante en su desarrollo, su uso comenzó a expandirse a fines de la década de 1980 como resultado de la aparición de la primera televisión comercial. programas El MEF se ha utilizado para analizar nuevos materiales, como los materiales compuestos, por ejemplo, en el campo de la ciencia e ingeniería de materiales.(Guijarro 2021)

Este método divide la estructura en componentes que están conectados por nodos para dar una solución aproximada que se evalúa en relación con los movimientos nodales que definen la solución en cada componente y, en consecuencia, la solución de la estructura en su conjunto. Dependiendo del software que se utilice, se puede determinar la geometría de estos elementos; pueden ser lineales, superficiales o aislados. El siguiente gráfico muestra varios ejemplos:(Guijarro 2021)

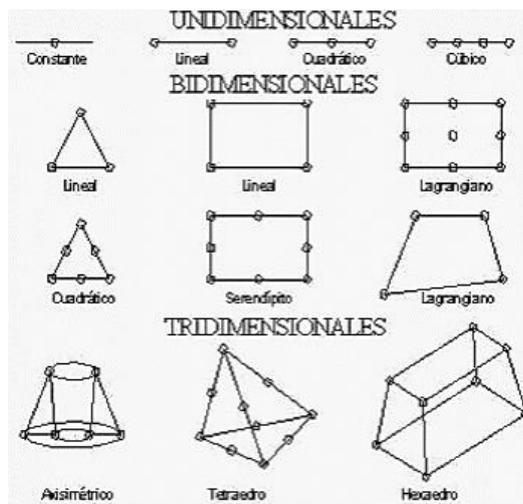


Ilustración 2-22: Tipos de elementos (MEF).
Fuente: (Guijarro 2021)

2.13 Normas INEN

Para el desarrollo del trabajo de integración curricular se hace uso exclusivamente de las normas NTE INEN 2043 e NTE INEN 2047, las cuales se detallan en la sección 2.13.1 y 2.13.2.

2.13.1 NTE INEN 2043

Esta norma especifica el procedimiento para determinar la resistencia a la rotura por tracción en plásticos con la utilización de probetas normalizadas en condiciones de prueba previa, temperatura, humedad y velocidad de prueba definidas con precisión. (INEN 2043 2013)

Dentro de esta norma tenemos tres tipos de probetas, las cuales se describen a continuación.

2.13.1.1 Probeta Tipo A

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra la forma de este tipo de probeta, además en **Tabla 2-15** se muestra las dimensiones de este tipo de probeta.

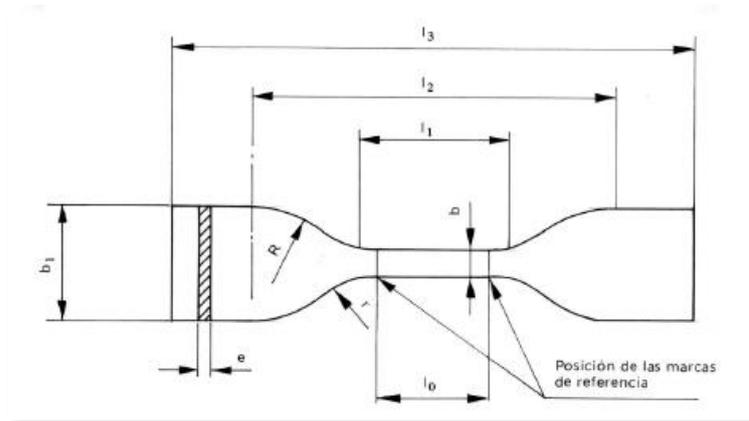


Ilustración 2-23: Probeta Tipo A.
Fuente: (INEN 2043 2013)

Tabla 2-15: Dimensiones de las probetas Tipo A

Símbolo	Descripción	Valor [mm]
l_3	Longitud total mínima	115
b_1	Anchura en los extremos	25 ± 1
l_1	Longitud de la parte calibrada	33 ± 2
b	Anchura de la parte calibrada	$6 \pm 0,4$
r	Radio menor	14 ± 1
R	Radio mayor	25 ± 2
l_0	Longitud de referencia	$25 \pm 0,25$
l_2	Distancia inicial entre mordazas	80 ± 5
e	Espesor: máximo preferido	3 2

Fuente: (INEN 2043 2013)
Realizado por: Supe W., 2023

2.13.1.2 Probeta Tipo B1 y B2

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra la forma de este tipo de probeta, además en la **Tabla 2-16** se muestra las dimensiones de este tipo de probeta.

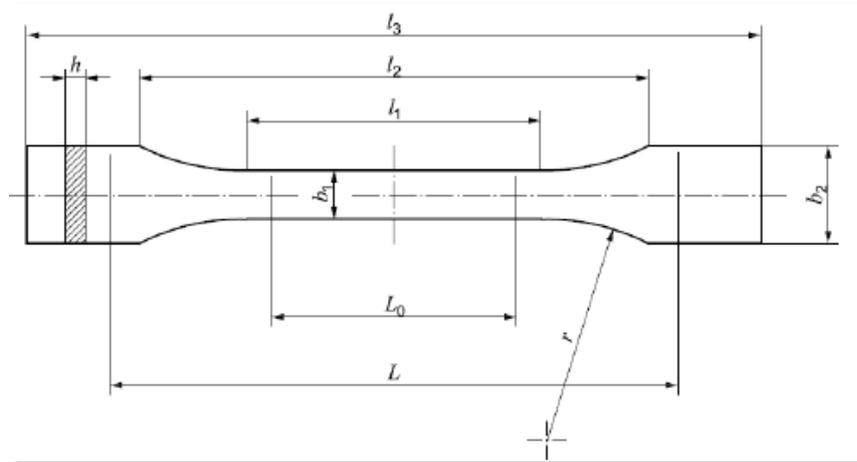


Ilustración 2-24: Probeta Tipo B1 y B2

Fuente: (INEN 2043 2013)

Tabla 2-16: Dimensiones de las probetas Tipo B1 y B2.

Símbolo	Tipo de probeta	B1 Valor [mm]	B2 Valor [mm]
l_3	Longitud total	170	≥ 150
l_1	Longitud de la parte calibrada	80 ± 2	$60,0 \pm 0,5$
r	Radio	24 ± 1	$60 \pm 0,5$
l_2	Distancia entre porciones de ancho paralelo	$109,3 \pm 3,2$	$108 \pm 1,6$
b_2	Ancho de los extremos	$20,0 \pm 0,2$	
b_1	Ancho de la parte angosta	$10,0 \pm 0,2$	
h	Espesor preferido	$4,0 \pm 0,2$	
L_3	Distancia entre mordazas	$75,0 \pm 0,5$	$50,0 \pm 0,5$
	Distancia entre mordazas solo para control de calidad o cuando se especifique	$50,0 \pm 0,5$	
L	Distancia inicial entre mordazas	115 ± 1	115 ± 1

Fuente: (INEN 2043 2013)

Realizado por: Supe W., 2023

2.13.1.3 Probeta Tipo D1 y D2

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra la forma de este tipo de probeta, además en la **Tabla 2-17** se muestra las dimensiones de este tipo de probeta.(INEN 2043 2013)

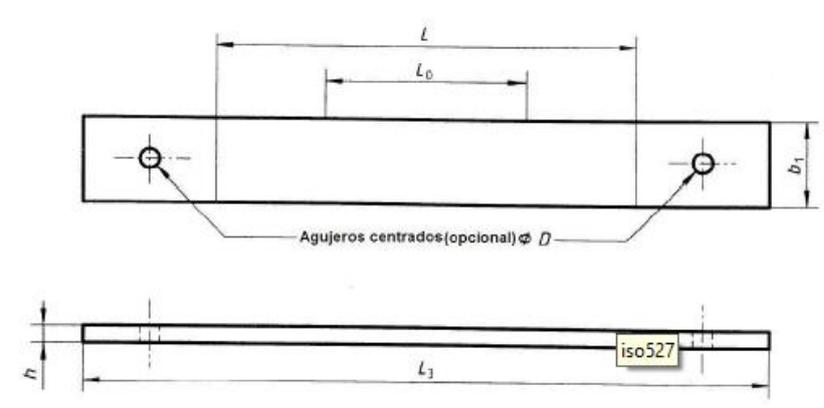


Ilustración 2-25: Probeta Tipo D1

Fuente: (INEN 2043 2013)

Tabla 2-17: Dimensiones de la probeta Tipo D1

Símbolo	Descripción	Valor [mm]
L_3	Longitud total	≥ 250
L_2	Distancia entre talones	-
b_1	Ancho	$25 \pm 0,5$ ó $50 \pm 0,5$
h	Espesor	De 2 a 10
L_0	Distancia entre mordazas	50 ± 1
L	Distancia inicial entre mordazas	150 ± 1
L_T	Longitud de los talones	-
h_T	Espesor de talones	-
D	Diámetro de agujeros centrales	$3 \pm 0,25$

Fuente: (INEN 2043 2013)

Realizado por: Supe W., 2023

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra la forma de este tipo de probeta, además en la **Tabla 2-18** se muestra las dimensiones de este tipo de probeta.(INEN 2043 2013)

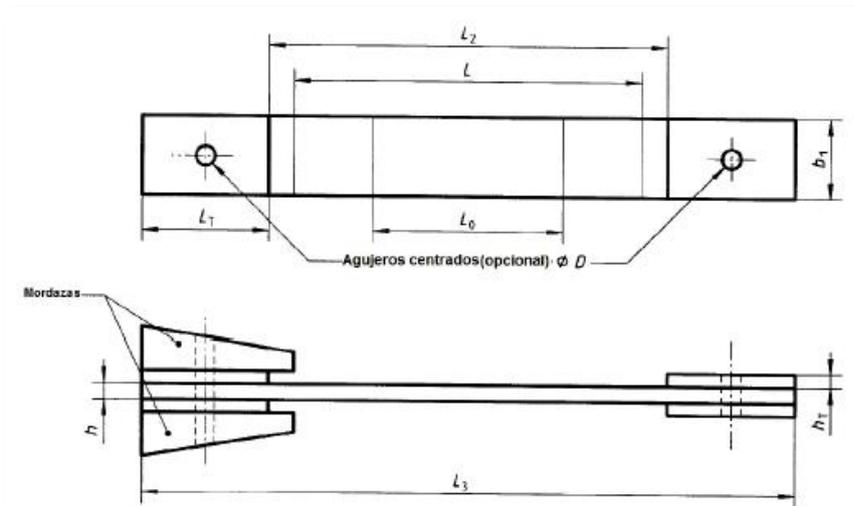


Ilustración 2-26: Probeta Tipo D2
Fuente: (INEN 2043 2013)

Tabla 2-18: Dimensiones de la probeta Tipo D2

Símbolo	Descripción	Valor [mm]
L_3	Longitud total	≥ 250
L_2	Distancia entre talones	150 ± 1
b_1	Ancho	$25 \pm 0,5$ ó $50 \pm 0,5$
h	Espesor	De 2 a 10
L_0	Distancia entre mordazas	50 ± 1
L	Distancia inicial entre mordazas	136 (nominal)
L_T	Longitud de los talones	≥ 50
h_T	Espesor de talones	De 1 a 3
D	Diámetro de agujeros centrales	$3 \pm 0,25$

Fuente: (INEN 2043 2013)
Realizado por: Supe W., 2023

2.13.2 NTE INEN 2047

Dentro de esta norma el número mínimo de probetas para la realización de ensayos son cinco, Esta norma establece un procedimiento para el ensayo de materiales plásticos rígidos, ya sea que estén formados en barras rectangulares con medidas normalizadas o no, o cortados de otros materiales como placas, hojas u otras formas.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra la posición de la probeta durante el ensayo.(INEN 2 2047 2015)

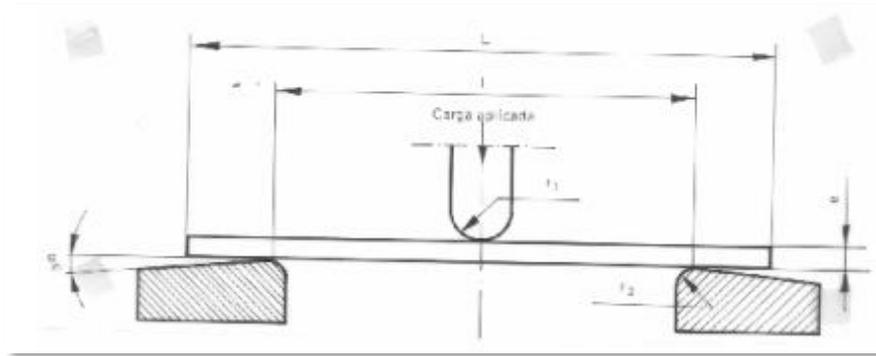


Ilustración 2-27: Ubicación de la probeta durante el ensayo.
Fuente: (INEN 2 2047 2015)

Tabla 2-19: Dimensiones de las probetas

Símbolo	Descripción	Valor [mm]
l	Longitud mínima	80
b	Anchura	$10 \pm 0,5$
e	Espesor	$4 \pm 0,2$

Fuente: (INEN 2043 2013)

Realizado por: Supe W., 2023

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1 Métodos de Investigación

En el presente trabajo se realizó los siguientes métodos de investigación:

3.1.1 *Método Inductivo*

Según (Bastis 2020) el método inductivo parte de lo específico a lo general, esto quiere decir que después de varios conocimientos particulares se puede obtener una conclusión de carácter general, comienza con la observación la cual busca evidencias detalladas teniendo en cuenta que no podemos encontrar una hipótesis en la etapa inicial, esto lleva una incertidumbre al no saber el tipo y la naturaleza de los resultados de la investigación que se está realizando.

3.1.2 *Método Deductivo*

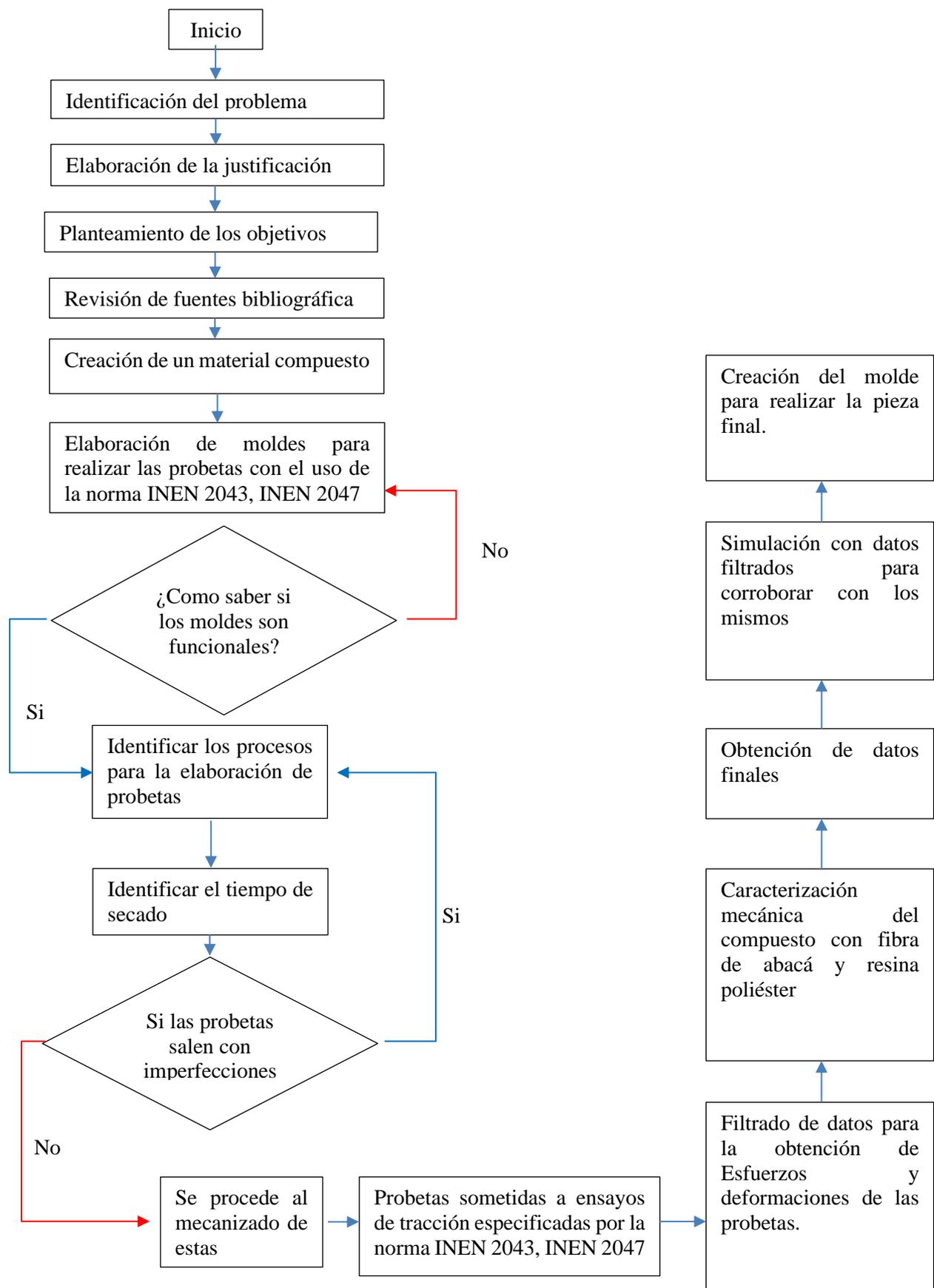
El método deductivo parte de lo general a lo particular. Comúnmente las fibras son empleadas en la manufactura de piezas automotrices. El abacá se la considera como una fibra; en este caso este método es utilizado para elaborar la redacción y comprobar el trabajo de integración curricular, usando reglas y leyes basado en un análisis, además, se usa para comparar la veracidad de la conclusión siguiendo tres pasos los cuales son:

- Observación
- Suposición
- Verificación

3.1.3 *Método experimental*

Según(Murillo et al. 2019) el método experimental se basa en manipular una o más variables de estudio y de esta manera observar el efecto en sus conductas al aumentar o disminuir las variables. Al manipular las variables en el software de diseño y simulación para obtener un mejor comportamiento ante la presencia de fuerzas externas a los que va a estar sometido el frontal del karting del material polimérico.

