



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MOLDE PARA ASIENTOS
DE KARTING A MEDIDA EN FIBRA DE CARBONO**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTOR:

JONATHAN MARTIN PÉREZ ROBALINO

Riobamba – Ecuador

2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**DISEÑO Y CONTRUCCIÓN DE UN MOLDE PARA ASIENTOS DE
KARTING A MEDIDA EN FIBRA DE CARBONO**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTOR: JONATHAN MARTIN PÉREZ ROBALINO

DIRECTOR: Ing. EDGAR FABIÁN SÁNCHEZ CARRIÓN

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, Jonathan Martin Pérez Martin

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, Jonathan Martin Pérez Robalino, 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, 07 de febrero de 2024.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized initial 'J' followed by the name 'Jonathan Martin Pérez Robalino' written in a cursive script.

Jonathan Martin Pérez Robalino

180483063-4

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 MOLDE PARA ASIENTOS DE KARTING A MEDIDA DE FIBRA DE CARBONO**, realizado por el señor: **JONATHAN MARTIN PÉREZ ROBALINO**, 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. Javier Milton Solís Santamaría
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

2024-02-07

Ing. Edgar Fabián Sánchez Carrión
DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

2024-02-07

Ing. Edison Patricio Abarca Pérez
ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

2024-02-07

DEDICATORIA

Quisiera expresar mi profundo agradecimiento a mis padres, Angélica y Roberto, por su apoyo incondicional a lo largo de mi travesía académica. A mi familia, incluyendo a mis hermanos, abuelos, tíos y primos, le estoy agradecido por ser mi red de seguridad y brindarme aliento constante durante este viaje. A mis amigos, quienes han sido parte fundamental de este proceso, les agradezco sinceramente por su amistad y apoyo inquebrantable. Este logro no solo es mío, sino también de cada uno de ustedes que ha dejado una huella indeleble en mi corazón. Esta tesis está dedicada con amor y gratitud a mi familia y amigos, quienes han sido mi fuente de inspiración y han compartido la alegría de este logro conmigo.

Martin Pérez Robalino

AGRADECIMIENTO

Con gratitud inmensa, elevo mi más sincero agradecimiento a Dios, fuente de fortaleza y guía en cada paso de mi vida, por brindarme la fe y el coraje necesarios para alcanzar este logro. A mis amados padres y familiares, quienes han sido pilares inquebrantables, agradezco por su apoyo constante y amor incondicional que ha sido la inspiración detrás de mis esfuerzos. A mis entrañables amigos, cuya compañía ha iluminado mis días, agradezco por su aliento y complicidad a lo largo de esta travesía. A mí mismo, reconociendo la dedicación y determinación que he cultivado, celebro el esfuerzo constante y la perseverancia que me llevaron a cumplir este objetivo. Además, a mi querida novia, agradezco profundamente por su apoyo incondicional, paciencia y motivación constante, que fueron la chispa que avivó mi determinación. Este logro es el resultado de la combinación de la gracia divina, el apoyo familiar, la amistad sincera, mi propia dedicación y el amor incondicional de mi novia. Con humildad y alegría, dedico esta realización a todos los que han sido parte fundamental de este viaje.

Martin Pérez Robalino

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--------------------------------------|-----|
| <u>ÍNDICE DE TABLAS</u> | xi |
| <u>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</u> | xii |
| <u>RESUMEN</u> | xiv |
| <u>SUMMARY</u> | xv |
| <u>INTRODUCCIÓN</u> | 1 |

CAPÍTULO I

| | |
|--|---|
| <u>1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA</u> | 2 |
| <u>1.1. Planteamiento del problema</u> | 2 |
| <u>1.2. Justificación</u> | 3 |
| <u>1.3. Objetivos</u> | 3 |
| <u>1.3.1. Objetivo general</u> | 3 |
| <u>1.3.2. Objetivos Específicos</u> | 3 |

CAPÍTULO II

| | |
|--|----|
| <u>2. MARCO TEÓRICO</u> | 5 |
| <u>2.1. El Karting</u> | 5 |
| <u>2.2. Historia del Karting</u> | 5 |
| <u>2.3. Asientos para karting</u> | 6 |
| <u>2.3.1. Características que debe presentar un asiento</u> | 7 |
| <u>2.3.2. Visibilidad del conductor</u> | 8 |
| <u>2.4. Tipos de asiento</u> | 8 |
| <u>2.4.1. Asiento de fondo plano</u> | 9 |
| <u>2.4.2. Asiento de fondo redondo</u> | 9 |
| <u>2.4.3. Reglamento de los asientos según la FIA</u> | 10 |
| <u>2.5. Diseño de un asiento</u> | 10 |
| <u>2.5.1. Repartición del peso a través del asiento de un kart</u> | 10 |
| <u>2.5.2. Adelanto de la posición del asiento en Y</u> | 10 |
| <u>2.5.3. Retraso de la posición del asiento en Y</u> | 11 |
| <u>2.5.4. Cambio de posición en X</u> | 11 |
| <u>2.6. Tipos de pruebas sometidas a los asientos del kart</u> | 11 |
| <u>2.7. Ergonomía y Antropometría</u> | 12 |

| | | |
|----------------|--|----|
| <u>2.7.1.</u> | <u><i>Ergonomía</i></u> | 12 |
| <u>2.7.2.</u> | <u><i>Antropometría</i></u> | 13 |
| <u>2.8.</u> | <u><i>Lesiones en el Karting por el asiento</i></u> | 14 |
| <u>2.9.</u> | <u><i>Materiales Compuestos</i></u> | 14 |
| <u>2.9.1.</u> | <u><i>Fibra de carbono</i></u> | 15 |
| <u>2.9.2.</u> | <u><i>Origen de la fibra de carbono</i></u> | 15 |
| <u>2.9.3.</u> | <u><i>Concepto de fibra de carbono</i></u> | 16 |
| <u>2.9.4.</u> | <u><i>Tipo de Fibras de carbono</i></u> | 17 |
| <u>2.9.5.</u> | <u><i>Fibra de carbono tipo 3k</i></u> | 17 |
| <u>2.10.</u> | <u><i>Materiales compuestos, por su resistencia y tensión específica</i></u> | 18 |
| <u>2.10.1.</u> | <u><i>Aplicaciones de la fibra de carbono en la industria automotriz</i></u> | 19 |
| <u>2.11.</u> | <u><i>Resina</i></u> | 20 |
| <u>2.11.1.</u> | <u><i>Concepto de Resina</i></u> | 20 |
| <u>2.11.2.</u> | <u><i>Resina epoxi</i></u> | 20 |
| <u>2.11.3.</u> | <u><i>Curado de la resina epoxi</i></u> | 21 |
| <u>2.12.</u> | <u><i>Ensayos destructivos de materiales compuestos</i></u> | 21 |
| <u>2.12.1.</u> | <u><i>Tracción</i></u> | 23 |
| <u>2.12.2.</u> | <u><i>Flexión</i></u> | 24 |
| <u>2.13.</u> | <u><i>Proceso de fabricación del molde</i></u> | 25 |
| <u>2.13.1.</u> | <u><i>Obtención del molde base</i></u> | 25 |
| <u>2.13.2.</u> | <u><i>Moldeo por laminación</i></u> | 25 |
| <u>2.13.3.</u> | <u><i>Moldeo por vacío – laminado manual</i></u> | 26 |
| <u>2.14.</u> | <u><i>Modelación 3D</i></u> | 26 |

CAPÍTULO III

| | | |
|---------------|--|----|
| <u>3.</u> | <u><i>MARCO METODOLÓGICO</i></u> | 27 |
| <u>3.1.</u> | <u><i>Nivel de investigación</i></u> | 27 |
| <u>3.2.</u> | <u><i>Método de investigación</i></u> | 27 |
| <u>3.2.1.</u> | <u><i>Método inductivo</i></u> | 27 |
| <u>3.2.2.</u> | <u><i>Método deductivo</i></u> | 28 |
| <u>3.2.3.</u> | <u><i>Método experimental</i></u> | 28 |
| <u>3.3.</u> | <u><i>Enfoque de investigación</i></u> | 28 |
| <u>3.3.1.</u> | <u><i>Enfoque cualitativo</i></u> | 29 |
| <u>3.4.</u> | <u><i>Diseño de investigación</i></u> | 29 |
| <u>3.5.</u> | <u><i>Plan para la ejecución de un molde de asiento de karting</i></u> | 30 |
| <u>3.6.</u> | <u><i>Planificación de la Investigación</i></u> | 31 |