3.2 Diagrama Metodológico



3.3 Población y muestra

3.3.1 Población

En lo que tiene que ver a la población de la investigación se determina las mejores propiedades mecánicas y de resistencia con la elaboración de un conjunto de probetas compuesto de material refuerzo de fibra de abacá con matriz poliéster, las mismas que se obtuvo en un molde de acrílico en base al moldeo en vacío. Con la finalidad de determinar las características mecánicas del material con la realización de ensayos de tracción y flexión en base a las normas revisadas en el capítulo dos. La configuración del refuerzo y la orientación de la fibra se lo detalla en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Tabla 3-1: Configuración de compuestos matriz, refuerzo de las probetas.

Fracción volumétrica		Orientación de la fibra	Configuración del refuerzo
Matriz	Refuerzo		
70 %	30 %	Uniforme	Tejido
70 %	30 %	Continua	Tejido

Fuente: Supe W., 2023

Realizado por: Supe W., 2023

3.3.2 Tamaño de muestra

Las muestras realizadas se las determina en base a la selección para los distintos ensayos con normas INEN, como se detalla a continuación. De acuerdo con la norma INEN 2043 existen tres tipos de probetas, para nuestro desarrollo hacemos uso de la probeta de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.,** dado que esta cumple las condiciones de longitud necesaria para la elaboración de la experimentación.

Tabla 3-2: Número de probetas para ensayos.

Tipo de ensayo	Norma	Número de probetas
Tracción (Tipo D1)	NTE INEN 2043	5
Flexión	NTE INEN 2047	6
Total		11

Fuente: Supe W., 2023

Realizado por: Supe W., 2023

3.4 Plan para procesamiento y análisis de datos

3.4.1 Preparación de la fibra

El refuerzo utilizado fue fibra de abacá, la cual cuenta con cinco calidades de fibra disponibles, para este proyecto se seleccionó la de Grado 3, debido a que presenta mejor uniformidad y su espesor una vez tejido permite la fluidez de la resina (Guijarro 2021). Las características de la fibra de Abacá son:

Tabla 3-3: Características de la fibra de abacá.

Característica	Descripción
Variedad	Tangongón rojo
Tipo de tallo	Tango
Calidad	3
Nombre conocido	Cáñamo de Manila (Musa textiles Nees)

Fuente: (Guijarro 2021)

Realizado por: Supe W., 2023

3.4.2 Obtención de la fibra

En cuanto el fruto está listo para cosechar comienza el proceso de obtención de la fibra de la siguiente manera:

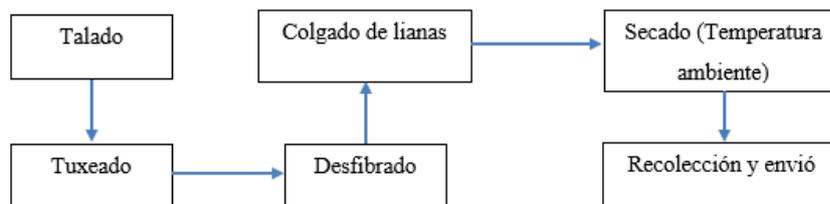


Ilustración 3-1: Obtención de la fibra de abacá.

Fuente: (Bravo y Abraham Yamil 2022)

3.4.2.1 Talado

Un trabajador llamado localmente como “tallero” es el encargado de talar y agrupar de cuatro a cinco tallos en un mismo lugar. A continuación, en la ilustración 3-2 se observa en la Provincia de Santo Domingo la plantación de abacá



Ilustración 3-2: Sembradío de Abacá
Fuente: (Bravo y Abraham Yamil 2022)

3.4.2.2 *Tuxeado*

Otro trabajador llamado “tuxero” recoge los tallos ya agrupados y comienza a sacar finas capas del tallo diferenciando las distintas calidades de fibra, las cuales van desde la numero uno hasta la numero cinco, siendo el número uno la de mejor calidad y de color blanco, diferenciado de la numero cinco con estos mismos aspectos debido a que la de peor calidad es de un tono amarillo oscuro.



Ilustración 3-3: Trabajador tuxeando.
Fuente: (Bravo y Abraham Yamil 2022)

Una vez finalizado el proceso de tuxeado un trabajador amarra las fibras en forma de carga a este proceso se lo denomina “tonguillos” para facilitar el traslado hacia las maquinas desfibradoras, para continuar con el proceso de la fabricación de la fibra.



Ilustración 3-4: Abacá en forma de tonguillos.
Fuente:(Bravo y Abraham Yamil 2022)

3.4.2.3 *Desfibrado*

Los “tonguillos” son desplazados hacia los desfibradores en donde se clasifican dependiendo las capas del tallo e ingresan a la maquina 3 o 4 de estas para posteriormente eliminar el exceso y sacara la fibra, este proceso se repite hasta tener el material desfibrado pueden ser 2 o 3 veces.



Ilustración 3-5: Maquina desfibradora del material.
Fuente: (Bravo y Abraham Yamil 2022)

3.4.2.4 *Secado*

Este proceso varía mucho debido a la calidad de clima presentes en la costa ecuatoriana, con un día de sol intenso, es suficiente una hora para que la fibra sea secada por completo, con días nublados se puede demorar de tres a cuatro horas en secarse, se debe tener en cuenta que la fibra no por estar caliente quiere decir que necesariamente se encuentren secas una vez que exista un sol intenso, por esta razón es recomendable invertir las fibras para mantener un secado uniforme.



Ilustración 3-6: Secado de la fibra por un lapso de 24 horas.
Fuente: (Bravo y Abraham Yamil 2022)

3.4.2.5 *Recolección y envió*

Finalizado la fase de secado de la fibra, se recoge del tendedero y se las envuelve para una mayor facilidad de trasportación de la fibra, esta fibra es comercializada para artesanías o la importación de esta, se la vende por la cantidad de peso que requiera los clientes.



Ilustración 3-7: Fibra lista para venderla.
Fuente: (Bravo y Abraham Yamil 2022)

Una vez adquirida la fibra se la transporta hasta la ciudad de Riobamba donde se realizó el proceso de preparación para la elaboración de probetas que consistió en:

3.4.3 *Selección de la fibra*

Se empieza soltando las fibras, como las envían amarradas se complica la manufactura de la fibra ya que se forman nudos por esta razón se deben desenredar, separar y seleccionar las mejores fibras teniendo en cuenta la continuidad de la fibra y que no se haya doblado hasta el punto de romperse.



Ilustración 3-8: Porción de fibra de abacá.
Realizado por: Supe W., 2023

Selección y extracción de la fibra. Esto con el objetivo de tener una minuciosa y precisa selección de la fibra.



Ilustración 3-9: Selección de la fibra para realiza el proyecto.
Realizado por: Supe W., 2023

Se realiza el Mercerizado que constituye en el lavado de la fibra en este caso se trabajó con 500 gramos de fibra, añadiendo una solución de 30 gramos de jabón artesanal (contiene 50% de hidróxido de sodio) en 3 litros de agua alcalina con 5 % de carbonato de calcio, se lo dejo en remojo por 5 minutos teniendo en cuenta que es importante no doblar, trenzar, ni exprimir la fibra.



Ilustración 3-10: Cantidad de jabón artesanal
Realizado por: Supe W., 2023

Realizar el secado colgando la fibra por 24 horas a temperatura ambiente de la ciudad de Ambato.

3.4.4 Selección de la variación de la mezcla

Para confirmar la mejor configuración de la fibra matriz y una buena fluidez durante el relleno de las probetas, se realizó pruebas en las mezclas, se utilizó la resina poliéster cobaltada, las características de este componente se encuentran en el Anexo A. El proceso estaba constituido en variar la cantidad de catalizador MEK. Los parámetros para tener en cuenta fueron el nivel de adhesión y el tiempo de curado de la mezcla fibra- matriz, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 3-4: Configuración de las mezclas con resina y demás compuestos.

Elementos de la mezcla	Nivel de fluidez	Resultados
50 % Resina 20% de monómero de estireno 2% de Talco 1% de Octoato de Cobalto 1.0 % mek Fibra de abacá tejida	Alta	Tiempo de curado: alto Adhesión de fibra-matriz: excelente
50 % Resina 20% de monómero de estireno 2% de Talco 1% de Octoato de Cobalto 1.5 % mek	Media	Tiempo de curado: medio Adhesión fibra-matriz: buena
50 % Resina 20% de monómero de estireno 2% de Talco 1% de Octoato de Cobalto 3 % mek	Media	Tiempo de curado:bajo Adhesión fibra-matriz: regular.

Realizado por: Supe W., 2023

Se llega a determinar que mientras mayor sea la cantidad de catalizador menor será el tiempo de curado, se seleccionó la cantidad de 1% de catalizador (MEK), debido a que la fluidez de la resina es alta con lo que permite rellenar todos los espacios de las probetas permitiendo una adecuada mojabilidad de la fibra tejida, el tiempo de curado es de aproximadamente 10 horas. El valor de 1% de catalizador, es el recomendado por el docente guía en materiales compuestos de la escuela de Ingeniería Automotriz.

3.4.5 Densidad de la fibra de abacá

Según (Bravo y Abraham 2022) indica que el ángulo de ubicación de la fibra y el contenido de celulosa son los factores determinantes de las fuerzas de las fibras naturales, esto se define a mayor cantidad de celulosa mayor fuerza tendrá la fibra. La forma tejida de las fibras naturales se ha utilizado para reemplazar a las fibras sintéticas y de esta manera poder aplicarlas a piezas de

automóviles. Apoyado en la cantidad de fibra tejida, los compuestos de fibras textiles que sirven para la fabricación son muy flexibles y muestran propiedades mecánicas mejoradas.

Tabla 3-5: Densidad del refuerzo de fibras naturales

#	Fibra Natural	Densidad [g/cm^3]
1	Banana	0.5 a 1.5
2	Yute	1.3 a 1.5
3	Sisal	1.3 a 1.5
4	Abacá	1.5
5	Piña	1.56
6	Bamboo	1.2 a 1.5
7	Algodón	1.6

Fuente: (Bravo y Abraham 2022)

Realizado por: Supe W., 2023

3.4.6 Densidad del refuerzo

En el Anexo A se puede apreciar la densidad que tendrá la resina poliéster cobaltada la cual nos brinda un valor de $1,12 [g/cm^3]$ la cual se la obtiene a una temperatura de $20\text{ }^\circ\text{C}$. Se trata de una resina, de reactividad media y de un contenido pre acelerado al momento de realizar una combinación se representa con un líquido rosa, transparente y libre de impurezas.

Tabla 3-6: Características de la resina poliéster cobaltada

Característica	Descripción
Contenido en Polímero	64 – 68 %
Densidad	1 [g/cm^3]
Punto de inflamación	$32\text{ }^\circ\text{C}$
Viscosidad a $25\text{ }^\circ\text{C}$	500 – 600 mPa.s
Tiempo de Gel a $25\text{ }^\circ\text{C}$	14 – 22 min

Realizado por: Supe W., 2023

3.4.7 Densidad del material compuesto

Para determinar la densidad de los componentes del material compuesto se lo realiza mediante análisis gravimétrico para el refuerzo y la matriz. Para determinar la densidad se aplica la ecuación 1.

$$d_c = f_m * d_m + f_f * d_f$$

$$d_c = (0.70)\left(1\frac{g}{cm^3}\right) + (0.30)\left(1.5\frac{g}{cm^3}\right)$$

$$d_c = 1,15\left(\frac{g}{cm^3}\right)$$

3.4.8 *Elaboración de los moldes*

El material con el cual se realizó el molde fue acrílico cortado a base de rayo láser, unido con pegamento instantáneo para generar el molde, este pegamento tuvo una buena resistencia al generarse la reacción química de todos los componentes más la adición del mek, siendo el componente que activa la reacción de los complementos. Al molde se lo cubrió con cera desmoldante para tener una mejor facilidad a la hora de desmoldar las probetas. Las características del acrílico se encuentran en el Anexo B.

El diseño del molde se lo realizó en el programa SolidWorks en función de la norma INEN 2043 de acuerdo con las medidas establecidas en la misma norma. El molde diseñado consiste en 5 partes: frontal, posterior, lateral derecho e izquierdo más la base. La parte exterior en forma tubular cuadrada, abierta en la parte superior para el ingreso de la resina añadiendo el refuerzo, para finalmente cubrirla con una tapa. Las probetas se elaboran de modo que sean fácilmente desmoldables, sin la aplicación de esfuerzos a la hora de obtener los moldes. Se elaboraron 2 tipos de moldes, que se muestran en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**



Ilustración 3-11: Moldes para los ensayos en acrílico
Realizado por: Supe W., 2023

3.4.9 *Determinación del volumen del molde*

Para cuantificar el volumen se debe tener en cuenta el área de sección transversal y multiplicado por la longitud, se debe tener en cuenta las medidas establecidas por la norma INEN 2047.

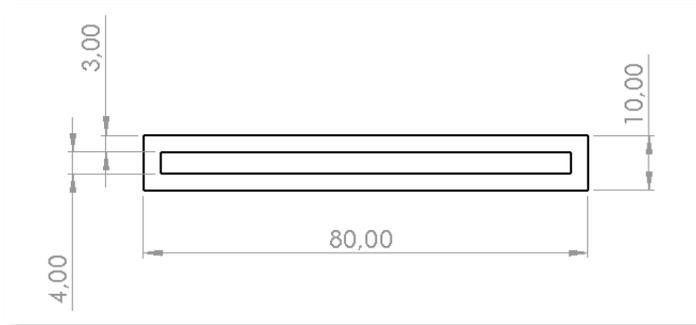


Ilustración 3-12: Sección transversal de la probeta en mm.
Realizado por: Supe W., 2023

Del programa SolidWorks se obtiene el valor del área transversal de 504 mm^2 , con esto se puede realizar el cálculo del volumen

$$V = A * I$$

Donde

V = Volumen del molde [cm^3]

A = Área de la sección transversal [cm^2]

I = Longitud de la probeta [cm]

$$V = (5.04 \text{ cm}^2) * (8 \text{ cm})$$

$$V = 203.21 \text{ cm}^3$$

3.4.10 Cálculo de la fracción másica

A fin de elaborar la probeta se pretende cuantificar la cantidad de masa del refuerzo presente en a cada probeta, por lo cual calculamos la fracción másica correspondiente:

$$V_f = f_f * V$$

$$V_f = (0.30)(203.21 \text{ cm}^3)$$

$$V_f = 60,96 \text{ cm}^3$$

Se utiliza la fórmula de la densidad para calcular la masa de fibra por cada probeta:

$$m_f = d_f * V_f$$

$$m_f = (0.68 \text{ g/cm}^3)(60.96 \text{ cm}^3)$$

$$m_f = 41.26 \text{ g}$$

3.4.11 Elaboración de probetas

En la elaboración de las probetas se tiene cortadas la masa de fibra de abacá tejida a las medidas establecidas por la norma NTE INEN 2043 y NTE INEN 2047 para este proceso es necesario tener mucho cuidado a la hora de recortar la fibra debido que al ser tejida tiende a deshilarse, lo que complica la puesta en los moldes previamente elaborados.



Ilustración 3-13: Moldes y fibra para realizar las probetas
Realizado por: Supe W., 2023

Se debe colocar el EPP (equipo de protección personal) como son mandil, guantes, mascarilla antes de manipular los químicos como son la resina entre otros componentes.

A continuación, se detallan los pasos realizados para obtener las probetas:

- Cubrir de cera desmoldante al molde elaborado de acrílico para evitar que la probeta se adhiera al molde.
- Preparar la fibra trenzada que formaran parte de la probeta, debido a que la resina una vez preparada se gelifica en un periodo de 10 a 20 minutos.