| | | |
|-------------------------|---|----|
| <u>3.7.</u> | <u>Adquisición de la materia prima</u> | 32 |
| <u>3.7.1.</u> | <u>Selección de fibra de carbono</u> | 32 |
| <u>3.8.</u> | <u>Ensayos destructivos e identificación de Normas</u> | 33 |
| <u>3.8.1.</u> | <u>Dimensiones de moles para probetas de ensayos destructivos</u> | 34 |
| <u>3.8.2.</u> | <u>Fabricación de moldes para ensayos destructivos</u> | 35 |
| <u>3.8.2.1.</u> | <u>Probeta para ensayo de tracción bajo la norma NTE INEN 2043</u> | 35 |
| <u>3.8.2.2.</u> | <u>Probeta para ensayo de flexión bajo la norma NTE INEN 2047</u> | 35 |
| <u>3.9.</u> | <u>Elaboración de probetas para ensayos destructivos</u> | 36 |
| <u>3.9.1.</u> | <u>Encerado de los moldes</u> | 36 |
| <u>3.9.2.</u> | <u>Aplicación de fibra de carbono y resina en los moldes para probetas</u> | 37 |
| <u>3.9.2.1.</u> | <u>Preparación de la fibra de carbono</u> | 37 |
| <u>3.9.2.2.</u> | <u>Preparación de la resina epoxi</u> | 38 |
| <u>3.9.3.</u> | <u>Elaboración de probetas</u> | 39 |
| <u>3.10.</u> | <u>Ensayos destructivos</u> | 40 |
| <u>3.11.</u> | <u>Ensayo de tracción</u> | 41 |
| <u>3.12.</u> | <u>Ensayo de flexión</u> | 42 |
| <u>3.13.</u> | <u>Diseño del molde en software CAD</u> | 43 |
| <u>3.13.1.</u> | <u>Diseño y modelado del asiento</u> | 43 |
| <u>3.13.2.</u> | <u>Operaciones para realizar el modelo con el software CAD</u> | 44 |
| <u>3.13.2.1.</u> | <u>Imágenes de referencia</u> | 44 |
| <u>3.13.2.2.</u> | <u>Curva</u> | 44 |
| <u>3.13.2.3.</u> | <u>Croquis 3D</u> | 45 |
| <u>3.13.2.4.</u> | <u>Simetría</u> | 45 |
| <u>3.13.2.5.</u> | <u>Coser Superficies</u> | 46 |
| <u>3.13.2.6.</u> | <u>Simulación Terminada</u> | 46 |
| <u>3.13.3.</u> | <u>Análisis para desmoldeo del molde con software CAD</u> | 46 |
| <u>3.13.4.</u> | <u>Análisis estático a asientos obtenidos del molde por software CAD</u> | 47 |
| <u>3.13.4.1.</u> | <u>Pasos para el análisis estático</u> | 47 |
| <u>3.14.</u> | <u>Obtención del primer molde del asiento</u> | 50 |
| <u>3.14.1.</u> | <u>Componentes empleados</u> | 50 |
| <u>3.14.1.1.</u> | <u>Asiento base para la obtención del primer molde</u> | 50 |
| <u>3.14.1.2.</u> | <u>Espuma de poliuretano</u> | 50 |
| <u>3.14.2.</u> | <u>Preparación del asiento base</u> | 51 |
| <u>3.14.3.</u> | <u>Aplicación de la espuma de poliuretano</u> | 52 |
| <u>3.14.3.1.</u> | <u>Pruebas de expansión de la espuma de poliuretano</u> | 52 |
| <u>3.14.4.</u> | <u>Secado y extracción del molde</u> | 53 |
| <u>3.14.5.</u> | <u>Preparación del molde</u> | 54 |

| | | |
|-----------------------|---|----|
| <u>3.15.</u> | <u>Proceso de Construcción del molde para asientos</u> | 55 |
| <u>3.15.1.</u> | <u>Preparación de la fibra de carbono</u> | 55 |
| <u>3.15.2.</u> | <u>Preparación de la resina epoxi</u> | 55 |
| <u>3.15.3.</u> | <u>Proceso de laminación</u> | 55 |
| <u>3.15.4.</u> | <u>Curado al vacío</u> | 56 |
| <u>3.15.5.</u> | <u>Desmoldeado del molde para asiento del molde de espuma de poliuretano</u> | 56 |
| <u>3.15.6.</u> | <u>Corte del molde para asientos en dos partes</u> | 56 |

CAPÍTULO IV

| | | |
|------------------------|---|----|
| <u>4.</u> | <u>RESULTADOS</u> | 57 |
| <u>4.1.</u> | <u>Resultados y comparación de la fibra de carbono con el acero y aluminio</u> | 57 |
| <u>4.2.</u> | <u>Resultados del análisis del desmoldeo del molde en software CAD</u> | 58 |
| <u>4.3.</u> | <u>Cálculos para espesor del molde de asiento</u> | 59 |
| <u>4.4.</u> | <u>Obtención del Molde final para asientos en fibra de carbono</u> | 60 |
| <u>4.4.1.</u> | <u>Proceso para la obtención del molde final en fibra de carbono</u> | 60 |
| <u>4.4.1.1.</u> | <u>Paso a paso para la construcción del molde</u> | 60 |
| <u>4.5.</u> | <u>Resultados de la simulación de asientos que se podrá obtener del molde</u> | 66 |
| <u>4.5.1.</u> | <u>Deformación total</u> | 66 |
| <u>4.5.2.</u> | <u>Deformación en el eje “Y”</u> | 67 |
| <u>4.5.3.</u> | <u>Deformación en el eje “X”</u> | 67 |
| <u>4.5.4.</u> | <u>Deformación en el eje “Z”</u> | 68 |
| <u>4.5.5.</u> | <u>Deformación elástica</u> | 68 |
| <u>4.5.6.</u> | <u>Factor de Seguridad</u> | 69 |

CAPÍTULO V

| | | |
|--------------------|--|----|
| <u>5.</u> | <u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u> | 70 |
| <u>5.1.</u> | <u>Conclusiones</u> | 70 |
| <u>5.2.</u> | <u>Recomendaciones</u> | 71 |

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|--------------------------|--|----|
| <u>Tabla 2-1:</u> | <u>Tipo de Fibra de carbono</u> | 17 |
| <u>Tabla 2-2:</u> | <u>Propiedades Resina Epoxi</u> | 21 |
| <u>Tabla 3-1:</u> | <u>Características de la Fibra de Carbono</u> | 31 |
| <u>Tabla 3-2:</u> | <u>Planificación de la Investigación</u> | 31 |
| <u>Tabla 3-3:</u> | <u>Dimensionamiento de probetas para ensayos destructivos</u> | 34 |
| <u>Tabla 3-4:</u> | <u>Características de las probetas de tracción</u> | 34 |
| <u>Tabla 3-5:</u> | <u>Datos promedio de los ensayos de tracción</u> | 42 |
| <u>Tabla 3-1:</u> | <u>Datos promedio de los ensayos de flexión</u> | 42 |
| <u>Tabla 4-1:</u> | <u>Propiedades de las Fibras</u> | 57 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

| | |
|---|----|
| <u>Ilustración 2-1: Karting</u> | 5 |
| <u>Ilustración 2-2: Karting en los años 70</u> | 6 |
| <u>Ilustración 2-3: Asiento de Kart</u> | 7 |
| <u>Ilustración 2-4: Tipos de asientos</u> | 8 |
| <u>Ilustración 2-5: Asiento de fondo plano</u> | 9 |
| <u>Ilustración 2-6: Asiento de fondo redondo</u> | 9 |
| <u>Ilustración 2-7: Simulación para un asiento de karting</u> | 12 |
| <u>Ilustración 2-8: Fibra de Carbono</u> | 15 |
| <u>Ilustración 2-9: Fibra de carbono en forma de hilo</u> | 16 |
| <u>Ilustración 2-10: Fibra de Carbono 3K</u> | 17 |
| <u>Ilustración 2-11: Avance composites vs fuerza específica (tensión entre densidad)</u> | 18 |
| <u>Ilustración 2-12: Diagrama esfuerzo deformación de la matriz, refuerzo, y el resultado</u> | 19 |
| <u>Ilustración 2-13: Mordazas y probeta para ensayo de tracción</u> | 23 |
| <u>Ilustración 2-14: Fuerzas implícitas en los ensayos de flexión</u> | 24 |
| <u>Ilustración 2-15: Proceso de laminación manual</u> | 25 |
| <u>Ilustración 3-1: Plan de ejecución para molde de asiento de Go Kart</u> | 30 |
| <u>Ilustración 3-2: Características de la Fibra de Carbono</u> | 32 |
| <u>Ilustración 3-3: Diseño de probeta para ensayo de tracción</u> | 35 |
| <u>Ilustración 3-4: Diseño de probeta para ensayo de flexión</u> | 35 |
| <u>Ilustración 3-5: Probetas necesarias para los ensayos destructivos</u> | 36 |
| <u>Ilustración 3-6: Molde de probeta para ensayo de tracción encerada</u> | 36 |
| <u>Ilustración 3-7: Moldes de probeta para ensayo de flexión encerada</u> | 37 |
| <u>Ilustración 3-8: Creación de las probetas para ensayos destructivos</u> | 40 |
| <u>Ilustración 3-9: Probetas terminadas</u> | 40 |
| <u>Ilustración 3-10: Ensayos de tracción</u> | 41 |
| <u>Ilustración 3-11: Ensayo de flexión</u> | 42 |
| <u>Ilustración 3-12: Evidencias ensayo de flexión</u> | 42 |
| <u>Ilustración 3-13: Imagen referencial para la simulación</u> | 43 |
| <u>Ilustración 3-14: Imagen referencial para la simulación</u> | 44 |
| <u>Ilustración 3-15: Punto de partida para la simulación</u> | 44 |
| <u>Ilustración 3-16: Parte superior de la simulación</u> | 45 |
| <u>Ilustración 3-17: Simetría aplicada a la simulación</u> | 45 |
| <u>Ilustración 3-18: Modelo terminado en la simulación</u> | 46 |
| <u>Ilustración 3-19: Diseño del molde para asiento</u> | 46 |

| | |
|---|----|
| <u>Ilustración 3-20: Análisis de desmoldeo</u> | 47 |
| <u>Ilustración 3-21: Propiedades del material para simulación</u> | 48 |
| <u>Ilustración 3-22: Mallado del modelo</u> | 48 |
| <u>Ilustración 3-23: Anclajes del Asiento</u> | 49 |
| <u>Ilustración 3-24: Fuerza del peso aplicado al asiento</u> | 49 |
| <u>Ilustración 3-25: Asiento utilizado para obtener el molde</u> | 50 |
| <u>Ilustración 3-26: Componentes A y B de la espuma de poliuretano</u> | 51 |
| <u>Ilustración 3-27: Asiento forrado</u> | 51 |
| <u>Ilustración 3-28: Prueba de expansión</u> | 52 |
| <u>Ilustración 3-29: Espuma de poliuretano expandida en asiento base</u> | 52 |
| <u>Ilustración 3-30: Proceso de secado del molde</u> | 53 |
| <u>Ilustración 3-31: Cortes longitudinales para desmoldar</u> | 53 |
| <u>Ilustración 3-32: Molde desmoldado</u> | 54 |
| <u>Ilustración 3-33: Molde listo para laminado</u> | 54 |
| <u>Ilustración 4-1: Comparación de las fibras</u> | 57 |
| <u>Ilustración 4-2: Análisis de desmoldeo</u> | 58 |
| <u>Ilustración 4-3: Angulo negativo de desmoldeo</u> | 59 |
| <u>Ilustración 4-4: Peso fibra de carbono</u> | 60 |
| <u>Ilustración 4-5: Pesaje de la resina epoxi</u> | 61 |
| <u>Ilustración 4-6: Pesaje Endurecedor</u> | 61 |
| <u>Ilustración 4-7: Plástico de sellado con la forma para aplicar vacío</u> | 62 |
| <u>Ilustración 4-8: Aplicación de desmoldante</u> | 62 |
| <u>Ilustración 4-9: Laminación en fibra de carbono</u> | 63 |
| <u>Ilustración 4-10: Molde Laminado</u> | 63 |
| <u>Ilustración 4-11: Sellado del plástico</u> | 64 |
| <u>Ilustración 4-12: Aplicación de vacío</u> | 64 |
| <u>Ilustración 4-13: Obtención del molde final</u> | 65 |
| <u>Ilustración 4-14: Asiento Final</u> | 65 |
| <u>Ilustración 4-15: Corte del Molde y ubicamos las vinchas</u> | 66 |
| <u>Ilustración 4-16: Deformación Total</u> | 66 |
| <u>Ilustración 4-17: Deformación en el eje Y</u> | 67 |
| <u>Ilustración 4-18: Deformación en el eje X</u> | 67 |
| <u>Ilustración 4-19: Deformación en el eje Z</u> | 68 |
| <u>Ilustración 4-20: Deformación Elástica</u> | 68 |
| <u>Ilustración 4-21: Factor de seguridad</u> | 69 |

RESUMEN

El proyecto de titulación se centró en la creación de un molde para asientos de karting, con énfasis en el uso de fibra de carbono con resina epoxi para lograr un diseño ergonómico y seguro. Se reconoció la importancia del asiento en el rendimiento del piloto y su seguridad, ya que proporciona la base para una conducción eficiente y cómoda. Se destacó que, aunque el motor y la preparación mecánica suelen recibir más atención, componentes aparentemente secundarios como el asiento juegan un papel crucial en el desempeño general del kart. El karting, como deporte de alto riesgo, requiere una atención especial a los detalles ergonómicos y de seguridad. Se subrayó la relevancia del peso, confort y aerodinámica en el desempeño del vehículo, así como en la comodidad y concentración del piloto durante la competición. El estudio mencionó que un asiento de baja calidad puede afectar negativamente el rendimiento del piloto e incluso representar un riesgo de seguridad si se rompe durante la carrera. Se llevaron a cabo exhaustivos ensayos de tracción y flexión para evaluar la resistencia del material compuesto, brindando datos esenciales que respaldaron las simulaciones realizadas en Software CAD, además, se efectuó un minucioso análisis de desmoldeo, crucial para la fabricación del molde final. Optamos por el método de laminación, inicialmente construyendo un prototipo de asiento en espuma para luego avanzar hacia la creación del molde definitivo en fibra de carbono. Los ensayos y la simulación proporcionaron la confianza necesaria para garantizar la funcionalidad y eficacia del molde en su aplicación práctica como resultado tenemos la construcción con éxito del molde en fibra de carbono además de los resultados que validan su construcción como son deformaciones mínimas en ejes Y y X, además un factor de seguridad apto para manufacturar sobre el molde construido.

Palabras clave: <KARTING> <FIBRA DE CARBONO> < RESINA EPOXI >, <ENSAYO DE TRACCIÓN >, <ENSAYO DE FLEXIÓN >.

0370-DBRA-UPT-2024



SUMMARY

This graduation project deals with creating a mold for karting seats, with an emphasis on using carbon fiber with epoxy resin to achieve an ergonomic and safe design. The importance of the seat in the pilot's performance and safety was recognized, as it provides the foundation for efficient and comfortable driving. It was highlighted that, although the engine and mechanical preparation often receive more attention, seemingly secondary components like the seat play a crucial role in the overall performance of the kart. Karting, as a high-risk sport, requires special attention to ergonomic and safety details. The relevance of weight, comfort, and aerodynamics in vehicle performance, as well as in the comfort and concentration of the pilot during competition, was underscored. The study mentioned that a low-quality seat can negatively affect pilot performance and even pose a safety risk if it breaks during the race. Exhaustive traction and flexion tests were conducted to evaluate the strength of the composite material, providing essential data that supported simulations carried out in CAD software. Additionally, a thorough demolding analysis, crucial for mold fabrication, was performed. We opted for the lamination method, initially constructing a foam seat prototype before progressing to the creation of the final mold in carbon fiber. The tests and simulation provided the necessary confidence to ensure the functionality and effectiveness of the mold in practical application. As a result, we successfully constructed the carbon fiber mold, along with results validating its construction, such as minimal deformations in the Y and X axes, as well as an appropriate safety factor for manufacturing on the built mold.

Keywords: <KARTING> <CARBON FIBER>, <EPOXY RESIN>, <TRACTION TESTING>, <FLEXION TESTING>.



Lic. Patricia Moyota A. Mgs

ID number: 0603611013

EFL Teacher

INTRODUCCIÓN

El Karting, es una disciplina deportiva del automovilismo que se practica con Karts sobre circuitos llamados Kartodromos. Dada sus características, es la modalidad por excelencia de formación de pilotos, suele ser el primer monoplaza en el que debutan los aspirantes a pilotos de competición, a edades tan tempranas como los 8 años.

El karting se ha convertido en una práctica deportiva popular en los últimos años, incorporando cada vez más adeptos en esta disciplina. Debido a que se trata de un deporte de alto riesgo, de múltiples impactos entre los vehículos y de una gran resistencia muscular por parte del piloto es propenso a que los deportistas sufran lesiones. (Godino, 2015)

Dadas estas características se considera al karting como un deporte en el que el peso, el confort y la aerodinámica es determinante, y esencial en el desempeño del monoplaza, el principal objetivo de cualquier piloto de kart es tener todos estos factores a su favor y sacar el mayor beneficio de estos, los cuales se reflejan en el rendimiento de kart y como este se comporte en la competencia frente a los diferentes factores de la pista.

Cuando pensamos en un kart ganador pensamos en el motor y la destreza del mecánico para afrontar las posibles averías y lo que concierne a la preparación del mismo, más que en cómo funcionan los demás componentes aparentemente secundarios como lo es el asiento, si el asiento es la base, que permite la conducción eficiente del piloto, un asiento de baja calidad puede explicar la falta de rendimiento del piloto debido a la incomodidad que este puede enfrentar al momento de la conducción, o en un caso mayor si se rompe puede ser muy riesgoso así como las molestias del piloto al que le resulta muy difícil conducir y restaría concentración en una competición en la cual, tener toda su atención es primordial tanto para ganar como mantener su seguridad misma. (VROOMKART, 2021)

El propósito del trabajo de titulación es la creación de un molde de asientos para kart teniendo como bases principales el uso de fibra de carbono de esta forma tener un diseño ergonómico y la validación del mismo mediante el uso de elementos finitos.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

El Karting, es una disciplina deportiva del automovilismo que se practica con Karts sobre circuitos llamados Kartodromos. Dada sus características, es la modalidad por excelencia de formación de pilotos, suele ser el primer monoplaza en el que debutan los aspirantes a pilotos de competición, a edades tan tempranas como los 8 años.

El karting se ha convertido en una práctica deportiva popular en los últimos años, incorporando cada vez más adeptos en esta disciplina. Debido a que se trata de un deporte de alto riesgo, de múltiples impactos entre los vehículos y de una gran resistencia muscular por parte del piloto es propenso a que los deportistas sufran lesiones. (Godino, 2015)

Dadas estas características se considera al karting como un deporte en el que el peso, el confort y la aerodinámica es determinante, y esencial en el desempeño del monoplaza, el principal objetivo de cualquier piloto de kart es tener todos estos factores a su favor y sacar el mayor beneficio de estos, los cuales se reflejan en el rendimiento de kart y como este se comporte en la competencia frente a los diferentes factores de la pista.

Cuando pensamos en un kart ganador pensamos en el motor y la destreza del mecánico para afrontar las posibles averías y lo que concierne a la preparación del mismo, más que en cómo funcionan los demás componentes aparentemente secundarios como lo es el asiento, si el asiento es la base, que permite la conducción eficiente del piloto, un asiento de baja calidad puede explicar la falta de rendimiento del piloto debido a la incomodidad que este puede enfrentar al momento de la conducción, o en un caso mayor si se rompe puede ser muy riesgoso así como las molestias del piloto al que le resulta muy difícil conducir y restaría concentración en una competición en la cual, tener toda su atención es primordial tanto para ganar como mantener su seguridad misma. (VROOMKART, 2021)

El propósito del trabajo de titulación es la creación de un molde de asientos para kart teniendo como bases principales el uso de fibra de carbono de esta forma tener un diseño ergonómico y la validación del mismo mediante el uso de elementos finitos.

1.2. Justificación

Con esta investigación se pretende obtener un molde para asientos que cumpla con las exigencias de comodidad , seguridad del piloto y también ayude al rendimiento del Go kart, que sea un prototipo funcional y fiable sobre el cual se pueda realizar pruebas para la fabricación además de los procesos y técnicas de manufactura, permitiendo a los estudiantes y docentes de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo realizar ensayos prácticos y de esta manera reforzar conocimientos adquiridos durante la carrera de Ingeniería Automotriz.