Ilustración 3-14: Ubicación de la fibra en el molde.
Realizado por: Supe W, 2023

- Se añade la fibra en el molde hasta completar la altura especificada en la norma, con la ayuda de la tapa del molde se puede obtener una terminación completa de la probeta.

- Prepara una solución de 50 gramos de resina, más 10 gramos de monómero de estireno, se le añade 1 gramo de talco, 1 gramo de octoato, finalmente, 1 gramo de catalizador (MEK), se remueve con un agitador por un lapso de 3 minutos, evitando que se formen burbujas al realizar este proceso.



Ilustración 3-15: Componentes químicos.
Realizado por: Supe W, 2023

Se vierte la mezcla en el molde distribuyéndola en su totalidad con mucho cuidado y de forma constante. Para darle la forma rectangular a la probeta, se coloca capas de fibra y resina hasta llegar al límite de las bases exteriores y se procede a tapar las mismas para lograr una mejor estética de la probeta.



Ilustración 3-16: Medición en masa del talco a ser agregado en la mezcla.
Realizado por: Supe W, 2023

Se desmolda las probetas después de un lapso de 24 horas retirando la tapa. Se debe tener cuidado de no aplicar un exceso de fuerza sobre las probetas durante este proceso, con la finalidad de evitar daños.



Ilustración 3-17: Desmolde de probetas para ensayos.
Realizado por: Supe W, 2023

En el caso de las probetas para realizar los ensayos de tracción se les añadió trozos de lija en las esquinas solicitados por los técnicos de laboratorio en donde se realizó los ensayos, la razón de ubicar estos trozos de lija es para que la maquina tenga un mejor agarre en las mordazas que van a sostener las probetas



Ilustración 3-18: Probetas con trozos de lija para ensayos de tracción.
Realizado por: Supe W, 2023

3.4.12 Curado

Una vez realizado la elaboración de moldes, el proceso de curado consiste en mantener las probetas a temperatura ambiente por un lapso de 24 horas. Durante este tiempo la probeta permaneció en el molde de acrílico, finalmente, se lo almacena en un lugar seco y limpio a temperatura ambiente.

3.5 Caracterización del elemento

Para obtener las características del material se envió al laboratorio a realizar pruebas de tracción y flexión. Estas pruebas fueron realizadas en dos laboratorios diferentes, en el Centro de fomento productivo Metalmecánico Carrocero y en la Universidad Técnica de Ambato en los laboratorios de la Facultad de ingeniería civil y mecánica.

3.5.1 Caracterización del ensayo de tracción

En cuanto a las características de las probetas una vez terminadas de realizarlas para posteriormente enviarlas a los respectivos laboratorios para sus respectivos ensayos de tracción se detallan las propiedades.

Tabla 3-7: Características de las probetas para ensayos a tracción.

Material de la matriz	Resina poliéster cobaltada
Material del refuerzo	Fibra de abacá
Dimensiones de la sección transversal de la probeta	25x25x10 mm
Longitud de la probeta	250 mm
Tipo de estratificación	Moldeo por colado
Tiempo de curado	24 horas a temperatura ambiente.

Realizado por: Supe W, 2023

Se analizaron 5 probetas con la fibra tejida, con la finalidad de obtener la fuerza máxima, esfuerzo máximo de tracción, desplazamiento y porcentaje de elongación.

3.5.2 Caracterización del ensayo de flexión

En cuanto a las características de las probetas una vez terminadas de realizarlas para posteriormente enviarlas a los respectivos laboratorios para sus respectivos ensayos de flexión se detallan las propiedades.

Tabla 3-8: Características de las probetas para ensayos a flexión.

Material de la matriz	Resina poliéster cobaltada
Material del refuerzo	Fibra de abacá
Dimensiones de la sección transversal de la probeta	10x8x8 mm
Longitud de la probeta	80 mm
Tipo de estratificación	Moldeo por colado
Tiempo de curado	24 horas a temperatura ambiente.

Realizado por: Supe W, 2023

Se analizaron 6 probetas con la fibra tejida, con la finalidad de obtener los resultados de fuerza máxima, modulo elástico, tensión máxima, desplazamiento y porcentaje de deformación máxima.

3.6 Proceso de fabricación del frontal del karting

Para la construcción del frontal se muestran unas gráficas en donde se describe el proceso que se realizó.

3.6.1 *Diseño de la pieza*

Como primer punto se elabora el diseño de la pieza en el software CAD SolidWorks, con la ayuda de la renderización en 3D del frontal del karting

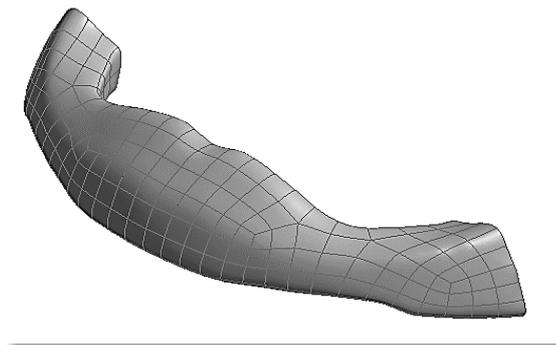


Ilustración 3-19: Diseño del frontal del karting.
Realizado por: Supe W, 2023

Una vez diseñado el frontal es enviado al programa ANSYS Workbench para la respectiva simulación con el material alternativo fibra de abacá.

3.6.2 *Elaboración del molde*

Una vez forrada la pieza original del frontal se procede a realizar el molde en fibra de vidrio, se colocó 7 manos de cera desmoldante con la finalidad de que el molde no se adhiriera a la pieza original y la extracción de este sea de una manera más fácil, en la **Ilustración 3-20** se puede observar los dos moldes realizados de la pieza original.



Ilustración 3-20: Elaboración del molde en dos piezas del frontal.
Realizado por: Supe W, 2023

3.6.3 Preparar la fibra

De la misma forma que la elaboración de las probetas se procede a dibujar la zona que se necesita para recortar y ubicar en el molde, teniendo en cuenta que abarque toda la zona del molde sin dejar espacios vacíos sin fibra debido a que esto generara problemas a la hora de realizar el desmolde.



Ilustración 3-21: Fibra seccionada para el molde.
Realizado por: Supe W, 2023

3.6.4 Preparación del molde

Una vez que se obtuvo el molde se lo cubre con dos manos de cera desmoldante añadiendo una mano de yercoat el cual actúa como agente desmoldante, excelente para el desprendimiento de piezas, nos ayuda a la fabricación de piezas en fibra, especialmente si van a hacer unidas el cual es nuestro caso, es decir si se obtiene dos moldes con la finalidad de conseguir una figura bien elaborada y sólida,



Ilustración 3-22: Molde con la inclusión de cera desmoldante.
Realizado por: Supe W, 2023

3.6.5 Preparación de la resina

En este caso al ser el molde más grande se utilizó una preparación de resina ya elaborada en la cual estaba incluida 3 Kg en total, dividiéndolas en diferentes porciones ya que al ser la fibra un producto de difícil dominación, los compuestos químicos ya realizaban su reacción, debido a que se colocaba el MEK y procedían a secarse, en total se utilizó 8 porciones de resina dividido 0.37 Kg para la elaboración de todo el molde.



Ilustración 3-23: Cantidad de resina por porciones.
Realizado por: Supe W, 2023

3.6.6 Aplicación de la resina y fibra

Primero se añadió una capa de resina antes de la colocación de la fibra, esto con la finalidad de obtener una mejor adherencia de la fibra al molde, posteriormente se aplicó la resina ya preparada (resina más el catalizador) y la fibra de forma continua, rellenando todos los espacios del molde con la misma de manera que se obtenga la forma del molde.



Ilustración 3-24: Aplicación de la resina y fibra al molde.
Realizado por: Supe W, 2023

3.6.7 *Inicio del ciclo de curado*

Al aplicar la resina y la fibra, esta se la debe compactar el material y darle la figura correspondiente se utilizó un rodillo para los espacios amplios donde esta herramienta se podía utilizar, luego con la ayuda de unos soportes de madera se sujeta el material para que este no pierda la forma del molde y de esta manera inicia el ciclo de curado, el cual tiene un ciclo de duración de aproximadamente 24 horas.



Ilustración 3-25: Inicio del ciclo de curado del molde
Realizado por: Supe W, 2023

3.6.8 *Fin del ciclo de curado*

Una vez concluido el lapso del tiempo de curado el cual fue de 24 horas, se procede a retirar las piezas de los moldes, debido a que se añadió yelco al molde, el proceso de extracción de las piezas es mucho mas facil sin la utilización de alguna herramienta extra, se separa las dos partes del molde, primero se retira la pieza principal y luego se extrae la pieza secundaria.



Ilustración 3-26: Fin del ciclo de curado
Realizado por: Supe W, 2023

3.6.9 Preparación de pieza

Una vez retirado el molde y se obtiene 2 partes las cuales se las debe unir, se realiza los cortes de exceso de fibra y resina, para la unión se utiliza masillas de palo la cual está compuesta de talco chino, MEK, cobalto, la combinación de todos estos compuestos genera una sustancia poco solida la cual se ubica dando la forma de la pieza ya que nos sirve para unir las dos partes y obtener la pieza original.

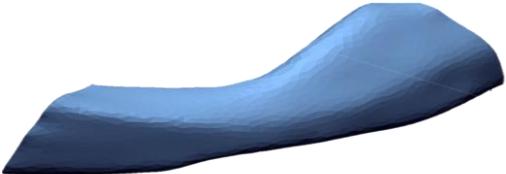


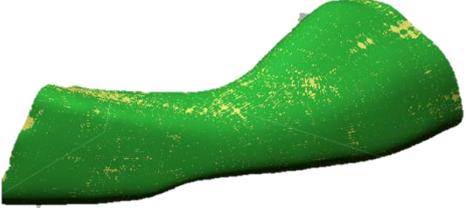
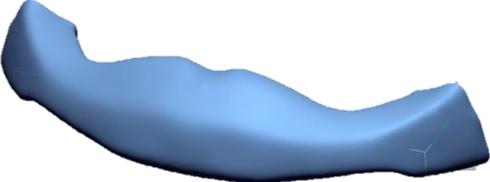
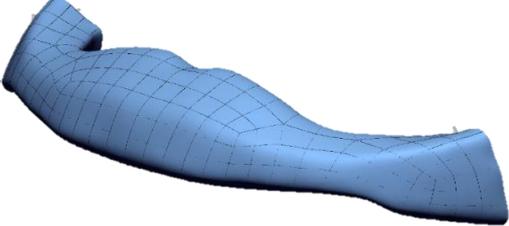
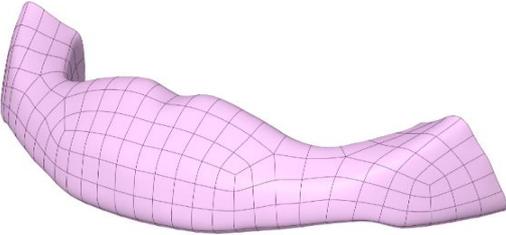
Ilustración 3-27: Unión de las dos partes de la figura final
Realizado por: Supe W, 2023

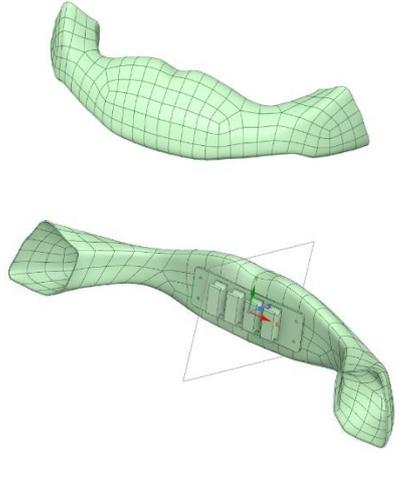
3.7 Diseño del frontal del karting

Al realizar el diseño y obtener la figura para el correspondiente análisis se necesita seguir los siguientes pasos:

Tabla 3-9: Proceso de la elaboración del frontal del karting en un programa CAD.

Importación de formato stl Y suavizado	
Refinamiento de malla	

<p>Construcción de superficie</p>	
<p>Superficie creada: La zona amarilla es la superficie La zona verde es el archivo tratado</p>	
<p>Simetría Corrección de la simetría</p>	
<p>Subdivisiones superficie</p>	
<p>Superficie espesor 2,5 mm</p>	
<p>Exportamos a spaceclaim</p>	

<p>Posicionamiento de soportes</p>	
<p>Rendering</p>	
<p>Gracias a la capacidad computacional se ha podido trabajar con nubes de puntos en geomagic design procesando y arreglando el archivo, el mismo que posteriormente se ha transformado en solido editable en cualquier software CAD en este caso se ha exportado en formato STP a SPACECLAIM que es un módulo de diseño de ANSYS para completar el diseño, una vez terminado se procede a guardar en STP para realizar la simulación en el programa ANSYS WORKBENCH</p>	

Realizado por: Supe W, 2023

3.8 Caracterización del material compuesto

Una vez concluida la manufactura de las probetas se envía a realizar los respectivos ensayos de tracción y flexión donde se obtendrán valores de esfuerzo (σ), deformación, módulo de elasticidad como resultado de aplicar unas fuerzas en las respectivas maquinas, teniendo en cuenta que las probetas fueron construidas bajo normas. Seguidamente con los resultados obtenidos se los ingresa al programa CAE los valores promedio del número de probetas que se enviaron a realizar

las pruebas, de esta manera se puede configurar un nuevo material alternativo producido originariamente en nuestro país disponible para la simulación de partes automotrices.

Los ensayos de tracción se los realizo con cinco probetas en el centro de fomento productivo metalmecánico carroceros de la provincia de Tungurahua, la cual es una entidad que se encuentra acreditada por el servicio de acreditación ecuatoriano, cumple los requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayos y calibración, por lo que los valores obtenidos una vez concluida los ensayos nos da completa seguridad de los valores obtenidos.

3.9 Factores representativos de un karting eléctrico y un karting de combustión interna

Con la colaboración del trabajo Estudio e implementación de un tren eléctrico para un Go kart para la carrera de ingeniería automotriz, quienes realizaron un cuadro comparativo entre las características que tendría aun motor eléctrico con respecto a un motor de combustión interna de un Karting, en la **Tabla 3-10** se puede apreciar los valores de velocidad, aceleración, masa entre otros aspectos de gran importancia para el análisis de la simulación del frontal del karting

Tabla 3-10: Características del motor eléctrico y MCI de un karting

Característica	MCI	ELECTRICO	UNIDADES
Distancia total	0,54		[km]
Velocidad máxima	16,619	12,028	[m/s]
	59,830	43,300	[km/h]
Velocidad promedio	9,886	8,984	[m/s]
	35,588	32,341	[km/h]
Aceleración máxima	5,141	5,22	[m/s ²]
Masa	122	135	[kg]
Potencia máxima	7,850	5,133	[kw]
$\tau x máx$	149,691	208,397	[N . m]

Fuente: (Sinchi y Toro 2023)
Realizado por: Supe W, 2023

3.10 Implementación en el programa ANSYS del material alternativo con fibra de abacá

Una vez obtenidos los datos de las propiedades del nuevo material, el diseño previo del frontal del karting dentro del programa CAD en este caso el ANSYS, se puede simular con el nuevo material y se puede establecer los requerimientos de carga como de geometría, soportes entre

otros para de esta forma analizar el comportamiento mediante la simulación del diseño sometido a diferentes cargas.

Una vez concluida la elaboración de las probetas se procede a la realización de la simulación en el programa Ansys Workbench para adquirir las magnitudes de desplazamiento, esfuerzo y deformación. A continuación, se detalla los pasos a seguir:

3.10.1 Static Structural

El sistema de análisis Static Structural (Estática estructural) sirve para realizar un análisis estático, en el cual se despliegan 7 opciones como muestra en la **Ilustración 3-28** , luego se selecciona la opción Engineering Data.

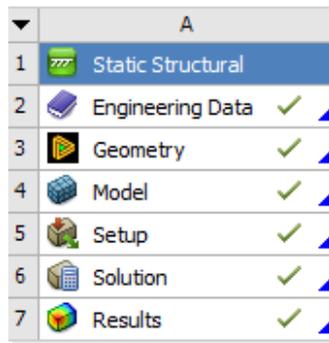


Ilustración 3-28: Pestaña del sistema de análisis Static Structural

Realizado por: Supe W, 2023

3.10.2 Engineering Data

Al seleccionar esta opción nos enviará a la ventana de la **Ilustración 3-29** en la cual se agregará el nombre del elemento a crear. Una vez obtenida las variables de las fibras se la agrega en este apartado. Las cuales son: Densidad (1500 kg/m³ de la fibra de abacá), esfuerzo máximo de tensión y esfuerzo ultimo de tensión, se añaden los valores de elasticidad isotrópica donde se despliega el módulo de Young, coeficiente de Poisson, dependiendo del módulo de Young utilizado se determinada los valores del módulo de corte y de volumen.

Tabla 3-11: Establecimiento de parámetros

Fibra de abacá	
Density	1,5e-06 kg/mm ³
Derive from	Young's Modulus and Poisson's Ratio
Young's Modulus	238,35 MPa

Poisson's Ratio	0,35
Bulk Modulus	264,83 MPa
Shear Modulus	88,278 MPa
Tensile Ultima Strength	2,1980 MPa

Realizado por: Supe W, 2023

FIBRA DE ABACÁ	
Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5-110.1	
Density	1,5e-06 kg/mm ³
Structural	
▼ Isotropic Elasticity	
Derive from	Young's Modulus and Poisson's Ratio
Young's Modulus	238,35 MPa
Poisson's Ratio	0,35000
Bulk Modulus	264,83 MPa
Shear Modulus	88,278 MPa
Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion	1,2e-05 1/°C
Tensile Ultimate Strength	2,1980 MPa
Tensile Yield Strength	65,146 MPa

Ilustración 3-29: Parámetros de la fibra de abacá.

Realizado por: Supe W, 2023

3.10.3 Geometry

En el apartado de geometría se abre el simulador con DesignModeler en donde se procede a generar el diseño próximo a simular.

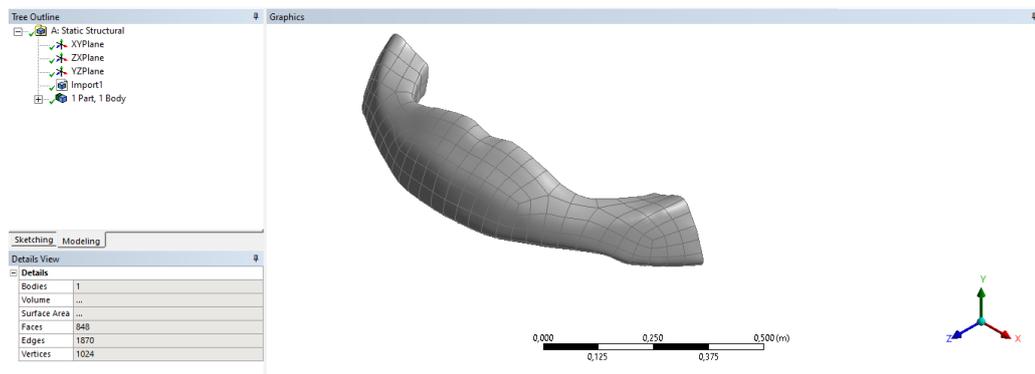


Ilustración 3-30: Modelo para la simulación.

Realizado por: Supe W, 2023

3.10.4 Model

La opción model permite establecer los parámetros necesarios para realizar la simulación como son el tipo de mallado que será utilizado, en este caso se maneja Element Quality, la dirección de las fuerzas aplicadas se las coloco en unas zonas determinadas como lateral, frontal y vertical. Por último, se especifica los tipos de soporte con los que se ajustara al chasis del karting.

La fuerza utilizada en la simulación se obtiene de aplicar la segunda ley de newton la cual es igual a la masa por la aceleración, en este caso en la **Tabla 3-10** se puede apreciar el valor de la aceleración de un karting con MCI la cual alcanza un valor de $5,141 [m/s^2]$ y el valor de la masa de $122 [Kg]$, al realizar el calculo se obtiene una fuerza de $627,08$ Newtons, la cual se aplicará a la simulación del frontal del karting que se elabora a base de la fibra de abacá.

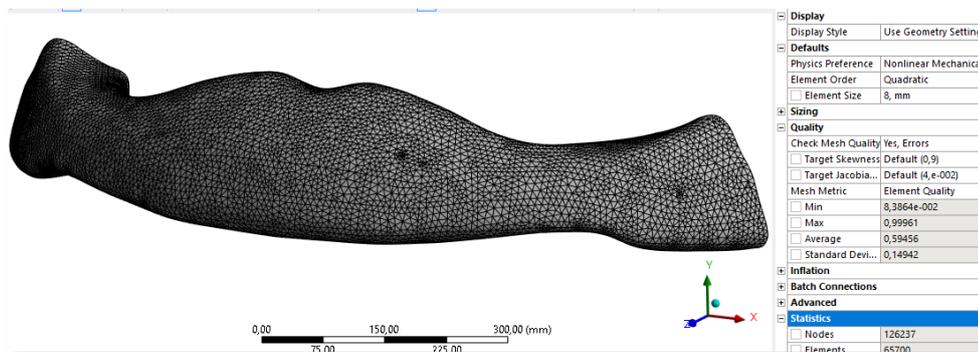


Ilustración 3-31: Mallado del modelo.

Realizado por: Supe W, 2023

3.10.5 Result

Una vez determinado todos los parámetros en el model se da paso a la sección de resultados la cual dará a conocer los valores con los cuales se definirán la deformación total, direccional, factor de seguridad, deformación elástica equivalente, los cuales nos servirán para obtener información acerca de la aplicación del material polimérico en la industria automotriz.

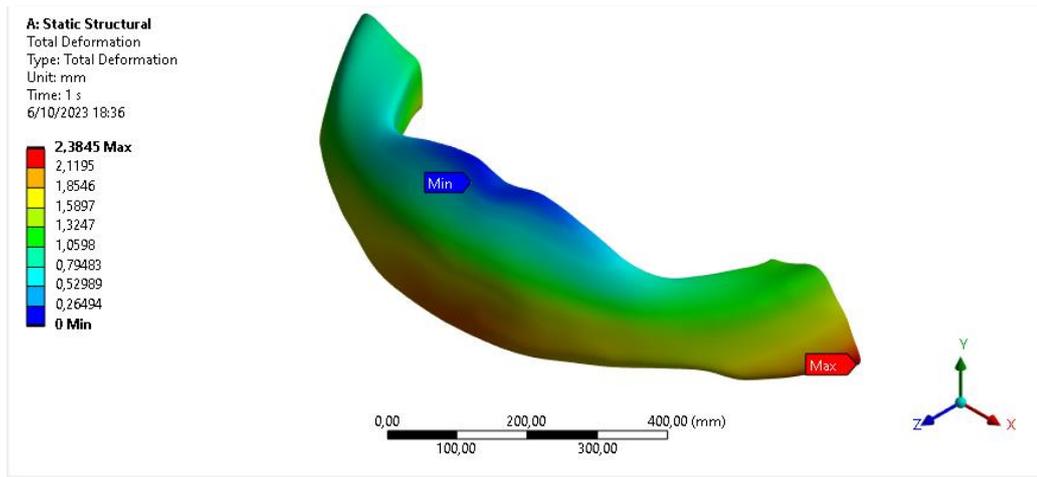


Ilustración 3-32: Deformación total.

Realizado por: Supe W, 2023

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis de la influencia de los materiales poliméricos compuesto de fibra de vidrio y fibra de abacá

Los autores (Héctor y Salazar 2020) muestran en la **Ilustración 4-1** las curvas características de esfuerzo-deformación de los materiales poliméricos compuestos fortificados con distintas distribuciones y fibras de diferente tipo, la resina poliéster junto a la incorporación de la fibra de vidrio y la fibra de abacá.

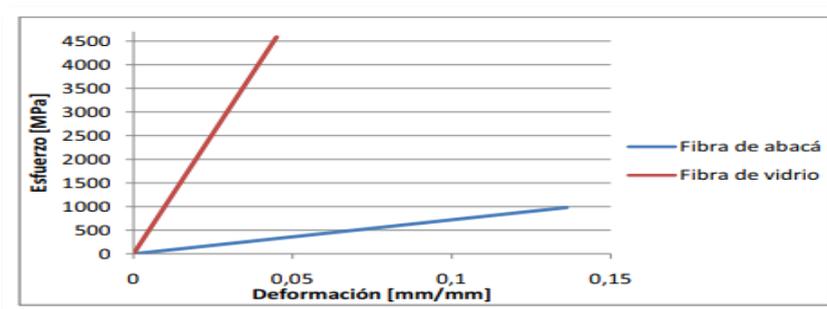


Ilustración 4-1: Esfuerzo vs deformación de los materiales poliméricos

Fuente: (Héctor y Salazar 2020)

En la **Tabla 4-1** se puede apreciar los parámetros utilizados para la elaboración de autopartes en la fibra de vidrio y de la misma manera en la fibra de abacá, los parámetros mostrados a continuación fueron empleados en la fábrica Máster Fibra, ubicado en la ciudad de Ambato, mediante la aplicación de laminación manual a fin de obtener un guardachoque frontal de un autobús utilizando dos capas de fibra para la obtención de la pieza final, en nuestra aplicación se utilizó dos capa de fibra tejida para la elaboración de las probetas enviadas al laboratorio para su ensayo, con los mismos porcentajes de matriz y refuerzo.

Tabla 4-1: Parámetros de trabajo en el proceso de laminado para autopartes

Material	Matriz		Refuerzo		
	%R	Característica	% Fibra	Característica	Orientación de la fibra
Autopartes	70	Resina poliéster tipo isoftálica	30	Fibra de vidrio Mat	Aleatorio
		Resina poliéster cobaltada		Fibra de abacá	Tejida

Fuente: (Vargas 2020)

Realizado por: Supe W, 2023

En base al análisis estadístico sobre las características mecánicas obtenidas en los ensayos realizados. En la **Tabla 4-2** se muestran los mejores resultados alcanzados por cada propiedad mecánica.

Tabla 4-2: Comparación de las propiedades mecánicas de las fibras

Ensayo	Propiedades mecánicas	Unidades	Fibra de vidrio (FV)	Fibra de abacá (FA)	Diferencia
Flexión	Esfuerzo máximo de flexión	MPa	155,035	383,461	59 %
	Módulo de elasticidad	MPa	6243,65	33,550	99 %
	Deformación máxima	%	2,467	1,869	24 %
Tracción	Esfuerzo máximo de tracción	MPa	83,05	65,146	21 %
	Módulo de elasticidad	MPa	4352,16	-	-
	Porcentaje de elongación	%	1,916	4,487	57 %

Fuente:(Vargas 2020)

Realizado por: Supe W, 2023

En los ensayos de flexión realizados, los resultados indican que existe una diferencia del 59 % en el esfuerzo máximo de flexión de la FA con un valor de 383,46 MPa con relación de la FV el cual se mantiene en un valor de 155,03 MPa, además, con la diferencia del 99% la FV sobresale en el módulo de elasticidad respecto de la FA con un valor de 6243,65 MPa y 33,550 MPa respectivamente, por último, con un 24% en la deformación máxima sobresale la FV respecto de la FA.

En los ensayos de tracción se observa con una diferencia del 21% que la FV tiene un mejor esfuerzo máximo de tracción con relación a la FA con un valor de 83,05 MPa y 65,14 MPa respectivamente, finalmente se obtiene una diferencia del 57% en el porcentaje de elongación de la FA con un valor de 4,48 % con relación a la FV con un valor de 1,91%.

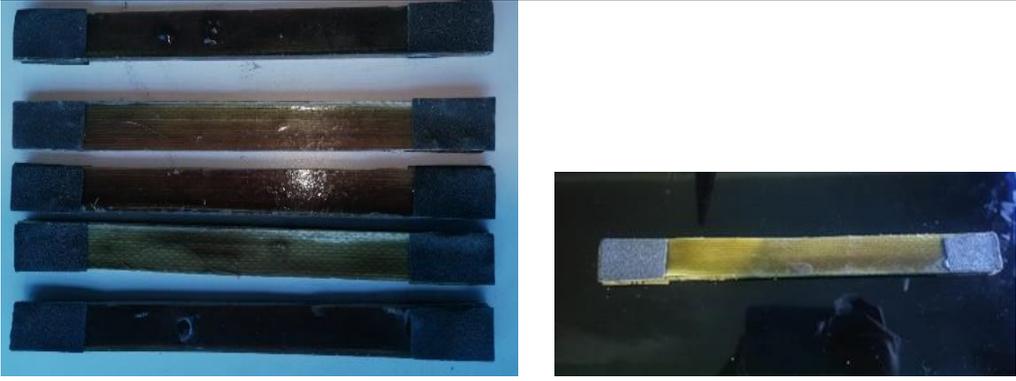
4.2 Resultados de las pruebas de Tracción, Flexión

4.2.1 Resultados de los ensayos de tracción

De conformidad con las especificaciones de la norma NTE INEN 2043, se realiza la tabulación de resultados obtenidos de las pruebas de tracción realizadas en el laboratorio de resistencia de materiales del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero de la provincia de

Tungurahua, con el tipo de probetas tipo D1 de la norma, con la configuración del material compuesto resina poliéster – abacá.

Tabla 4-3: Informe de los ensayos a tracción del material termoestable de fibra de Abacá

INFORME DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN DE MATERIALES POLIMÉRICOS							
Método de ensayo	NTE INEN 2043		Lugar de ejecución del ensayo		Laboratorio de Resistencia de Materiales		
Equipo utilizado	Metrotec 50 KN		Tipo de probeta		Plana D1		
Modelo	MTE-50		Serie		8802M002		
Velocidad de ensayo	10 mm/min		Tipo de ensayo		Cuantitativo		
Longitud calibrada	150 mm		Precarga		10000 N		
Imágenes de las probetas							
							
RESULTADOS DEL ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES POLIMÉRICOS							
N°	Identificación de probeta	Dimensiones		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (Mpa)	Desplazamiento (mm).	% Elongación (Calculado)
		Ancho	Espesor				
1	ETP 01-1	23,28	8,02	12900	69,09	8,38	5,59
2	ETP 01-2	24,84	7,96	14450	73,08	5,54	3,69
3	ETP 01-3	23,73	8,44	12200	60,91	6,00	4,00
4	ETP 01-4	24,96	9,33	12750	54,75	6,80	4,53
5	ETP 01-5	23,54	8,76	14000	67,89	6,91	4,60
Promedio				13260,00	65,146	6,731	4,48
Desviación estándar				932,336	7,281	1,084	0,72

Coefficiente de variación	0,070	0,112	0,161	0,16																								
Gráfica de los resultados																												
<p style="text-align: center;">FUERZA MÁXIMA (N)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Specimen</th> <th>Force (N)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ETP 01-5</td> <td>14000</td> </tr> <tr> <td>ETP 01-4</td> <td>12750</td> </tr> <tr> <td>ETP 01-3</td> <td>12200</td> </tr> <tr> <td>ETP 01-2</td> <td>14450</td> </tr> <tr> <td>ETP 01-1</td> <td>12900</td> </tr> </tbody> </table>		Specimen	Force (N)	ETP 01-5	14000	ETP 01-4	12750	ETP 01-3	12200	ETP 01-2	14450	ETP 01-1	12900	<p style="text-align: center;">ESFUERZO MÁXIMO DE TRACCIÓN (MPA)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Specimen</th> <th>Stress (MPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ETP 01-5</td> <td>67.89</td> </tr> <tr> <td>ETP 01-4</td> <td>54.75</td> </tr> <tr> <td>ETP 01-3</td> <td>60.91</td> </tr> <tr> <td>ETP 01-2</td> <td>73.08</td> </tr> <tr> <td>ETP 01-1</td> <td>69.09</td> </tr> </tbody> </table>			Specimen	Stress (MPa)	ETP 01-5	67.89	ETP 01-4	54.75	ETP 01-3	60.91	ETP 01-2	73.08	ETP 01-1	69.09
Specimen	Force (N)																											
ETP 01-5	14000																											
ETP 01-4	12750																											
ETP 01-3	12200																											
ETP 01-2	14450																											
ETP 01-1	12900																											
Specimen	Stress (MPa)																											
ETP 01-5	67.89																											
ETP 01-4	54.75																											
ETP 01-3	60.91																											
ETP 01-2	73.08																											
ETP 01-1	69.09																											
<p style="text-align: center;">DESLAZAMIENTO (MM).</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Specimen</th> <th>Displacement (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ETP 01-5</td> <td>6.910</td> </tr> <tr> <td>ETP 01-4</td> <td>6.805</td> </tr> <tr> <td>ETP 01-3</td> <td>6.007</td> </tr> <tr> <td>ETP 01-2</td> <td>5.547</td> </tr> <tr> <td>ETP 01-1</td> <td>8.386</td> </tr> </tbody> </table>		Specimen	Displacement (mm)	ETP 01-5	6.910	ETP 01-4	6.805	ETP 01-3	6.007	ETP 01-2	5.547	ETP 01-1	8.386	<p style="text-align: center;">% ELONGACIÓN (CALCULADO)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Specimen</th> <th>Elongation (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ETP 01-5</td> <td>4.487</td> </tr> <tr> <td>ETP 01-4</td> <td>4.537</td> </tr> <tr> <td>ETP 01-3</td> <td>4.005</td> </tr> <tr> <td>ETP 01-2</td> <td>3.698</td> </tr> <tr> <td>ETP 01-1</td> <td>5.591</td> </tr> </tbody> </table>			Specimen	Elongation (%)	ETP 01-5	4.487	ETP 01-4	4.537	ETP 01-3	4.005	ETP 01-2	3.698	ETP 01-1	5.591
Specimen	Displacement (mm)																											
ETP 01-5	6.910																											
ETP 01-4	6.805																											
ETP 01-3	6.007																											
ETP 01-2	5.547																											
ETP 01-1	8.386																											
Specimen	Elongation (%)																											
ETP 01-5	4.487																											
ETP 01-4	4.537																											
ETP 01-3	4.005																											
ETP 01-2	3.698																											
ETP 01-1	5.591																											
Resultados																												
Fuerza máxima promedio: 13260,00 N		Desplazamiento promedio: 6,73 mm																										
Esfuerzo máximo de tracción promedio: 65,14 Mpa		% Elongación promedio: 4,48																										

Realizado por: Supe W, 2023

4.2.2 Caracterización de fallas en probetas

A continuación, se detallará los tipos de falla que han sufrido las probetas según normativa, con la nomenclatura de 3 letras en relación de la falla característica ocasionada en la probeta realizada y por último se incluirá una tabla en donde se exhibirá todas las probetas con la correspondiente nomenclatura de la falla que se produjo, el tipo de falla lo tenemos representado en la **Ilustración 4-2**.