Para la manufactura de este molde para asientos se ha decidido realizarlo en fibra de carbono ya que este material compuesto se ha vuelto cada vez más popular en una amplia gama de aplicaciones industriales debido a sus propiedades excepciones en comparación con otros materiales como son su peso ligero, alta resistencia específica, su rigidez y estabilidad dimensional también su baja expansión térmica, buena conductividad eléctrica y flexibilidad de diseño, lo que la convierte en una elección versátil para una variedad de aplicaciones. Su durabilidad y vida útil prolongada también la hacen atractiva para industrias como la aeroespacial y la automotriz, donde se busca eficiencia y rendimiento duradero.

Al contar con ese molde de fibra de carbono se pretende buscar nuevas alternativas en cuanto al diseño y construcción, además generar el interés del desarrollo y aplicación de nuevos materiales que ayuden en las propiedades estructurales del Go kart considerando influir en los estudiantes y docentes para así tener un molde adecuado para construir asientos.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar y construir un molde para asientos de Go kart a medida en fibra de carbono, mediante el análisis estructural y de confort del ocupante, para así conseguir un mejor rendimiento.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Realizar una investigación bibliográfica sobre los moldes para asientos para Go kart en revistas, artículos científicos y tesis relacionadas.
- Elaborar el molde de asientos para Go kart con asistencia de un software CAD además analizar su comportamiento estructural mediante elementos finitos (FEA) verificando la resistencia estructural del molde.

- Realizar la evaluación estadística del prototipo de molde
- Efectuar el proceso de construcción del molde aplicando procesos de manufactura e ingeniería mediante la utilización de técnicas y tratamientos adecuados para el material pudiendo obtener un molde sólido, rígido y resistente.
- Realizar las pruebas y evaluaciones pertinentes que validen el diseño y construcción del molde de asientos para Go kart mediando ensayos destructivos que verifiquen la calidad y resistencia de los componentes estructurales.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. El Karting

El enorme desarrollo tecnológico en el automovilismo en los últimos años es el resultado de la importancia y trascendencia de los fenómenos deportivos en la sociedad moderna, cambios que afectan aspectos cuantitativos del número de pilotos y equipos, como el concepto, la estructura y la práctica del automovilismo.

El karting es un deporte de motor que se practica en Kartódromos en pistas de 600 a 1700 metros de largo y de 8 a 15 metros de ancho. Debido a sus características, los karts son una forma importante de formación para los conductores: a menudo es el primer automóvil que un corredor en ciernes hace su debut a la edad de 8 años.



Ilustración 2-1: Karting

Fuente: (MONTESDEOCA, 2021)

Un Kart es un vehículo terrestre de motor, monoplaça, sin techo, sin suspensión y con o sin elementos de carrocería, con cuatro ruedas desalineadas en contacto con el suelo, controlando el sentido de la marcha sus dos ruedas delanteras y las traseras0 dos están conectados por un eje de una pieza para transmitir potencia desde el motor, que suele ser de un solo cilindro. Las partes principales de un kart son: el chasis incluye la carrocería, los neumáticos y el motor. (GODINO, 2015)

2.2. Historia del Karting

La historia del Karting tiene sus raíces en Estados Unidos en el año 1951, cuando se originó como deporte en una base aérea. En ese contexto, se construyó el primer prototipo de un Go-Kart utilizando un motor de cortacésped, tubos de calefacción, ruedas y un volante procedente

de una antigua aeronave en desuso. En sus primeros días, los Go-Karts eran extremadamente simples y apenas alcanzaban velocidades máximas de alrededor de 50 km/h.

Con el paso de los años, esta actividad se difundió en otras bases militares de Estados Unidos, lo que propició mejoras notables en su tecnología y diseño. Durante la década de 1960, el karting hizo su entrada en Europa, específicamente en Francia e Inglaterra, llegando finalmente a España en los años 70. A lo largo de su historia, el karting ha experimentado un progreso constante, con avances técnicos significativos en áreas como el diseño de los chasis, los motores, los sistemas de frenos, los neumáticos, la estabilidad y la aerodinámica.

En las últimas cinco décadas, el karting ha ganado un inmenso respeto y reconocimiento como un deporte completo y una excelente plataforma de aprendizaje para habilidades de conducción. Pilotos de renombre mundial, entre ellos Senna (Subcampeón del Mundo de Karting en 1979 y 1980), Prost, Schumacher, Herbert, Frentzen, Alesi, Hakkinen, Coulthard, Barrichello, Alonso, y muchos otros, han iniciado sus carreras deportivas en el karting. Esto ha contribuido a convertir al karting en uno de los deportes más populares a nivel global y, sobre todo, en la cantera fundamental del automovilismo actual. (OCIOKART , 2016)



Ilustración 2-2: Karting en los años 70

Fuente: Faluga Racing, 2020.

2.3. Asientos para karting.

Los asientos para un monoplaza son de las partes más importantes en este vehículo ya que es la conexión directa entre el piloto y el Go-Kart, en donde se brinda la comodidad y el control durante la conducción del piloto.

A pesar de que pueda parecer una característica sencilla, el diseño y la ergonomía de los asientos de los Go-Karts son aspectos fundamentales para potenciar el rendimiento tanto del

piloto como del propio Go-Kart, lo que a su vez contribuye a mejorar la seguridad en caso de accidentes o impactos.

Los asientos vienen en una variedad de tamaños según el peso del piloto y deben configurarse para soportar bien el movimiento del cuerpo al tomar una curva. Las correas de los hombros se atornillan al asiento y el lastre generalmente también se atornilla, aunque la parte posterior y la parte inferior se pueden revestir con plomo si se requiere un peso significativo.

Los brazos y las piernas del piloto no suelen estar completamente extendidos, sino ligeramente flexionados, para que pueda mover fácilmente el volante sin levantarse de su asiento y pisar los pedales hasta el final. Además, el equilibrio del kart viene determinado por el propio peso del conductor (puede ser más pesado que el coche), por lo que la posición del asiento afecta mucho al centro de gravedad. (MONTESDEOCA, 2021)

2.3.1. Características que debe presentar un asiento.

El ajuste y posición de un asiento es trascendental entre el piloto y el kart debido a que el centro de gravedad es crucial para el manejo en competencia, lo que generará disminución de esfuerzos físicos y estabilidad.



Ilustración 2-3: Asiento de Kart

Fuente: (MONTESDEOCA, 2021)

Es un elemento que suele estar fabricado en fibra de vidrio, material que le confiere resistencia y ligereza, y que además utiliza Kevlar, una poliamida sintética de baja rigidez estructural, alta resistencia a la tracción y bajo peso, alta rigidez y baja resistencia térmica, encogimiento. el elemento realiza la función de proporcionar al conductor una fácil conexión y maniobrabilidad, una postura correcta y cómoda al conducir un kart. (MONTESDEOCA, 2021)

2.3.2. *Visibilidad del conductor*

Es importante tener en cuenta cuales son las condiciones que deben poseer el asiento para dar el confort adecuado al piloto. Por eso hay que saber manipular la posición del asiento y sobre todo hacer que el piloto se adapte bien a la posición del asiento. Porque de nada servirá mover el asiento y que cumpla con ciertas especificaciones sin que repercute negativamente en la postura e incomodidad del piloto, lo que pueda producir malas prácticas durante una carrera. Por tal motivo, es importante tener las siguientes consideraciones. (RCH RACING, 2021)

- Si la pista está mojada (muy poco agarre), subiremos el asiento.
- Si la pista tiene mucho caucho (alto agarre), bajaremos el asiento lo máximo que podamos.
- Si necesitamos que la parte delantera del kart sea más precisa en la conducción, adelantaremos el asiento.
- Si necesitamos mayor estabilidad en la frenada del kart, desplazaremos el asiento hacia atrás.
- Si la pista del circuito está mojada, siempre recomendamos a nuestro equipo que afloje las barras de refuerzo del asiento.

2.4. Tipos de asiento.

Es importante resaltar que existen tipo de asientos para mejorar el rendimiento de un karting, mucho más importante brindar el adecuado confort al piloto para que realice su mejor participación durante las competencias que sea expuesto. Es por eso por lo que existen dos tipos de asientos tanto de asiento de fondo plano como asiento de fondo redondo.



Ilustración 2-4: Tipos de asientos

Fuente: (RCH RACING, 2021)

2.4.1. *Asiento de fondo plano*

Los asientos de kart de fondo plano permiten que el asiento se monte mucho más bajo que los asientos de base redonda. Los asientos planos son mejores para los conductores de kart altos porque bajan el centro de gravedad del kart. Tome como ejemplo los asientos Tillett el asiento de fondo plano T11 como se muestra en la ilustración 2-5, tiene un ángulo de respaldo de 58 grados y la cabeza y los hombros del conductor son más bajos en comparación con el T8. (RCH RACING, 2021)



Ilustración 2-5: Asiento de fondo plano

Fuente: (RCH RACING, 2021)

2.4.2. *Asiento de fondo redondo*

El asiento básico redondo, como el que vemos en nuestro ejemplo, el Tillett T8, tiene un ángulo de 63 grados, lo que le da al piloto más verticalidad. Esto es excelente para los conductores con brazos más cortos, ya que acerca los hombros del conductor al volante. Sin embargo, el asiento T8 también es una buena opción para conductores más grandes, ya que se adapta mejor a la zona de la cadera y el pecho. (RCH RACING, 2021)

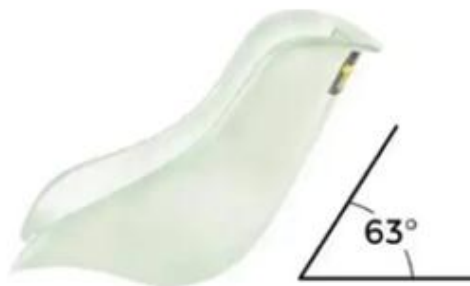


Ilustración 2-6: Asiento de fondo redondo

Fuente: (RCH RACING, 2021)

2.4.3. *Reglamento de los asientos según la FIA*

Según la FIA, dice que los asientos para los pilotos que se desempeñan en el deporte mecánico Karting menciona según la norma FIA 8873-2018 que, “El asiento del conductor debe estar diseñado para evitar que se mueva hacia los lados o hacia adelante al tomar una curva o frenar. Puede estar hecho de material compuesto.” (FIA, 2018). Además, que cumpla con el confort y comodidad al piloto que se desarrolla en el vehículo. (RCH RACING, 2021)

2.5. *Diseño de un asiento*

2.5.1. *Repartición del peso a través del asiento de un kart*

A la hora de colocar el asiento del kart, podemos configurar su posición en base a las coordenadas X e Y, donde X corresponde a la dirección horizontal del asiento (delantero/atrás) e Y corresponde a la dirección vertical del asiento (arriba/abajo). Si estás usando un asiento en tu kart por primera vez y no estás seguro de cómo ponerlo de manera que distribuya bien el peso, no te preocupes. Con el tiempo, experimentando y probando diferentes configuraciones, encontrarás la mejor forma de colocarlo

Por lo general, los fabricantes de asientos ofrecen una tabla con medidas de altura y longitud para que puedas seleccionar la configuración adecuada para tu altura. Pero ten en cuenta que estas medidas a menudo se basan en el asiento que suele venir de serie en los karts. (RCH RACING, 2021)

Por lo tanto, debido a la diferente altura y profundidad de cada asiento, las dimensiones X/Y especificadas por el fabricante para un asiento de tamaño XS y un asiento de tamaño XL no serán las mismas. Para ello, te propondremos dos formas diferentes de colocar el asiento del kart. La distribución estándar del peso es del 55 % al 60 % de carga trasera y del 40 % al 45 % de carga delantera. (QUEZADA, 2018)

2.5.2. *Adelanto de la posición del asiento en Y*

La primera medida que desglosamos es la distancia entre el asiento y el tubo transversal delantero, simplemente cambiando la distribución del peso. ¿En qué condiciones nos podemos beneficiar de levantar el asiento del kart? Necesitamos mejores curvas de entrada en estas áreas. Al mover el asiento hacia adelante, agregamos masa, lo que facilita mucho las curvas. Eso sí,

debes saber que la parte trasera del kart ahora es mucho más ligera, por lo que hay que tener cuidado al frenar, porque será muy inestable.(FIA, 2018)

2.5.3. Retraso de la posición del asiento en Y

Deducir lo que ocurrirá en este caso es bastante obvio, y es que tendremos como resultado un menor agarre al entrar en las curvas, pero ganaremos mayor estabilidad en las frenadas. (RCH RACING, 2021)

2.5.4. Cambio de posición en X

Al cambiar la posición del asiento, y moverlo más hacia un lado definitivamente tendrá un efecto en el otro lado. Si giramos el asiento hacia la derecha, la distribución del peso cambia de la misma forma que cuando giramos el respaldo del asiento, pero en mayor medida: el efecto de la curva mencionada anteriormente es más pronunciado. ¿Por qué nos podría interesar mover el asiento a la derecha? Baje el centro de gravedad; por el contrario, girar el asiento más hacia la izquierda facilitará que el kart se levante del suelo. (RCH RACING, 2021)

2.6. Tipos de pruebas sometidas a los asientos del kart

Es importante considerar la fabricación de asientos de Go-kart teniendo en cuenta el peso total del vehículo. El centro de gravedad (CG) de un monoplaza es el lugar exacto donde se concentra todo su peso, y ese punto en particular es atraído hacia el centro del suelo con mayor intensidad que cualquier otro punto del vehículo.

La ubicación del CG afecta directamente el comportamiento dinámico del prototipo, lo que lo convierte en un aspecto importante del diseño del kart. El lugar ideal para que esté el centro de gravedad es justo en el medio de la distancia entre los ejes delantero y trasero del automóvil y más cerca del suelo, para lograr un CG con las características anteriores permite que el kart se equilibre hacia el centro del suelo, lo que resulta en una transferencia de peso prácticamente nula durante la aceleración y el frenado, así como un excelente manejo y estabilidad en las curvas.

Cuando es expuesto a altas velocidades existen varias formas de determinar el centro de gravedad de un vehículo, desde cálculos usando un diseño CAD (un método práctico para partes que aún no existen) hasta medir las partes físicas usando medidas reales. Para determinar la posición del centro de gravedad del kart, modelamos mediante software CAD todos los

componentes con un gran peso en relación con la masa total del vehículo, estos elementos se modelan lo más cerca posible de su verdadera geometría para que el uso del software sea posible.

Los instrumentos (propiedades físicas) definen cada uno de sus centroides con un alto grado de aproximación. Una vez que se encuentra el centro de gravedad de cada componente del kart, cada componente se coloca en el chasis para poder determinar el centro de gravedad del vehículo. (QUEZADA, 2018)

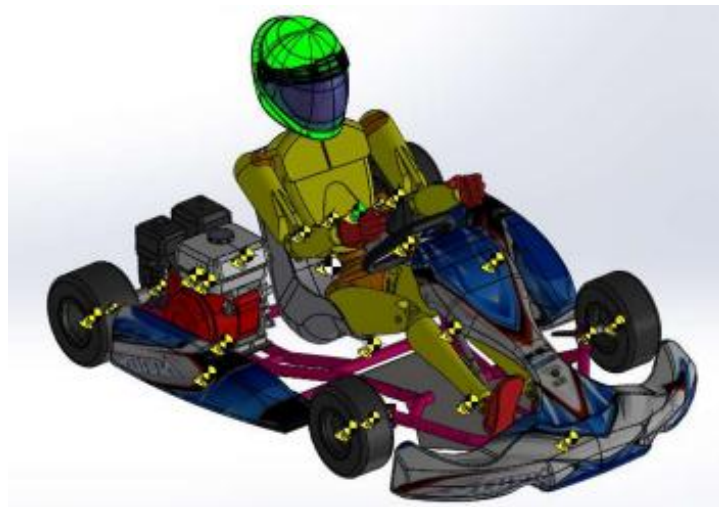


Ilustración 2-7: Simulación para un asiento de karting.

Fuente: (QUEZADA, 2018)

2.7. Ergonomía y Antropometría

2.7.1. Ergonomía

Es una disciplina que involucra la comprensión de las interacciones entre las personas y otros elementos de un sistema, aplicando teoría, principios, datos y métodos para crear orden para el bienestar humano. Además, los ergonomistas trabajan con la evaluación y el diseño de procesos, trabajos, productos, herramientas, entornos y sistemas para garantizar la compatibilidad con las necesidades, habilidades y limitaciones de las personas. Si fuera posible que una persona se adaptara óptima y mutuamente a su trabajo, las ventajas de esta situación se manifestarían en una mayor eficiencia (mejor desempeño) y bienestar del operador. (CUBILLOS MARIANGEL & MEDINA SILVA, 2010)

La posición de conducción del kart afecta directamente al comportamiento del vehículo. El peso del piloto representa el 55% de la masa total del vehículo, por lo que tener un asiento cómodo, confiable y con la mejor configuración tanto como su ubicación de su centro de gravedad afecta directamente su desempeño.

Dado que el kart no tiene suspensión, transmitirá todas las vibraciones provocadas por el desnivel de la superficie directamente al conductor, por lo que conseguir la posición de conducción adecuada no solo es útil para la puesta a punto en todos los aspectos, sino también para sus requisitos de resistencia física durante la conducción con fines de competencia.

El puesto de conducción debe estar directamente relacionado con los parámetros de puesta a punto del vehículo, de nada sirve crear una gran posición ergonómica es decir que se adapte de manera óptima a las características físicas y funcionales del cuerpo humano si esto no ayuda a optimizar el comportamiento del kart. Conseguir una posición de conducción ergonómica sin afectar al ajuste se consigue configurando varios parámetros relacionados con la distancia entre el asiento y el suelo, la distancia entre la parte superior del asiento y el eje, la distancia entre el asiento y los parámetros del asiento para determinar la altura de la estructura delantera del chasis y los asientos con respecto al suelo. (QUEZADA, 2018)

2.7.2. Antropometría

La antropometría se define como la rama de las humanidades que estudia las medidas corporales; en particular: altura, tamaño, fuerza, flexibilidad, movilidad y capacidad de trabajo. Los seres humanos son variables (en términos de tamaño, proporciones, forma y otras características), y el diseño del usuario tiene como objetivo comprender esta variabilidad.

La importancia de las consideraciones antropométricas para lograr un buen ajuste ergonómico es buscar el máximo número de personas que puedan beneficiarse de diferentes equipos y diseños ambientales, minimizando los problemas dimensionales que no solo conducen a errores o accidentes, sino que también pueden generar una mayor tensión mental causar trastornos musculoesqueléticos y fatiga. Esto se debe en parte a que los sujetos estaban trabajando fuera de su rango máximo y mínimo, manteniendo una posición forzada o fija, y sus movimientos técnicos o gestos se ralentizaron. (CUBILLOS MARIANGEL & MEDINA SILVA, 2010)

2.8. Lesiones en el Karting por el asiento

Las lesiones de la columna cervical o las lesiones menores pueden provocar emergencias médicas graves o potencialmente mortales. En el karting, a menudo ocurren colisiones traseras a alta velocidad o colisiones traseras, y a menudo se ve que la columna cervical se inclina repentinamente hacia atrás, doblándose hacia adelante y hacia atrás, lo que se denomina "lesión por latigazo cervical".