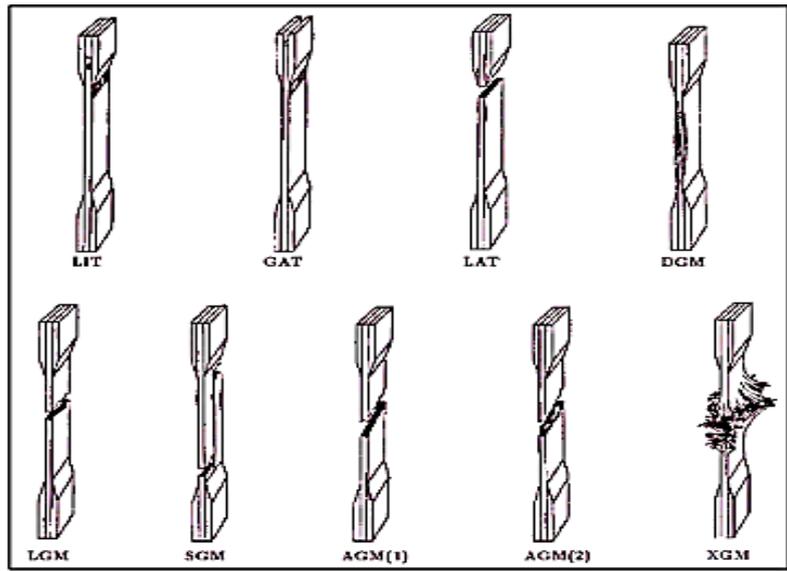


Ilustración 4-2: Nomenclatura de las fallas de los ensayos a tracción

Fuente: (Oquendo 2020)

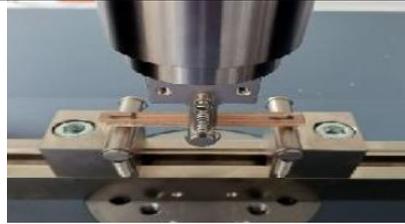
4.2.3 Resultados de las pruebas de flexión

De conformidad con las especificaciones de la norma NTE INEN 2047, se realiza la tabulación de resultados obtenidos de las pruebas de flexión realizadas de las probetas, realizadas en el laboratorio de resistencia de material de la Universidad Técnica de Ambato en el laboratorio de la facultad de ingeniería civil y mecánica, con la configuración del material tejido compuesto de resina poliéster – abacá.

Tabla 4-4: Informe de los ensayos a flexión del material termoestable de fibra de Abacá

INFORME DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE FLEXIÓN DE MATERIALES POLIMÉRICOS			
Método de ensayo	NTE INEN 2047	Lugar de ejecución del ensayo	Laboratorio de Resistencia de Materiales
Equipo utilizado	Shimadzu Corp	Tipo de probeta	Única de la norma
Modelo	AGS-X	Serie	1345160
Velocidad de ensayo	10 mm/min	Tipo de ensayo	Cuantitativo
Longitud calibrada	425 mm	Precarga	50000 N

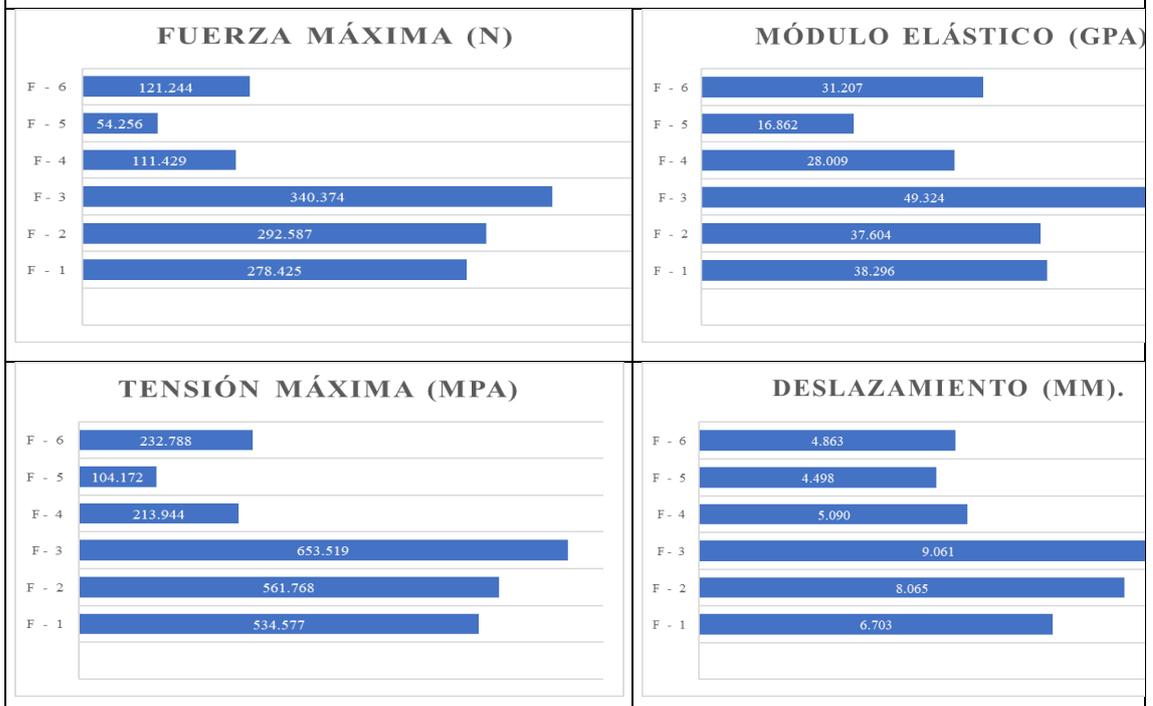
Imágenes de las probetas



RESULTADOS DEL ENSAYO DE FLEXIÓN DE MATERIALES POLIMÉRICOS

N°	Identificación de probeta	Dimensiones		Fuerza máxima (N)	Módulo elástico (Mpa)	Tensión máxima (Mpa)	Desplazamiento (mm)
		Ancho	Espesor				
1	F-1	4,00	10,00	278,425	38,296	534,577	6,703
2	F-2	4,00	10,00	292,587	37,604	561,768	8,065
3	F-3	4,00	10,00	340,374	49,324	653,519	9,061
4	F-4	4,00	10,00	111,429	28,009	213,944	5,090
5	F-5	4,00	10,00	54,256	16,862	104,172	4,498
6	F-6	4,00	10,00	121,244	31,207	232,788	4,863
Promedio				199,71	33,55	383,461	6,380
Desviación estándar				124,82	12,20	239,66	1,92
Coefficiente de variación				0,562	0,36	0,62	0,30

Gráfica de los resultados



Resultados

Fuerza máxima promedio: 199,71 N	Tensión máxima promedio: 383,46 Mpa
Módulo elástico promedio: 33,55 Mpa	Desplazamiento promedio: 6,38 mm

Realizado por: Supe W, 2023

4.2.4 Configuración de fibra tejida de dos capas

ETP 01-1

La falla obtenida se la denomina “GAT” debido a que se generó muy cerca de la mordaza superior. En la **Ilustración 4-3** se puede apreciar la ruptura en el lado izquierdo de la probeta.



Ilustración 4-3: ETP 01-1 después del ensayo de tracción

Realizado por: Supe W, 2023

ETP 01-2

La falla obtenida se la denomina “AGM (1)” debido a que se generó en la mordaza inferior. En la **Ilustración 4-4**; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se puede apreciar la ruptura en el lado derecho de la probeta.



Ilustración 4-4: ETP 01-2 después del ensayo de tracción

Realizado por: Supe W, 2023

ETP 01-3

La falla obtenida se la denomina “LIT” debido a que se generó en la zona de calibración y a un lado de la mordaza superior. En la **Ilustración 4-5** se puede apreciar la ruptura en el lado izquierdo de la probeta.



Ilustración 4-5: ETP 01-3 después del ensayo de tracción

Realizado por: Supe W, 2023

ETP 01-4

La falla obtenida se la denomina “LGM” debido a que se generó en la mordaza superior. En la **Ilustración 4-6** se muestra la ruptura en el lado izquierdo de la probeta.



Ilustración 4-6: ETP 01-4 después del ensayo de tracción

Realizado por: Supe W, 2023

ETP 01-5

La falla obtenida se la denomina “GAT” se repite al igual que la probeta ETP 01-1, debido a que se generó muy cerca de la mordaza superior. En la **Ilustración 4-7** se puede apreciar la ruptura en el lado izquierdo de la probeta.



Ilustración 4-7: ETP 01-5 después del ensayo de tracción

Realizado por: Supe W, 2023

En la **Tabla 4-5** se puede visualizar las fallas que tuvo cada probeta, en definitiva 4 de las 5 probetas tuvieron una falla característica cerca de la mordaza superior, mientras que la probeta restante tuvo una falla en la mordaza inferior

Tabla 4-5: Nomenclatura de las probetas después de los ensayos de tracción

Denominación	Cantidad	Tipo de falla
ETP 01-1	1	GAT
ETP 01-2	1	AGM (1)
ETP 01-3	1	LIT
ETP 01-4	1	LGM
ETP 01-5	1	GAT

Realizado por: Supe W, 2023

4.3 Pasos para la obtención del modelo computacional

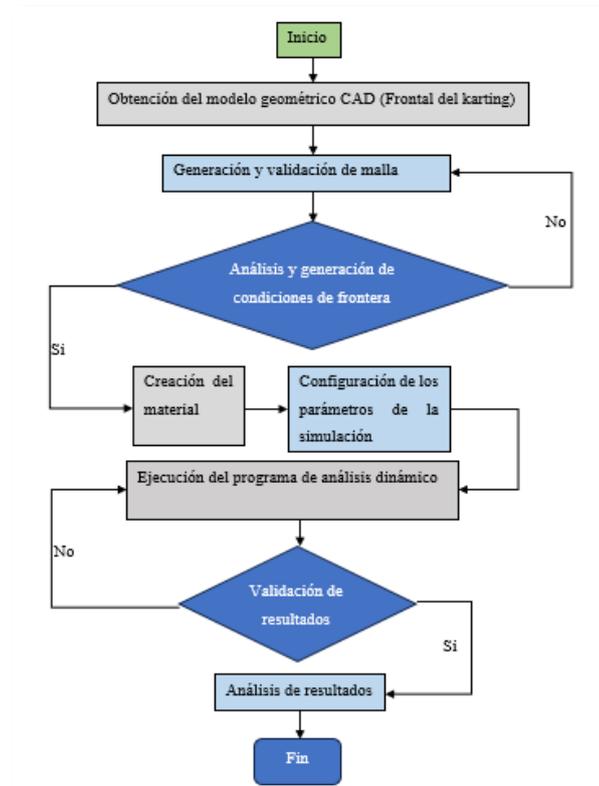


Ilustración 4-8: Proceso a seguir para la simulación

Realizado por: Supe W, 2023

4.3.1 Modelo CAD del frontal del karting

En cuanto a los tipos de modelos de frontales para karting fabricados nacionalmente, se conoce que están diseñados para distintos propósitos, entre los más destacados la estética, es de conocimiento general que estos frontales están expuestos a sufrir afectaciones en un choque de diferente dirección, siendo el conductor el más propenso a sufrir una lesión grave. Por esta razón se asume como modelo base para la generación de la simulación computacional, todos los pesos presentes en un karting como son:

- Peso Chasis
- Peso del conductor
- Peso de la transmisión
- Peso del motor
- Peso de la batería

El modelo CAD fue obtenido gracias a la tecnología utilizando la fotogrametría, esto se lo realizo mediante la toma de varias fotos en un espacio amplio y sin muchos detalles en su alrededor, se trabajó con una nube de puntos el mismo que posteriormente se ha transformado en solido editable para cualquier software CAD en este caso se ha exportado en formato STP.



Ilustración 4-9: Diseño del karting en el programa Ansys Workbench

Realizado por: Supe W, 2023

4.3.2 *Datos para simulación de un análisis estático*

4.3.3 *Mallado*

El frontal del karting esta mallado con 126237 nodos los cuales conforman todo el frontal, se utilizó un tamaño de elemento de malla de 8 mm, con lo cual se pudo obtener el número de nodos mencionado anteriormente. Además, se realizó el control de malla con la finalidad de obtener los mejores resultados en la simulación, se utilizó Element Order Quadratic que se refiere a la utilización de elementos de segundo orden que cuentan con un total de 3 nodos por dimensión. La elección entre elementos lineales y cuadráticos dependerá de la precisión requerida, la complejidad del análisis y los recursos disponibles

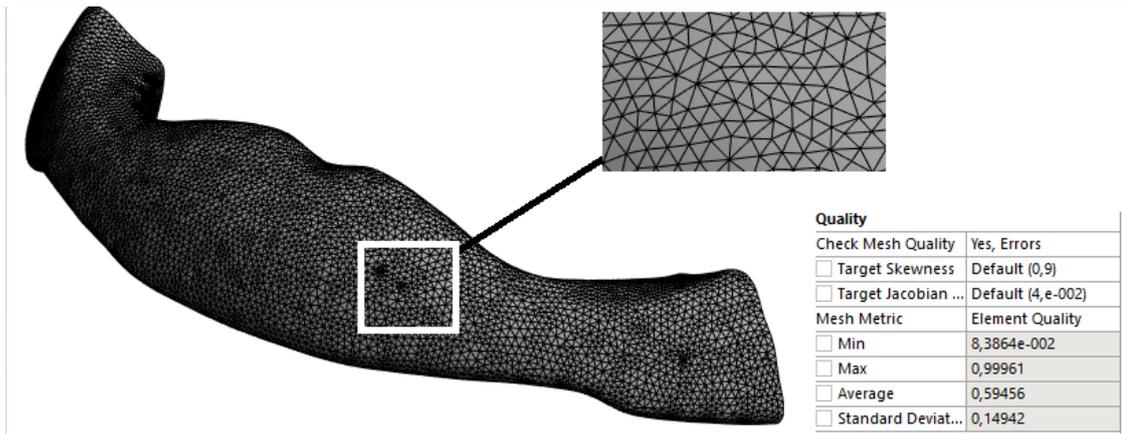


Ilustración 4-10: Mallado para análisis estático.

Realizado por: Supe W, 2023

Con respecto a la malla se utilizó un análisis por elementos finitos (Element Quality) debido a que es una métrica que se utiliza generalmente para evaluar la precisión de los elementos de la malla, esta métrica brinda información sobre cómo los elementos de la malla se ajustan y representan la geometría original. Cuando mejor sea la calidad del elemento, más preciso y confiable serán los resultados del análisis. A continuación, se muestra una guía general sobre los valores de calidad del elemento en el mallado y su interpretación.

Tabla 4-6: Cuadro comparativo del elemento de malla y su interpretación

Valor de calidad del elemento	Interpretación
0.0-0.2	Elemento de mala calidad, probablemente inutilizables, requieren revisión y ajuste
0.2-0.5	Elementos de baja calidad, pueden afectar la precisión de los resultados.
0.5-0.8	Elementos aceptables con calidad razonable. Adecuados para análisis generales.
0.8-10	Elementos de alta calidad, deseados para análisis de alta precisión

Realizado por: Supe W, 2023

En nuestro análisis se obtuvo los valores de 0,596 -0,995 perteneciente al tercer valor de la Tabla 4-6 en la cual se define como un elemento aceptable con una calidad de malla razonable, adecuada para realizar nuestro análisis estático y obtener unos resultados de alta calidad a la hora de simular el frontal del karting aplicando los soportes y fuerzas necesarios para obtener los resultados solicitados.

4.4 Resultados de la simulación del análisis estático

4.4.1 Simulación de fuerza frontal en el análisis estático

Como resultado de la simulación del análisis estático aplicando una fuerza de forma frontal se obtiene la deformación ante un impulso producto de un golpe o choque durante y después de recibir esta acción, se determinó que la deformación máxima que va a tener al recibir una fuerza determinada en el capítulo 3 en la sección (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) en la parte frontal es de 11,554 mm tal como se aprecia en la **Ilustración 4-11**.