El latigazo cervical es una lesión que resulta de una rápida aceleración seguida de una desaceleración, lo que provoca una transferencia brusca de energía al área del cuello. Esta lesión comúnmente se asocia con accidentes de tráfico. El tejido blando o el hueso pueden lesionarse y causar una variedad de manifestaciones clínicas. Lesión grave clásica: un kart recibe un golpe por detrás.

En el momento del impacto, el cuerpo se acelera hacia adelante, el tronco y los hombros se someten a una aceleración similar a la del asiento de un vehículo, y la cabeza permanece estática en el espacio, lo que provoca una hiperextensión forzada. La inercia en la espalda adelanta la cabeza. Golpear a una velocidad de 32 km/h da como resultado una aceleración máxima de casi 32 G en la cabeza durante el estiramiento. El dolor cervical suele ser la queja más común, pero también pueden presentarse otros síntomas, como: dolor cervical, dolor de cabeza, mareos. (GODINO, 2015)

2.9. Materiales Compuestos

Se trata de materiales de ingeniería que resultan de la combinación de diversos materiales, incluyendo resinas epoxi, poliéster, acrílicas, poliuretánicas, junto con materiales de refuerzo como fibras de carbono, vidrio, aramídicas, y otros. Estos materiales exhiben propiedades que superan ampliamente la simple suma de las características de sus componentes individuales. Por lo tanto, se obtienen materiales con atributos excepcionales que encuentran amplia aplicación en industrias como la aeroespacial, la aeronáutica, la química, la náutica y diversos sectores industriales. (PAUTA & MIGUEL, 2014)

2.9.1. Fibra de carbono



Ilustración 2-8: Fibra de Carbono

Fuente: (CASTRO COMPOSITES , 2022)

La fibra de carbono (FC) es un material formado por fibras con un diámetro de 50-10 micras y compuesto principalmente por átomos de carbono. Los átomos de carbono están unidos en cristales que están alineados aproximadamente paralelos al eje longitudinal de la fibra. La alineación de los cristales le da a la fibra una alta resistencia aparente (haciéndola dimensionalmente estable).

Miles de fibras de carbono se retuercen para formar un hilo que se puede usar individualmente o tejer en tela. La fibra de carbono forma parte del denominado material compuesto, es decir, materiales caracterizados por la combinación de dos o más elementos naturales o artificiales más resistentes que la madera. Diseñados para la resistencia, la eficiencia o la durabilidad, están compuestos por un tipo de fibra que puede ser de vidrio, carbono, etc. y la matriz que se convierte en la resina. (ROSELL SÁENZ DE VILLAVERDE u. a., 2021)

2.9.2. Origen de la fibra de carbono

En sus inicios, la fibra de carbono se creó principalmente para la industria aeroespacial debido a su alto costo. Sin embargo, con el tiempo, su uso se expandió a otras áreas como la automotriz, deportiva y musical. Pioneros como Thomas Edison experimentaron con materiales similares hace años. Fue en los años 60 cuando Carbide logró un proceso industrial para producir fibra de carbono de alta calidad. (EcurRed , 2015)

Luego, se desarrollaron diferentes tipos de fibra de carbono utilizando materiales como el poliacrilonitrilo (PAN), alquitrán de carbón, petróleo y resinas fenólicas. En los años 80, se

mejoraron aún más las propiedades de resistencia de estas fibras, especialmente en resistencia a la compresión, lo que las hizo adecuadas para aplicaciones de alto rendimiento. En la década de 1970, se investigaron materias primas adecuadas, lo que finalmente permitió el desarrollo de fibras de carbono basadas en alquitrán de petróleo. Hoy en día, los principales productores de fibra de carbono son Estados Unidos, Japón y Europa Occidental. (EcurRed , 2015)

2.9.3. Concepto de fibra de carbono

La fibra de carbono es un material no metálico de naturaleza polimérica que presenta propiedades mecánicas superiores al acero, además de ser más liviano. Su densidad se asemeja a la del plástico y otros materiales similares, aunque sus características mecánicas son completamente distintas. En cuanto a su denominación, se trata de un ejemplo clásico de metonimia, en el cual se utiliza el nombre de una parte del material para referirse a todo el material en sí. (EcurRed , 2015)

Se presenta en forma de filamentos de color negro, los cuales pueden variar su diámetro dentro del rango de 5 a 10 micras y se entrelazan para formar hilos. Estos hilos se clasifican según el número de fibras que los componen, como 1K, 2K, 3K, 12K, e incluso hasta 50K, lo que significa que están compuestos por 1000 (K) fibras unidas. A modo de referencia, un hilado 1K mide aproximadamente 1 mm, mientras que un hilado 2K mide alrededor de 2 mm. La variante más comúnmente utilizada es la de 3K (3000 fibras), que se teje para formar láminas. (EcurRed , 2015)

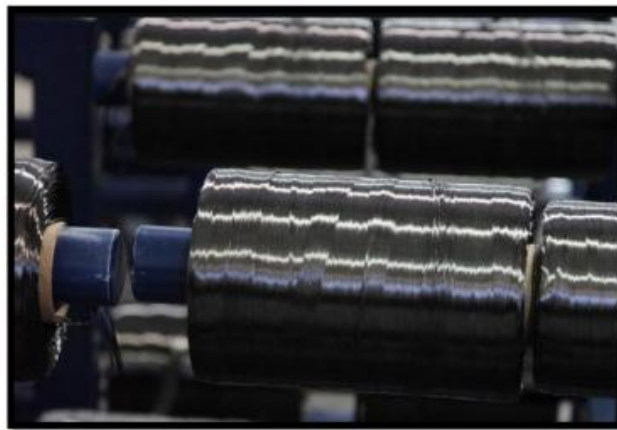


Ilustración 2-9: Fibra de carbono en forma de hilo.

Fuente: (Fibra de Carbono.es, 2014)

2.9.4. Tipo de Fibras de carbono

Los tipos de fibra vienen a ser un refuerzo estructural adherido o embebido por un elemento de una estructura para que pueda ser reforzada. De tal manera, que aumente la capacidad de resistencia. Los FRP son sistemas que vienen a ser compuestos de fibras que trabajan por tracción y además de la matriz polimérica de resinas que reparte esfuerzo entre fibras. Las mismas que pueden ser divididas entre:

- Mechas.
- Tejidos.
- Barras.
- Laminados.

Hay que tener en cuenta que las fibras van a ser reforzadas con la ayuda de la resina, la misma que puede ser de tres tipos: imprimación, impregnación y adhesión. (Rosell Sáenz De Villaverde U. A., 2021)

Tabla 2-1: Tipo de Fibra de carbono

| TIPOLOGÍA | USO | COLOCACIÓN | ELEMENTOS A REFORZAR |
|-----------|----------------------------|----------------------------|------------------------|
| Laminados | Refuerzo a flexión | Adherido/Embebido/Bulonado | Elementos lineales |
| | Refuerzo a cortante | Adherido | Elementos lineales |
| Tejidos | Refuerzo a flexión | Adherido | Elementos no lineales |
| | Refuerzo a cortante | Adherido | Vigas, ménsulas, muros |
| | Refuerzo por confinamiento | Adherido | Pilares, silos, torres |
| Barras | Refuerzo a flexión | Embebido | Elementos lineales |
| | Refuerzo a cortante | Embebido | Elementos lineales |
| Mechas | Refuerzo por tracción | Embebido/Adherido | Elementos lineales |

Fuente:(Rosell Sáenz De Villaverde U. A., 2021)

2.9.5. Fibra de carbono tipo 3k.



Ilustración 2-10: Fibra de Carbono 3K

Fuente: (VERMA, 2018)

La fibra de carbono más popular y común es el tipo 3K es el referente de la fibra de carbono. Es ligero, relativamente rígido y fácil de obtener y fabricar, 3K logró una mayor elongación a la rotura y resistencia máxima que 6K, 9K o 12K. Debido a que 3K tiene un haz de fibras más pequeño, se puede usar para tejer telas más delgadas que 12K o hacer tubos más delgados, pero si la calidad de la fibra es la misma, el diámetro del alambre no afectará la rigidez y la resistencia. Se utiliza en la aviación, el campo industrial, la arquitectura, el deporte y los artículos de recreación. (VERMA, 2018)

2.10. Materiales compuestos, por su resistencia y tensión específica

Los materiales compuestos logran las propiedades adecuadas que son esenciales para aplicaciones en ingeniería mecánica. En la figura 2-11 se observa cómo han evolucionado en el ámbito automotriz, encontrándose su uso en la construcción completa de carrocerías deportivas en fibra de carbono, así como en la fabricación de chasis de alta resistencia mediante tubos de carbono. También, se toma como ejemplo el motor, donde se incorporan materiales como cerámica y grafito en las paredes de los cilindros. Estos materiales aportan características específicas que son cruciales para el funcionamiento del motor, como la capacidad de la cerámica para resistir el calor excesivo y la habilidad del grafito para actuar como un lubricante sólido. (SMITH, 2017)