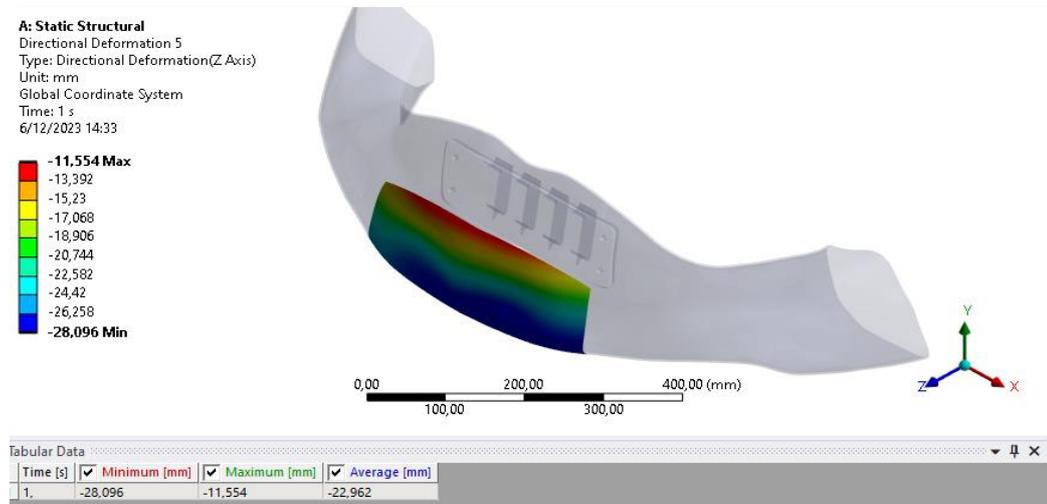


Ilustración 4-11: Deformación máxima de una fuerza frontal durante el análisis estático.

Realizado por: Supe W, 2023

Además, se obtiene las fuerzas de reacción resultantes que se generan en cada uno de los soportes que serán anclados al chasis del karting, se obtiene el valor de 153,99 N en el soporte superior, de igual forma en el soporte inferior se obtiene un valor de 630,41 N. Con respecto al factor de seguridad al obtener un valor bajo en el apartado de equivalent stress con 14,380 MPa mientras que el tensile yield strength de la fibra de abacá es de 65,146 MPa, se obtiene un valor de 4,380.

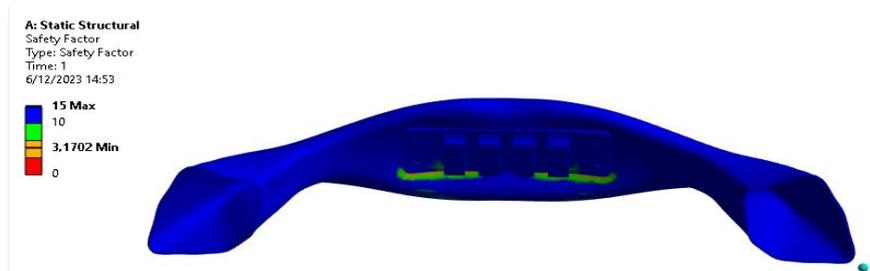


Ilustración 4-12: Reacción de una fuerza frontal durante el análisis estático.

4.4.2 Simulación de fuerza vertical en el análisis estático

Como resultado de la simulación del análisis estático aplicando una fuerza de forma vertical se obtiene la deformación ante un impulso producto de un golpe o choque antes y después de recibir esta acción, se determinó que la deformación máxima que va a tener al recibir una fuerza determinada en el capítulo 3 en la sección (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) en la parte superior es de 18,722 mm tal como se aprecia en la **Ilustración 4-13**.

Según (Nieto 2018) en el carenado delantero (frontal delantero del karting), el carenado debe tener en su cara delantera con una superficie vertical de 80 mm de altura como mínimo y de 350 mm de longitud como mínimo situado inmediatamente por encima de la distancia al suelo.

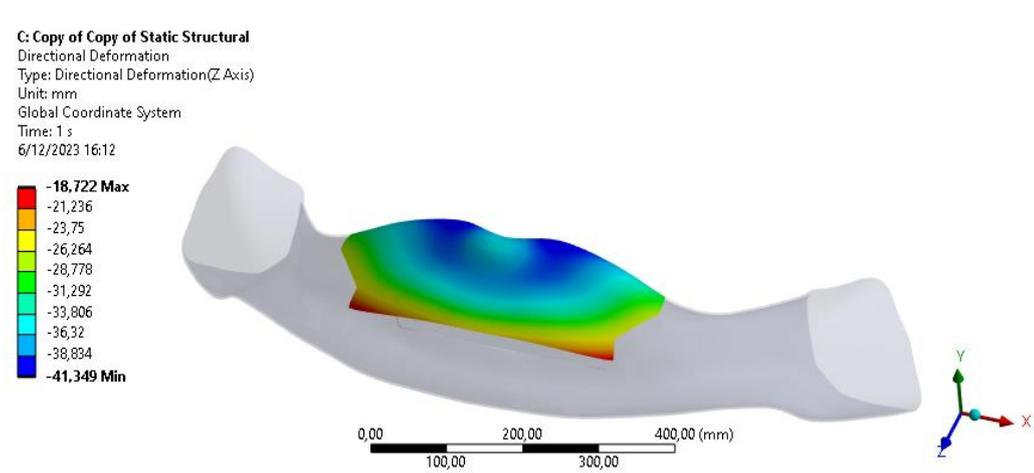


Ilustración 4-13: Deformación máxima de una fuerza vertical durante el análisis estático.

Realizado por: Supe W, 2023

Además, se obtiene las fuerzas de reacción resultantes que se generan en cada uno de los soportes que serán anclados al chasis del karting, se obtiene el valor de 1071,3 N en el soporte superior, de igual forma en el soporte inferior se obtiene un valor de 587,22 N. Con respecto al factor de seguridad al obtener un valor bajo en el apartado de equivalent stress con 14,419 MPa mientras que el tensile yield strength de la fibra de abacá es de 65,146 MPa, se obtiene un valor de 4,419.

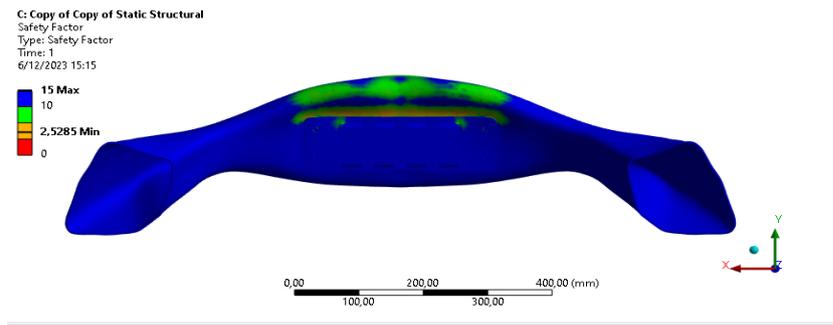


Ilustración 4-14: Reacción de una fuerza vertical durante el análisis estático.

Realizado por: Supe W, 2023

4.4.3 Simulación de fuerza lateral en el análisis estático

Como resultado de la simulación del análisis estático aplicando una fuerza de forma lateral se obtiene la deformación del durante y después de recibir un impulso producto de un golpe o choque lateral, se determina que la deformación máxima que va a tener al recibir una fuerza determinada en el capítulo 3 en la sección (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) en la parte lateral es de 32,214 mm, tal como se aprecia en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

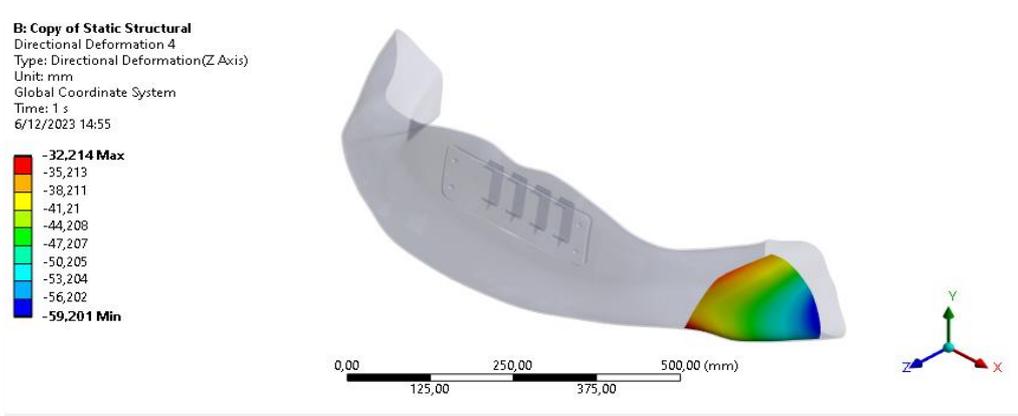


Ilustración 4-15: Deformación máxima de una fuerza lateral durante el análisis estático.

Realizado por: Supe W, 2023

Además, se obtiene las fuerzas de reacción resultantes que se generan en cada uno de los soportes que serán anclados al chasis del karting, se obtiene el valor de 275,46 N en el soporte superior, de igual forma en el soporte inferior se obtiene un valor de 489,6 N. Con respecto al factor de seguridad al obtener un valor bajo en el apartado de equivalent stress con 14,815 MPa mientras que el tensile yield strength de la fibra de abacá es de 65,146 MPa, se obtiene un valor de 4,397.

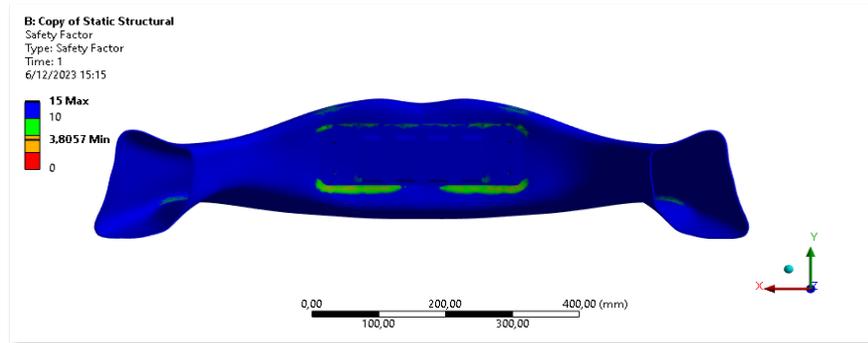


Ilustración 4-16: Reacción de una fuerza lateral durante el análisis estático

Realizado por: Supe W, 2023

4.5 Resultados de la simulación del análisis dinámico

4.5.1 Simulación de impacto frontal en el análisis dinámico con la fibra de abacá

Como resultado de la simulación del análisis dinámico, en la cual el protector frontal con las características de la fibra de abacá impacta contra una pared de concreto con una fuerza determinada en el capítulo 3 en la sección (3.10.4) de forma frontal, se obtiene una deformación máxima de 60,191 mm, tal como se aprecia en la Ilustración 4-17.

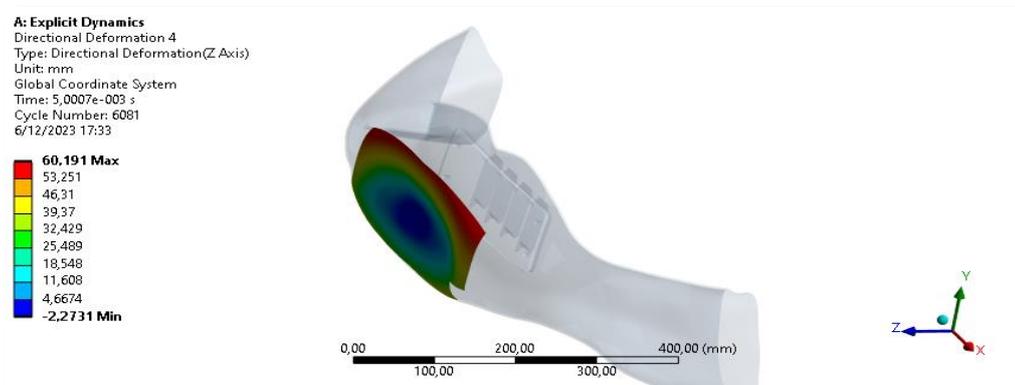


Ilustración 4-17 Deformación máxima de la fibra de abacá durante el análisis dinámico.

Realizado por: Supe W, 2023

Con respecto al factor de seguridad al obtener un valor bajo en el apartado de equivalent stress con 12,365 MPa mientras que el tensile yield strength de la fibra de abacá es de 65,146 MPa, se obtiene un valor de 5,268.

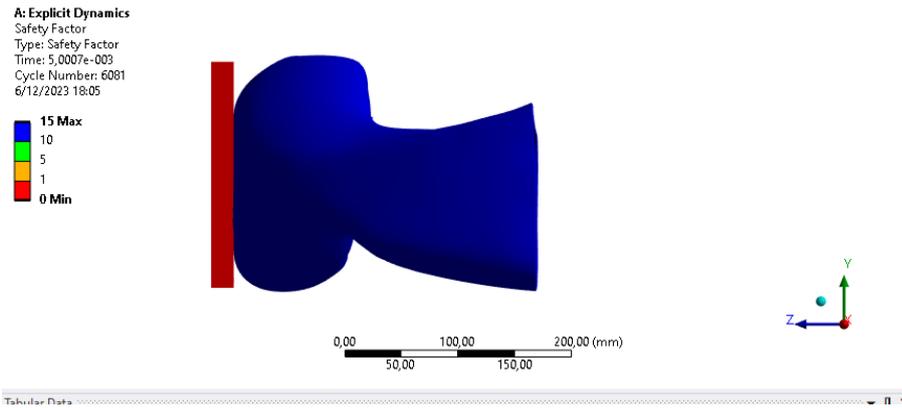


Ilustración 4-18 Equivalent stress de la fibra de abacá en el análisis dinámico.

Realizado por: Supe W, 2023

4.5.2 *Resultados de la energía interna y deformación de la fibra de abacá en el análisis dinámico*

Una vez culminada la simulación con 5 un tiempo de 5 milisegundos utilizando las características del material fibra de abacá tejida, se pudo obtener la Ilustración 4-19, en la cual se muestra la energía interna con color azul y la gráfica de deformación que se muestra en color naranja, de esta manera se define que la deformación es directamente proporcional a la energía interna debido a que estas dos características van aumentando conjuntamente de esta manera la energía interna llega a un valor de 84573 (mJ) va absorbiendo poco a poco con lo cual la deformación tendrá un valor de 60,191 (mm) e irá aumentando proporcionalmente.

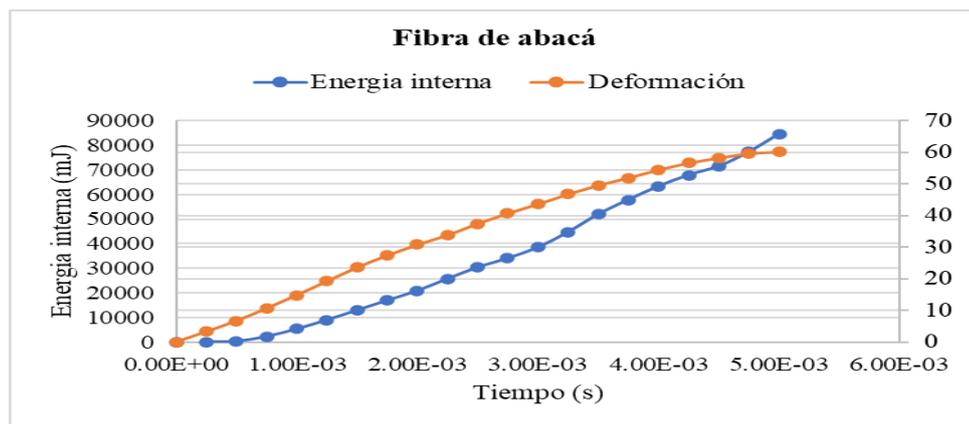


Ilustración 4-19 Resultados de la energía interna y deformación de la fibra de abacá.

Realizado por: Supe W, 2023

4.5.3 *Simulación de impacto frontal en el análisis dinámico con la fibra de vidrio*

Como resultado de la simulación del análisis dinámico, en la cual el protector frontal con las características de la fibra de vidrio impacta contra una pared de concreto con una fuerza

determinada en el capítulo 3 en la sección (3.10.4) de forma frontal, se obtiene una deformación máxima de 9,196 mm, tal como se aprecia en la Ilustración 4-20.