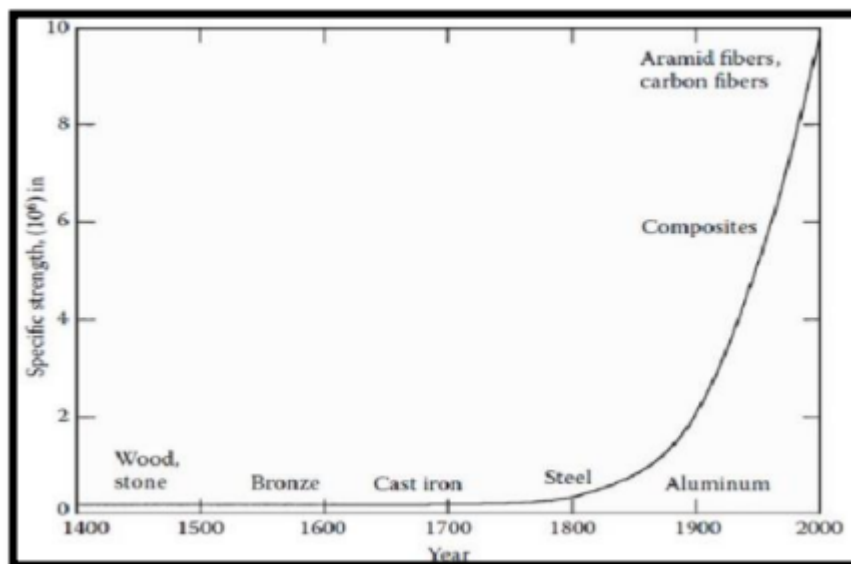


Ilustración 2-11: Avance composites vs fuerza específica (tensión entre densidad)

Fuente: NAUKAS, 2013

El objetivo es alcanzar un alto módulo específico, que se calcula dividiendo el módulo de elasticidad por la densidad del material. Esta relación numérica refleja de manera evidente las

características de los materiales en términos de su módulo de elasticidad y rigidez. Con el tiempo, esta idea ha ganado importancia y se ha aplicado para aprovechar las propiedades mecánicas de elementos como la combinación de fibra de carbono y fibra de vidrio. (SMITH, 2017)

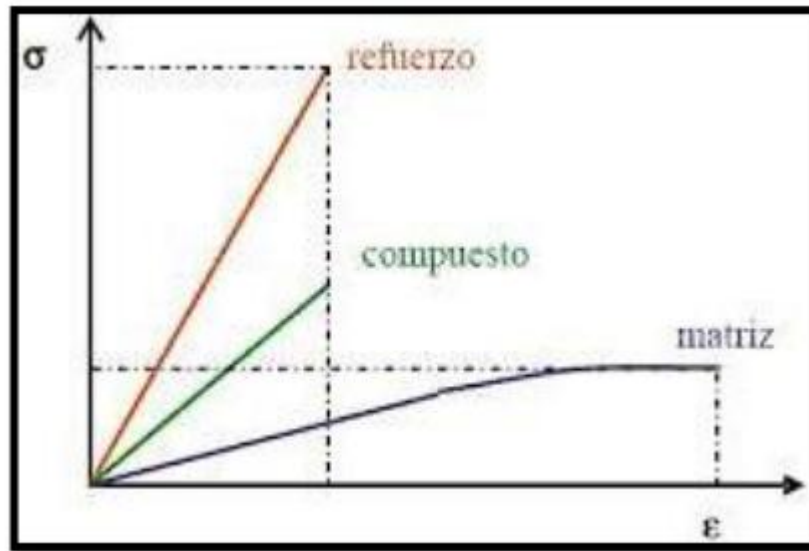


Ilustración 2-12: Diagrama esfuerzo deformación de la matriz, refuerzo, y el resultado

Fuente: (MATERIALES DE INGENIERIA , 2013)

2.10.1. Aplicaciones de la fibra de carbono en la industria automotriz

La fibra de carbono es un material compuesto avanzado que se ha utilizado cada vez más en la industria automotriz debido a sus propiedades únicas y beneficios significativos. Algunas de las aplicaciones más destacadas de la fibra de carbono en este sector incluyen:

- Reducción de peso: La fibra de carbono es mucho más ligera que el acero y otros materiales tradicionales utilizados en la fabricación de automóviles. Al incorporarla en diferentes partes del vehículo, como el chasis, la carrocería y componentes internos, se puede reducir significativamente el peso total del automóvil, mejorando así su eficiencia energética y rendimiento.
- Mejora de la resistencia y rigidez: La fibra de carbono es excepcionalmente resistente y rígida en relación con su peso. Esto permite aumentar la rigidez estructural del automóvil sin agregar mucho peso adicional. Una mayor rigidez mejora la estabilidad y el manejo del vehículo, lo que resulta en una experiencia de conducción más segura y cómoda.
- Componentes aerodinámicos: La fibra de carbono es ideal para fabricar componentes aerodinámicos, como alerones y difusores. Estos elementos ayudan a mejorar la

aerodinámica del vehículo, reduciendo la resistencia al viento y aumentando la eficiencia del combustible.

- Paneles de carrocería: Algunos fabricantes de automóviles utilizan la fibra de carbono para fabricar paneles de carrocería, como el capó, las puertas, el techo y los parachoques. Esto no solo reduce el peso, sino que también mejora la distribución del peso y, por lo tanto, la estabilidad del automóvil.

Sin embargo, a pesar de todas estas ventajas, la fibra de carbono todavía tiene un costo relativamente alto en comparación con los materiales tradicionales, lo que ha limitado su adopción en vehículos de gama baja y media. Con el tiempo y los avances en tecnología y procesos de fabricación, se espera que la fibra de carbono se vuelva más accesible y se utilice aún más en la industria automotriz. (Knauf Industries Automotive, 2022)

2.11. Resina

2.11.1. Concepto de Resina

Las resinas son sustancias orgánicas que son producidas por muchas plantas, especialmente por árboles del tipo conífera. Estas resinas experimentan un proceso de polimerización o secado, lo que las transforma de líquidas a sólidas. Además de las resinas naturales, también se incluyen en esta categoría algunas sustancias sintéticas que comparten propiedades similares con las resinas naturales. (QuimiNet, 2017)

2.11.2. Resina epoxi

Las resinas epoxi se caracterizan por ser materiales ampliamente utilizados para crear materiales compuestos. Estos últimos forman sistemas heterogéneos resultantes de combinaciones de matrices con compuestos orgánicos, rellenos y/o agregados. Los epóxicos termo endurecibles, a menudo denominados materiales quebradizos, se curan o unen agregando un caucho reactivo o un termoplástico flexible de alto rendimiento antes del proceso de curado. Está diseñado para aumentar su dureza sin perder otras propiedades útiles, como la temperatura de transición vítrea y la rigidez. (JUAREZ ALONZO, 2012)

Tabla 2-2: Propiedades Resina Epoxi

| Resina | Densidad (g/cm ³) | Módulo de tensión Gap (10 ⁶ psi) | Resistencia a la tracción Mpa (10 ³ psi) |
|--------|----------------------------------|--|---|
| Epoxy | 1,2 - 1,4 | 2,5 - 5,0 (0,36 - 0,72) | 50 - 110 (7,2 - 16) |

Fuente: (CARBONOCONCRETE , 2016)

Realizado por: Pérez M., 2023

2.11.3. Curado de la resina epoxi

El proceso de curado de una resina epoxi comienza cuando se mezcla con un endurecedor (componente II). Esta mezcla inicia la formación de una estructura de moléculas tridimensionales, lo que da como resultado un material sólido epoxídico que exhibe una destacada resistencia química y a la corrosión. Las resinas epoxi de este tipo tienen una temperatura de transición vítrea que se encuentra entre las más altas, lo que les permite mantener un rendimiento óptimo incluso a temperaturas de 80-100 °C. (MEJÍA & GUILCAPI, 2017)

2.12. Ensayos destructivos de materiales compuestos

Un ensayo destructivo se emplea como un método para analizar las propiedades físicas, químicas y mecánicas de un material o compuesto que se utilizará en la fabricación, diseño o construcción de un componente específico. Para llevar a cabo este proceso de manera precisa y confiable, siguiendo regulaciones establecidas y de conformidad con organismos reguladores, se obtienen muestras del material en cuestión y se les denomina "probetas". Estas probetas son sometidas posteriormente a condiciones extremas o cargas variadas que conducen al deterioro o desgaste del material hasta que alcanzan un punto crítico, como la ruptura, falla, elongación o destrucción.

La caracterización de un material compuesto se lleva a cabo mediante ensayos destructivos, ya que estos permiten evaluar su comportamiento bajo diferentes cargas y establecer sus límites de tolerancia. (GUIJARRO & INÉS, 2022)

Existen diversos tipos de ensayos destructivos, cada uno orientado a evaluar distintas características y cualidades del material, según su futura aplicación. Estos procedimientos son esenciales antes de emplear un nuevo material en la construcción o la fabricación de elementos y piezas. Es importante destacar que estos ensayos deben seguir las normativas correspondientes para garantizar que se realice una prueba de calidad y confiable, cumpliendo con los estándares

y requisitos establecidos por las normas y los organismos reguladores en el sector manufacturero.

Entre los ensayos destructivos de materiales mayormente utilizados se tiene:

- Ensayo de tracción: Este ensayo evalúa la resistencia y la rigidez del material en tensión. Se aplica una fuerza uniaxial gradualmente hasta que el material se rompe. A partir de los datos obtenidos, se pueden calcular propiedades como el módulo de elasticidad, el límite elástico y la resistencia última.
- Ensayo de compresión: Similar al ensayo de tracción, pero aplicando fuerzas de compresión en lugar de tracción. Se evalúa la resistencia del material a aplastamiento y su capacidad para soportar cargas de compresión.
- Ensayo de cizallamiento: Este ensayo mide la resistencia de un material compuesto a fuerzas cortantes. Se aplica una carga de cizallamiento que induce el deslizamiento relativo entre las capas del material compuesto.
- Ensayo de flexión: Evalúa la resistencia y rigidez del material a flexión. El material se somete a una fuerza en el centro y se mide la deflexión en función de la carga aplicada.
- Ensayo de impacto: Mide la resistencia del material a fuerzas de impacto repentinas. Se deja caer un peso sobre una muestra para simular situaciones de impacto.
- Ensayo de fatiga: Evalúa cómo un material responde a cargas repetidas en el tiempo. Se aplican ciclos de carga y descarga para determinar la vida útil del material bajo condiciones de fatiga.
- Ensayo de laminados: Se evalúa la calidad y resistencia de los laminados compuestos al someterlos a cargas específicas y observar cómo se comportan en condiciones de carga multidireccional.
- Ensayo de compuestos unidireccionales: Se examina el comportamiento de las fibras unidireccionales de los materiales compuestos bajo cargas aplicadas en la dirección de las fibras.