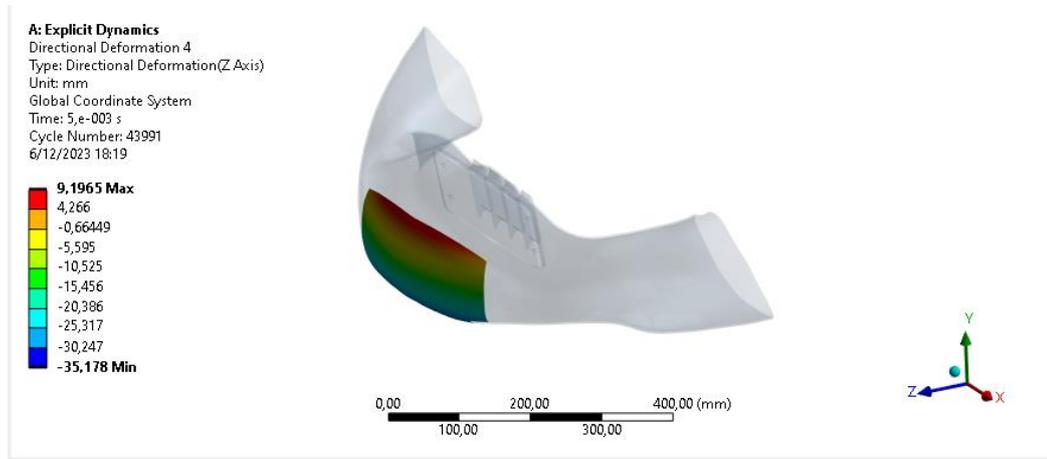


Ilustración 4-20 Deformación máxima de la fibra de vidrio durante el análisis dinámico.

Realizado por: Supe W, 2023

Con respecto al factor de seguridad al obtener un valor bajo en el apartado de equivalent stress con 12,365 MPa mientras que el tensile yield strength de la fibra de vidrio es de 298,00 MPa, se obtiene un valor de 24,10.

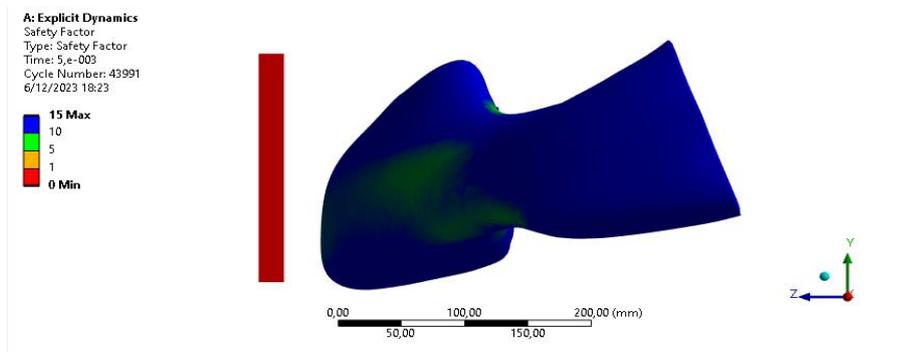


Ilustración 4-21 Equivalent stress de la fibra de vidrio en el análisis dinámico.

Realizado por: Supe W, 2023

4.5.4 *Resultados de la energía interna y deformación de la fibra de vidrio en el análisis dinámico*

Una vez culminada la simulación con un tiempo de 5 milisegundos, utilizando las características del material fibra de vidrio, se pudo obtener la Ilustración 4-22, en la cual se muestra la energía interna con color azul y la gráfica de deformación que se muestra en color naranja, de esta manera

se define que la deformación es directamente va reduciendo paulatinamente, cabe recalcar que, la deformación máxima obtenida es de 18,366 (mm), mientras que la energía interna ha absorbido un valor de 219010 (mJ) siendo el pico máximo al cual llegó la fibra de vidrio.

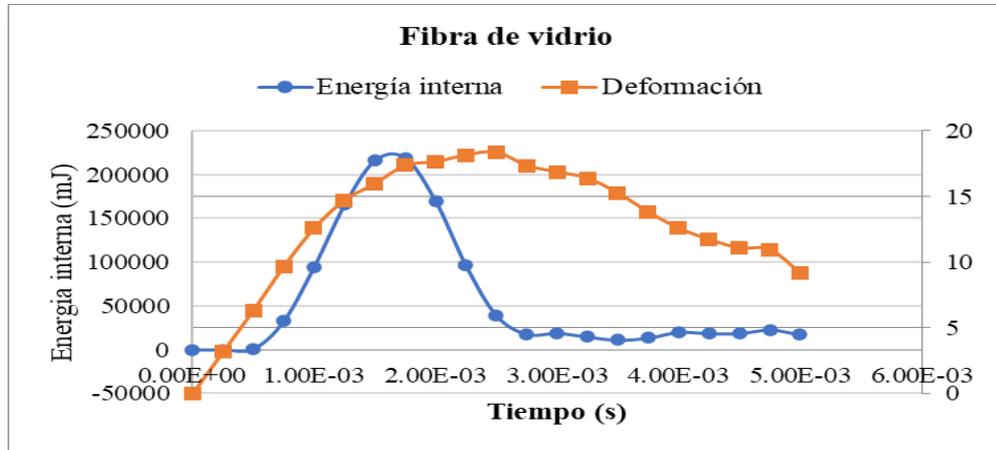


Ilustración 4-22 Resultados de la energía interna y deformación de la fibra de vidrio

Realizado por: Supe W, 2023

4.6 Análisis de la influencia del material compuesto en la deformación del frontal del karting

4.6.1 Características del modelo de material compuesto con fibra de abacá

Como parte de la modelación del material, se obtiene las curvas de Fuerza vs Desplazamiento y Carga vs Alargamiento, en base a los valores obtenidos en los ensayos de tracción y flexión. Esta representación de las curvas junto con los valores de densidad y Módulo de elasticidad determinan el comportamiento del material compuesto durante la simulación. A continuación, se muestran las gráficas obtenidas:

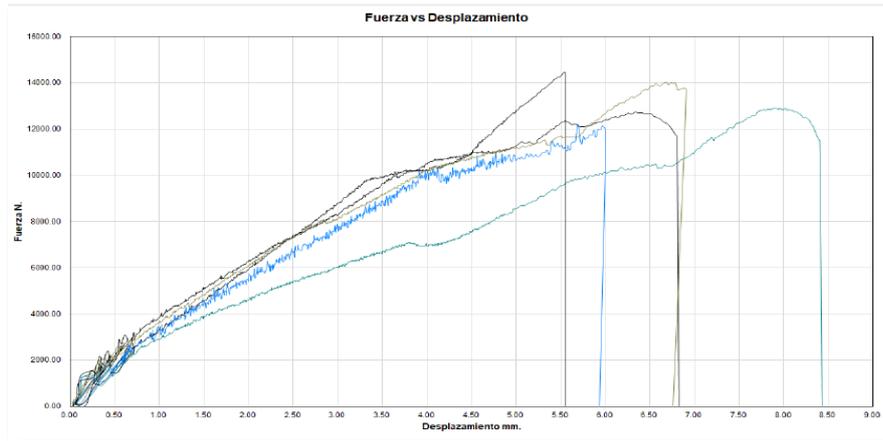


Ilustración 4-23: Curvas Fuerza - Desplazamiento del material polimérico
 Realizado por: Supe W, 2023

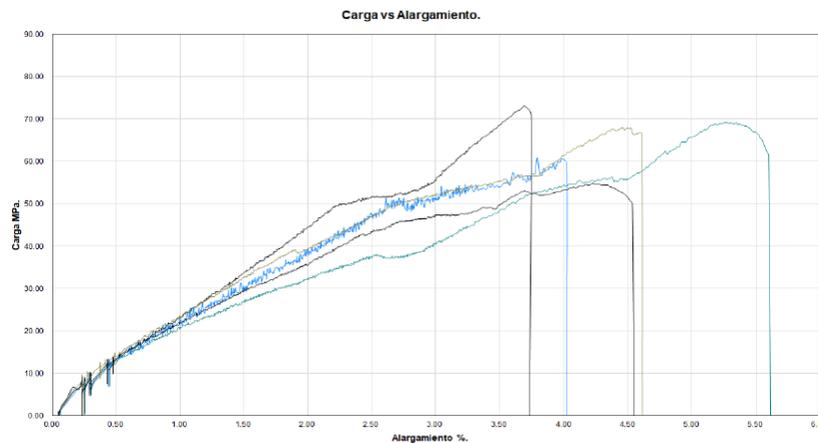


Ilustración 4-24: Curvas Carga - Alargamiento del material polimérico
 Realizado por: Supe W, 2023.

4.6.2 *Análisis e interpretación de resultados de los desplazamientos y deformaciones*

La valoración de la influencia del material compuesto se ve reflejada en la deformación del frontal del karting, una vez concluida la simulación aplicando una fuerza en los diferentes sentidos dentro del programa Ansys Workbench se obtiene los valores presentados en la Tabla 4-7, los cuales hacen referencia a la alteración que tendrá el material polimérico al intervenir una fuerza en su movimiento natural o al estar en una carrera.

Tabla 4-7: Resultados del análisis estático

Sentido de la fuerza	Deformación máxima (mm)	Factor de seguridad	Fuerza de reacción (N)	
			Superior	Inferior
Frontal	11,554	4,380	153,99	630,41
Vertical	18,722	4,419	1071,3	587,22
Lateral	32,214	4,397	275,46	489,6

Realizado por: Supe W, 2023

Al terminar la simulación del frontal del karting se puede apreciar que, una fuerza lateral generará mayor deformación con un valor de 32,214 mm, al obtener una fuerza en sentido vertical la deformación que sufrirá tiene un valor de 18,722 mm, mientras que una fuerza en sentido frontal generará la menor deformación con un valor de 11,554 mm.

4.7 Costos

Durante la realización de este proyecto se pudo definir la elaboración del protector frontal del karting en donde se realizó una tabla la cual detalla los costos y valores correspondientes a los materiales, mano de obra, elementos, etc., utilizados para la fabricación del protector frontal.

Tabla 4-8 Tabla de costos

Elemento	Costo
Fibra de abacá	30 \$
Mercerizado	3,50 \$
Tejida de abacá	40 \$
Resina Poliéster	10 \$
Molde	20 \$
Yercoat	6 \$
Brochas	3 \$
Manufactura	40 \$
Pintura	10 \$
Adhesivos	5 \$
TOTAL	167,5 \$

Realizado por: Supe W, 2023

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

En base a la investigación y análisis realizados, se logró alcanzar el objetivo general de la investigación, que consistía en elaboración de un prototipo de protector frontal compuesto de un material de abacá – poliéster para un vehículo karting. Mediante la combinación de conocimientos teóricos, diseño asistido por software y simulaciones por elementos finitos.

Se realizó una investigación teórica acerca de los tipos de protectores frontales homologados para karting por la CIK-FIA (Comisión internacional de karting), en donde se tomó como ejemplar el protector frontal homologado 103/CA/14, en el cual se aplicó el laminado manual como método de construcción para la obtención del protector, utilizando el material compuesto de abacá poliéster.

Se diseñó el protector frontal, utilizando el software CAD SolidWorks en donde se trabajó con nubes de puntos en geomagic design para obtener el modelo que sirvió para la simulación. Además, se utilizó la tecnología al aplicar la fotogrametría como método de construcción del diseño y se realizó ensayos para configurar la simulación la cual incorpora las características del material compuesto de abacá y poliéster

Las simulaciones dinámicas realizadas en el software Ansys Workbench permitieron evaluar el comportamiento del protector frontal durante una carrera, se colocó un tiempo de 5 milisegundos para la simulación y se obtuvo una absorción de energía interna directamente proporcional a la deformación, obteniendo como resultados de 60.19 mm de deformación y 80000 mJ de energía interna.

Se ha llevado a cabo un análisis comparativo entre las propiedades mecánicas de los materiales comunes utilizados en autopartes, con una combinación de 70% de resina poliéster y 30% de fibra de abacá tejida además de la fibra de vidrio, obteniendo diferencias en los ensayos de tracción y flexión además de la simulación realizada en donde la curva de absorción de energía llega a su pico máximo y la deformación va reduciendo paulatinamente, caso contrario pasa con la fibra de abacá en donde la energía interna es directamente proporcional a la deformación.

5.2 Recomendaciones

Al momento de realizar la investigación teórica se debe tener en cuenta las fechas de homologación de los frontales del karting dentro de la normativa CIK-FIA.

Se sugiere investigar diferentes fracciones volumétricas de matriz y refuerzo, así como la orientación de las fibras, es decir, la ubicación del material dentro del molde para determinar si los resultados son similares en sus ensayos de tracción, flexión.

En el proceso de fabricación, se recomienda únicamente elaborar la parte frontal con la fibra de abacá y la parte posterior del frontal realizarla con fibra de vidrio para reducir el peso del frontal del karting, además, la aplicación inicial de resina para mejorar la adherencia debido a que el material es muy difícil de dominar y lograr una mejor impregnación de la fibra de abacá.

Realizar un procedimiento con mayor tecnología que nos permita controlar de mejor manera el porcentaje del material compuesto para disminuir el peso del protector frontal y obtener pesos similares al de los materiales con los que están realizados los protectores frontales homologados.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ACI.** CARENATURE Minikart y Baby Kart. S.l ,2009.
2. **BASTIS, C.** El Método Inductivo - Online Tesis. [en línea], 2020, [consulta: 2 agosto 2023]. Disponible en: <https://online-tesis.com/el-metodo-inductivo/>.
3. **BRAVO, A. y ABRAHAM, Y.** Diseño y simulación de un material compuesto con fibra de abacá y su aplicación en el sector automotriz. [en línea], 2022, Guayaquil: [consulta: 20 agosto 2023]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23837/1/UPS-GT004088.pdf>.
4. **CIK – FIA.** Chasis. [en línea], 2022, [consulta: 3 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.fiakarting.com/sites/default/files/2022-02/TD%202.0%20-%20Bumpers%20for%20short%20circuits%20-%20Groups%201%20%26%202.pdf>.
5. **CIKA-FIA.** Ficha de homologación formulario de homologación. . S.l, 2005.
6. **CIK/FIA.** Parolin racing Kart SRL. . S.l, 2008.
7. **CIK-FIA.** Carenage avant / carenado delantero comisión internacional de karting-fia. . S.l., 2014.
8. **CIK-FIA.** Ficha de homologación / carenado delantero. . S.l., 2019.
9. **CIK/FIA.** Parolin Racing Kart srl. . S.l., 2021.
10. **CIK/FIA PAROLIN.** Homologation N° COMMISSION INTERNATIONALE DE KARTING-FIA. . S.l., 2002.
11. **FIA KARTING.** FIA Karting. [en línea],2023 ,[consulta: 2 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.fiakarting.com/history/1956>.
12. **GUIJARRO, G.** Análisis de las propiedades de absorción de energía de un material compuesto de abacá - poliéster, mediante pruebas de impacto simulados y su incidencia en la seguridad del conductor de un autobús. 2021, Riobamba

13. **VILLACÍS SALAZAR, H.G.** Obtención de materiales compuestos híbridos de matriz poliéster reforzados con fibra de vidrio y abacá mediante estratificación. [en línea], 2011, Quito: [consulta: 20 agosto 2023]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4036/1/CD-3802.pdf>.
14. **INEN 2047, N.** Plásticos. Determinación de la resistencia a la flexión de los materiales plásticos rígidos. . S.l. 2015.
15. **INEN 2043, N.** Plásticos. Método de ensayo para la determinación de las propiedades de tensión, 2013. Quito – Ecuador.
16. **JUSTAVINO, J.** La fibra de vidrio en su estado contaminante. . S.l. 2013.
17. **LANCHIMBA, M.** Implementación un sistema de dirección para un Go-Kart eléctrico para la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. [en línea], 2021, Latacunga: [consulta: 26 abril 2023]. Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/27331/1/M-ESPEL-MAT-0144.pdf>.
18. **MURILLO, J., ALONSO, A., LORENA, S., SANZ, G., LEÓN, I., ELISA, R., GORDO, G., GIL, B., LEA, Á. y BREA, R.** Métodos de investigación de enfoque experimental. [en línea], 2019, S.l.: [consulta: 8 agosto 2023]. Disponible en: <https://www.postgradoune.edu.pe/pdf/documentos-academicos/ciencias-de-la-educacion/10.pdf>.
19. **NARANJO, R.** Tecnología de manufactura de carrocerías de vehículos tipo go-karts con el uso de material compuesto de matriz epoxi con fibra biodegradable yute, 2021. Ambato.
20. **NIETO, F.** Reglamento Técnico Nacional aplicable a todos los campeonatos, copas, trofeos y challenges de España de karting. [en línea], 2018, [consulta: 20 agosto 2023]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/52935507/Reglamento-KARTS-2009#>.
21. **ONUAA.** Fibras del futuro. [en línea], 2020, [consulta: 7 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.fao.org/economic/futurefibres/fibres/abaca0/es/>.
22. **OQUENDO, F.** Influencia de la exposición a la intemperie en la resistencia a la tracción, flexión e impacto de dos materiales compuestos de matriz poliéster reforzados con fibra de abacá y plátano. [en línea], 2020. Ambato: Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/31426>.
23. **PÁEZ, J.** Obtención de compuestos de polipropileno reforzado con fibras de abacá mediante moldeo por compresión. [en línea], 2007. Quito: [consulta: 16 mayo 2023]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/352/1/CD-0762.pdf>.
24. **SALAZAR, F.** Análisis de un kart de competición y de sus componentes. [en línea], 2011. [consulta: 23 abril 2023]. Disponible en: <https://zaguan.unizar.es/record/5673/files/TAZ-PFC-2011-125.pdf>.

25. **CARRIÓN SALAZAR, M.A.** Diseño y construcción de go-kart para personas con discapacidad física en sus extremidades inferiores. [en línea], 2019. Quito: Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20209>.
26. **SINCHI, Patricio y TORO, Luis.** Estudio e implementación de un tren eléctrico para un Go Kart para la carrera de Ingeniería Automotriz. 2023. Riobamba.
27. **SUPERKARTSK.** Fiche de homologation. 2018.
28. **VARGAS, I.** Optimización del proceso de elaboración de las láminas para autopartes en fibra de vidrio reforzadas con Woven Roving 800 en la fábrica Master Fibra ubicada en Ambato. [en línea], 2020. Riobamba: Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/14112?mode=full>.
29. **VILLACÍS, H.** Obtención de materiales compuestos híbridos de matriz poliéster reforzados con fibra de vidrio y abacá mediante estratificación. [en línea], 2011. Quito: [consulta: 15 mayo 2023]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4036/1/CD-3802.pdf>.
30. **VILLACRESES, D.A.** *Estudio del proceso de ensamble de un Go-Kart de circuito cerrado y la factibilidad de realizar el intercambio de partes en su estructura fibral* [en línea], 2010 S.l.: [consulta: 23 abril 2023]. Disponible en: <https://repositorio.pucesa.edu.ec/handle/123456789/542>.
31. **VUE DEVANT.** Carenado delantero comisión internacional de karting-fia. 2014.

ANEXOS

ANEXO A: CARACTERÍSTICAS DEL ACRÍLICO

Característica	Descripción
Dureza	Su resistencia es comparable a la de los metales como el cobre y el latón
Aislamiento eléctrico	Es un buen aislante ya que posee resistencia al paso de la corriente eléctrica
Peso específico eléctrico	Más liviano que el vidrio en un 50 % y su peso específico es de $1,19 \text{ gr/cm}^3$
Propiedades térmicas	Resulta 20% mejor aislante que el vidrio.
Resistencia a sustancias químicas	No sólo es resistente al agua, sino también a distintos hidrocarburos, ácidos y óxidos. No se recomienda su uso para hidrocarburos aromáticos y clorados, ni con disolventes orgánicos y acetonas.
Flamabilidad	Es combustible, aunque se puede retardar esta propiedad con algunas fórmulas.
Transparencia	Es igual a un vidrio óptico, con un 92% de transmisión de luz visible.
Resistencia al impacto	Es de 10 a 20 veces más fuerte que el vidrio.
Resistencia a la intemperie	Puede estar expuesto por largos períodos de tiempo a las inclemencias climáticas sin mostrar significantes cambios en color y estructura.

**FICHE D'HOMOLOGATION
HOMOLOGATION FORM**

Homologation N°

103/CA/14



**COMMISSION INTERNATIONALE
DE KARTING – FIA**



CARENAGE AVANT / FRONT FAIRING

Constructeur	<i>Manufacturer</i>	Righetti Ridolfi spa
Marque	<i>Make</i>	Righetti Ridolfi
Modèle	<i>Model</i>	XTR14
Catégorie	<i>Category</i>	Toutes / All
Durée de l'homologation	<i>Validity of the homologation</i>	6 ans / years
Nombre de pages	<i>Number of pages</i>	3

La présente Fiche d'Homologation reproduit descriptions, illustrations et dimensions au moment de l'homologation CIK-FIA.

This Homologation Form reproduces descriptions, illustrations and dimensions at the moment of the CIK-FIA homologation.



PHOTOS VUE DE DEVANT, DE DESSUS ET DE COTÉ, DU CARENAGE AVANT AVEC SUPPORTS

PHOTO FROM FRONT, ABOVE AND SIDE OF FRONT FAIRING WITH SUPPORTS

Signature et tampon de l'ASN <i>Signature and stamp of the ASN</i>	Signature et tampon de la CIK-FIA <i>Signature and stamp of the CIK-FIA</i>

ANEXO C: INFORME DEL ENSAYO DE FLEXIÓN NTE INEN 2047



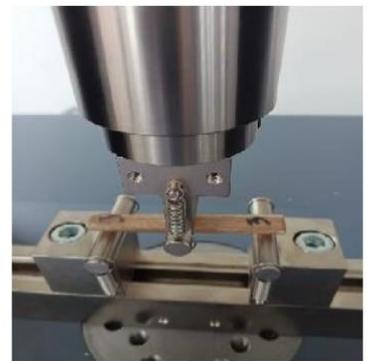
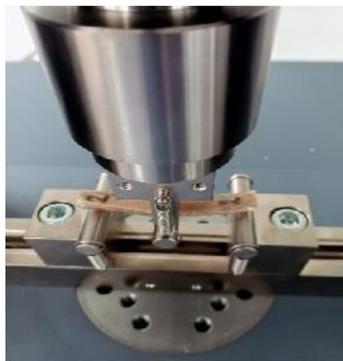
CENTRO DE TRANSFERENCIA Y TECNOLOGÍA, FACULTAD INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA - UTA

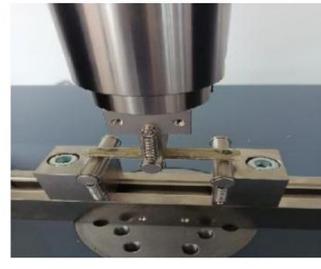
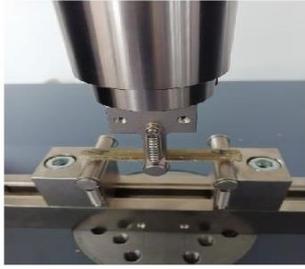


DATOS DEL CLIENTE		DATOS INFORMATIVOS		Informe N°: 2023-186
Empresa / Cliente:	Wellington Supe	Laboratorio:	Resistencia de Materiales	Método de ensayo: NTE INEN 2047
Fecha de Inicio:	18-Jul-2023	Designación del material: Material compuesto: Resina epóxica y fibra de abacá		

#	Identificación de probeta	Temp (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Modulo Elastico (GPa)	Tensión Maxima (Mpa)	Desplazamiento mm	% Deformación máxima
				Ancho	Espesor					
1	F - 1	16,0	61	4,00	10,00	278,4250	38,2960	534,5770	6,70301	1,96377
2	F - 2			4,00	10,00	292,5870	37,6041	561,7680	8,06472	2,36271
3	F - 3			4,00	10,00	340,3740	49,3236	653,5190	9,06138	2,65470
4	F - 4			4,00	10,00	111,4290	28,0092	213,9440	5,08966	1,49111
5	F - 5			4,00	10,00	54,2561	16,8617	104,1720	4,49800	1,31777
6	F - 6			4,00	10,00	121,2440	31,2074	232,7880	4,86303	1,42472
				Promedio		199,719	33,550	383,461	6,380	1,869
				Mediana		278,425	37,604	534,577	6,703	1,964
				Desviación estándar		124,826	12,205	239,666	1,929	0,565
				Coefficiente de variación		0,625	0,364	0,625	0,302	0,302
				Maximo		340,374	49,324	653,519	9,061	2,655
				Minimo		54,256	16,862	104,172	4,498	1,318
				Rango		286,118	32,462	549,347	4,563	1,337

ANEXOS FOTOGRAFICOS





Realizado por: Ing. Christian Pérez
TÉCNICO DE LABORATORIO MATERIALES
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



Supervisado por: Ing. Sebastian Villegas
TÉCNICO DE LABORATORIO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

ANEXO D: INFORME DEL ENSAYO DE TRACCIÓN NTE INEN 2043

Código: CF-AE-RM-RG-004
 Fecha de Elaboración: 2016-05-11
 Fecha de última aprobación: 2022-02-04
 Revisión: 8

ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES POLIMÉRICOS

Página 1 de 2

LABORATORIO DE RESISTENCIA DE MATERIALES ENSAYO DE TRACCIÓN DE MATERIALES POLIMÉRICOS INFORME DE RESULTADOS N°: 180453453320230710-ETP.

DATOS GENERALES

N° de proforma: RM_2023_022.
Empresa/Cliente: Wellington Xavier Supe Guamanquispe.
RUC/C.I.: 1804534533. **Teléfono:** +593999890945.
Dirección: Riobamba.
Correo: wellington.supe@epoch.edu.ec.
DATOS DEL ENSAYO:
Lugar de Ejecución del Ensayo: Laboratorio de Resistencia de Materiales.
Dirección: Santo Domingo y Río de Janeiro, Catiglata/Ambato.
Método de ensayo: NTE INEN 2043:2013 Plásticos. Método de ensayo para la determinación de las propiedades de tensión.
Tipo de ensayo: Cuantitativo. **Tipo de probeta:** Plana D1.
Equipo utilizado: Máquina de ensayos universal Metrotec 50 KN.
Modelo: MTE-50 **Serie:** 8802M002.
Velocidad de ensayo: 10 mm/min. **Precarga:** 100,00 N.
Longitud calibrada: 150 mm.
Fecha de Inicio de Ensayo: 2023/07/17. **Fecha de Finalización de Ensayo:** 2023/07/17.
 Los resultados obtenidos en el presente informe corresponden a ensayos realizados en **probetas de material Termoestable de fibra de Abaca con resina Poliéster**. Las probetas fueron recibidas en el Laboratorio de Resistencia de Materiales del Centro de Fomento Productivo Metalmecánico Carrocero de la provincia de Tungurahua.

OBJETOS DE ENSAYO

Número de Probetas cuantificadas:

N°	Identificación de probetas	Tipo de probeta (según norma)	Probetas a Ensayar
1	180453453320230710-ETP 01	D1	5
Total			5

Observación: La fabricación de las probetas 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:	Revisado por:	Aprobado por:
Ing. Fernando Tibán R. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMCPPT.	Ing. David Romero C. Analista Técnico Área de Ensayos e Inspecciones CFPMCPPT.	Ing. Luis Mayorga MEng. Administrador CFPMCPPT.

Lugar y fecha de emisión de informe: Ambato, 18 de julio de 2023.

N° de factura:001-001-000000051.

Ministerio de Producción,
Comercio Exterior,
Inversiones y Pesca



Gobierno
Juntos lo logramos

CON FORO DE CAMARAS Y
ASOCIACIONES DE LA PRODUCCION
DE TUNGURAHUA



Centro de Fomento Productivo
Metalmecánico Carrocero
Provincia de Tungurahua

RESULTADOS:

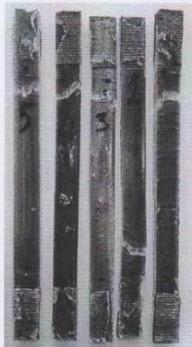
N°	Identificación de probeta	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)	Dimensiones mm		Fuerza máxima (N)	Esfuerzo máximo de tracción (MPa)	Desplazamiento (mm)	% Elongación (Calculado)
				Ancho	Espesor				
1	180453453320230710-ETP 01-1	21.2	58.8	23.28	8.02	12900.00	69.09	8.386	5.591
2	180453453320230710-ETP 01-2			24.84	7.96	14450.00	73.08	5.547	3.698
3	180453453320230710-ETP 01-3			23.73	8.44	12200.00	60.91	6.007	4.005
4	180453453320230710-ETP 01-4			24.96	9.33	12750.00	54.75	6.805	4.537
5	180453453320230710-ETP 01-5			23.54	8.76	14000.00	67.89	6.910	4.607
				Promedio \bar{x}		13260,000	65,146	6,731	4,487
				Desviación estándar S_{n-1}		932,336	7,281	1,084	0,723
				Coeficiente de variación CV		0,070	0,112	0,161	0,161

Observaciones del ensayo: Ninguna.

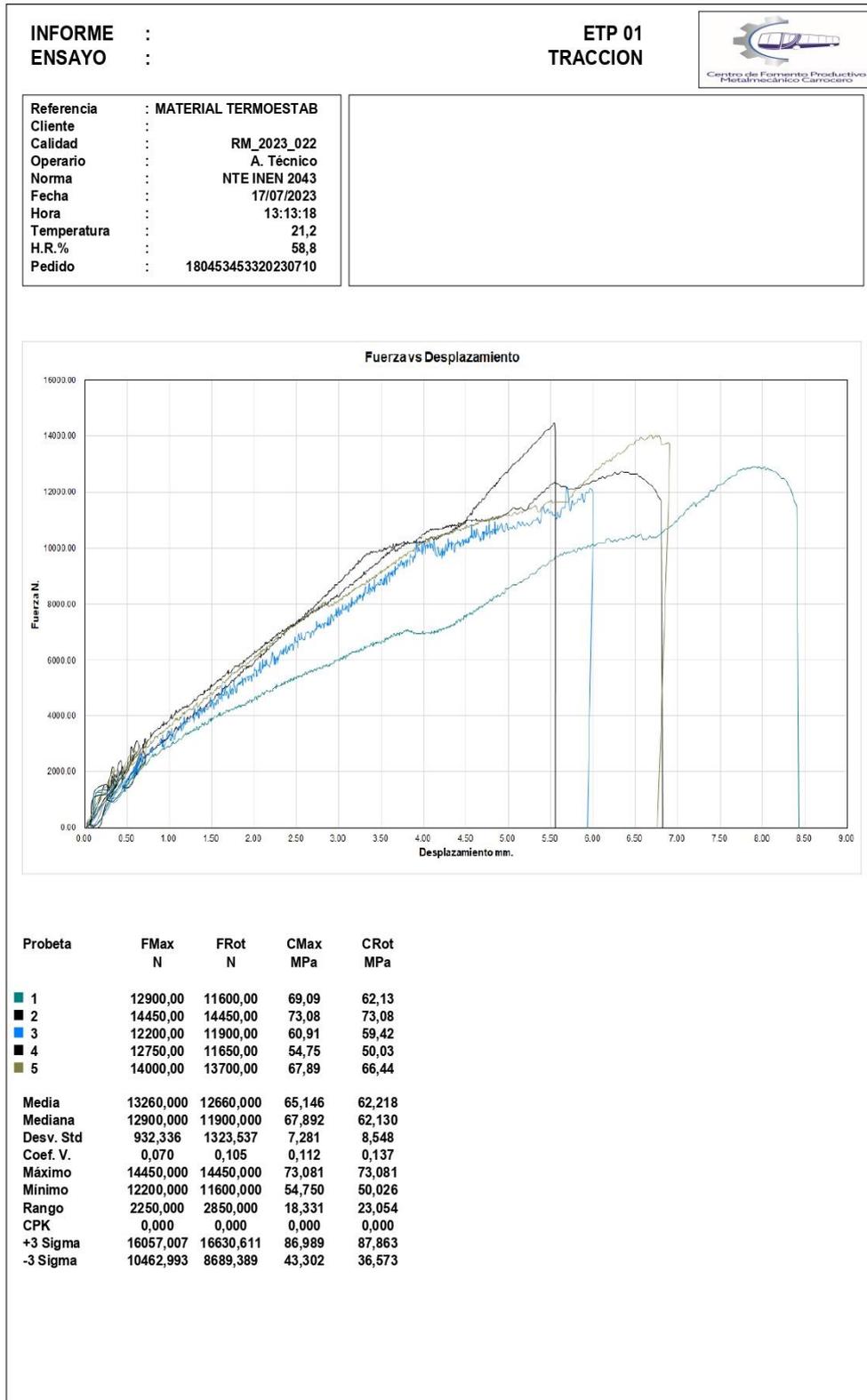
HOJA DE ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

Informe N°: 180453453320230710-ETP.
DATOS DEL CLIENTE
Empresa/Cliente: Wellington Xavier Supe Guamanquispe.
Dirección: Riobamba.
Núm. de cédula/RUC: 1804534533. Teléfono: +593998990945.
E-mail: wellington_supe@espoch.edu.ec.

DATOS INFORMATIVOS
Laboratorio: Resistencia de Materiales.
Designación del material:
Material Termoestable de fibra de Abaca con resina Poliéster.
Método de ensayo:
NTE INEN 2043:2013 Plásticos. Método de ensayo para la determinación de las propiedades de tensión.

N°	IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	FECHA INGRESO	FECHA ELIMINACIÓN	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	EVIDENCIAS
1	180453453320230710-ETP 01-1	2023/07/10	2023/07/18	Cliente	Se entrega al cliente	
2	180453453320230710-ETP 01-2	2023/07/10	2023/07/18	Cliente	Se entrega al cliente	
3	180453453320230710-ETP 01-3	2023/07/10	2023/07/18	Cliente	Se entrega al cliente	
4	180453453320230710-ETP 01-4	2023/07/10	2023/07/18	Cliente	Se entrega al cliente	
5	180453453320230710-ETP 01-5	2023/07/10	2023/07/18	Cliente	Se entrega al cliente	

ANEXO E: GRÁFICA DEL ENSAYO DE TRACCIÓN FUERZA VS DESPLAZAMIENTO



ANEXO F: GRÁFICA DEL ENSAYO DE TRACCIÓN CARGA VS ALARGAMIENTO.