Estos ensayos deben llevarse a cabo siguiendo las normativas establecidas, que incluyen estándares internacionales como ISO, ASTM, DIN, EN, UNE, WW y PSA. Además, cada país puede tener sus propias normas específicas; por ejemplo, en Ecuador se pueden utilizar las normas INEN para regular estos procesos de ensayo.

2.12.1. Tracción

El ensayo de tracción es un procedimiento mecánico utilizado para evaluar las propiedades características de diversos materiales. Dependiendo del tipo de material, se emplea como estándar según la normativa correspondiente para determinar parámetros como el límite elástico, la resistencia a la tracción, la elongación en el punto de rotura y otros valores distintivos. (Zwich/Roell, s.f.)

El ensayo de tracción implica la aplicación de una fuerza axial sobre una probeta hasta que esta se rompa. Es importante que la velocidad de deformación aplicada sea baja para asegurar resultados precisos. Durante el ensayo, se registran tanto la fuerza aplicada como la elongación de la probeta. (Zwich/Roell, s.f.)

En el ámbito de las pruebas mecánicas, los ensayos de tracción son ampliamente utilizados, junto con la medición de la dureza, para determinar las propiedades de resistencia y deformación cuando se someten a tensiones de tracción. (Zwich/Roell, s.f.)

Existen diversas normativas que regulan este tipo de ensayos de tracción en materiales poliméricos, como las normas ASTM D3039, ASTM D638 y NTE INEN 2043.

El procedimiento implica la sujeción de la probeta en una máquina denominada "máquina universal de ensayos", que debe cumplir con las normas preestablecidas. La probeta se sujeta en ambos extremos mediante mordazas y se somete gradualmente a una fuerza de tracción, es decir, se estira hasta que llega al punto de rotura. Durante todo el proceso, se registran tanto la fuerza aplicada como la deformación experimentada por la muestra hasta que se produce la rotura. Esto permite determinar la resistencia a la tracción, el límite elástico del material, la elongación y otras características relevantes del material en evaluación.

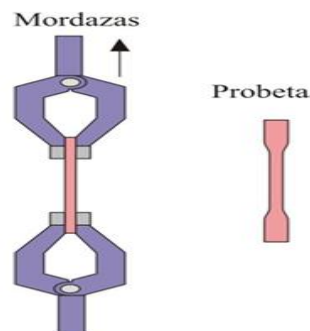


Ilustración 2-13: Mordazas y probeta para ensayo de tracción

Fuente: Tecnología de polímeros, 2012

2.12.2. Flexión

La resistencia a la flexión de un material se refiere a su capacidad para resistir fuerzas aplicadas en su eje longitudinal. Los esfuerzos generados por una carga que induce flexión son, en realidad, una combinación de tensiones de tracción, compresión y corte, como se ilustra en la figura 2-14. Para evaluar las propiedades de flexión de un material, se miden tanto el esfuerzo como la deformación experimentados en la superficie externa de la probeta utilizada. (BELTRÁN & ANTONIO, 2012)

En el contexto de los ensayos de flexión en materiales poliméricos, se utilizan normas específicas como ASTM D7264, ASTM D790 y NTE INEN 2047. Estas normativas detallan las pautas y especificaciones relacionadas con la configuración del ensayo, los equipos y herramientas requeridas, los procedimientos de carga y descarga, así como los métodos para obtener los resultados y realizar su posterior análisis.

Las probetas empleadas en los ensayos de flexión tienen forma de paralelepípedo, lo que las hace más sencillas de preparar en comparación con las probetas utilizadas en ensayos de tracción. Además, su alineación en el equipo de ensayo es más simple que en los ensayos de tracción. El método más común para llevar a cabo los ensayos de flexión implica un sistema de carga de tres puntos, en el cual una probeta de material con sección rectangular se apoya en dos soportes y se aplica la carga mediante un puntero colocado entre los soportes, como se muestra en la figura 2-14. El valor obtenido para el módulo en los ensayos de flexión puede coincidir en ocasiones con el módulo obtenido en los ensayos de tracción, y la forma de calcularlo y el efecto de las diferentes variables son similares en ambos casos. (BELTRÁN & ANTONIO, 2012)

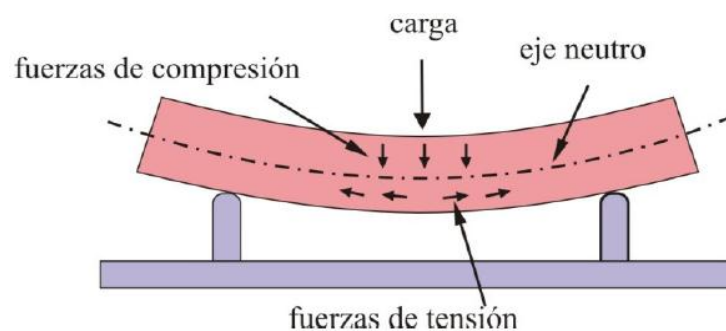


Ilustración 2-14: Fuerzas implícitas en los ensayos de flexión

Fuente: Tecnología de polímeros, 2012

2.13. Proceso de fabricación del molde

2.13.1. Obtención del molde base

Un molde es una herramienta que se usa en la producción para dar forma a un material, de modo que adquiera una forma específica. Los moldes están diseñados para mantener y dirigir el material mientras se solidifica o endurece, lo que permite crear productos con formas y detalles precisos de manera repetitiva y eficiente. Pueden estar hechos de diferentes materiales, como acero, aluminio, plástico, fibra de carbono o silicona, y se utilizan en diversas industrias.

2.13.2. Moldeo por laminación

Las técnicas de laminado mediante contacto aprovechan los beneficios de los sistemas de matrices de poliéster y viniléster en su proceso de curado. Estos sistemas no requieren calor externo ni alta presión para su completa polimerización y estratificación. A pesar de ser un método sencillo y artesanal que depende en gran medida de la habilidad del operador, ha persistido a lo largo del tiempo como el más ampliamente utilizado. Esto se debe a su bajo costo, su adaptabilidad a piezas de diversas formas y tamaños, así como a su capacidad para evitar problemas significativos. (ALEJANDRO, 2005)

El proceso de laminado manual implica la aplicación gradual de capas sucesivas de material de refuerzo sobre un molde, seguido de la impregnación progresiva de resina mediante el uso de un rodillo o brocha. La acción de pasar el rodillo sobre la superficie cumple dos funciones clave: en primer lugar, facilita la impregnación del material de refuerzo, y en segundo lugar, ayuda a prevenir la formación de burbujas de aire atrapadas entre las diferentes capas del estratificado. (ALEJANDRO, 2005)

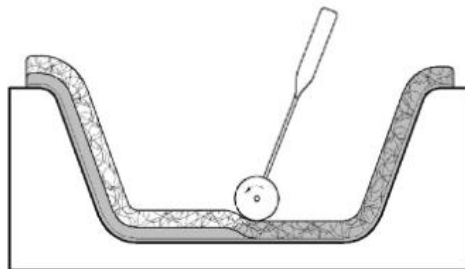


Ilustración 2-15: Proceso de laminación manual.

Fuente: (ALEJANDRO, 2005)

2.13.3. Moldeo por vacío – laminado manual

La técnica de laminado manual asistido por vacío implica la aplicación de presión adicional sobre el laminado durante su proceso de curado. El propósito principal de esta técnica es mejorar las relaciones entre el material de refuerzo y la matriz. La presurización del laminado también cumple otras funciones esenciales, como la eliminación del aire atrapado entre las capas, la compactación de las capas de refuerzo mediante la transmisión de fuerza para obtener laminados más uniformes, la prevención de cambios en la orientación del laminado durante el proceso de curado y la reducción de la humedad presente. (ALEJANDRO, 2005)

A lo largo de los años, todas estas ventajas se han aprovechado para maximizar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales compuestos. Este método consiste en aplicar presión al material laminado justo después de fabricarlo, cuando la resina aún no ha llegado a su estado final. Para hacerlo, se utiliza una bolsa de plástico especial diseñada para este proceso y se elimina el aire de su interior mediante un sistema de vacío. Cuando la presión en el interior de la bolsa disminuye, la presión del aire exterior comprime el material laminado. La cantidad de presión aplicada depende de la capacidad del equipo de vacío y de cuán hermética sea la bolsa. (ALEJANDRO, 2005)

2.14. Modelación 3D

En este procedimiento, se genera o dibuja una representación tridimensional de un objeto específico con la asistencia de una computadora. Para lograrlo, se emplean una variedad de herramientas y operaciones disponibles en software de CAD (Diseño asistido por computadora). Para esto se puede utilizar diferentes softwares que existen en el mercado como son: Autodesk AutoCAD, Solidwork, Blender, etc.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

Es primordial tener claro cuál será el proceso por seguir para llegar a cumplir con el objetivo el cual se va a distribuir en diferentes conjuntos de técnicas, métodos o procesos. Los mismos que ayudará a plantear la metodología adecuada para desarrollar la investigación planteada, la misma que facilitará la obtención de los diferentes resultados como simulaciones, desarrollo, etc.

3.1. Nivel de investigación

Para el nivel de investigación se centrará en tres partes las cuales será el nivel de experimental, descriptivo y explicativo.

- Nivel experimental: se planteó una idea de investigación en la cual deberá ser analizada, en función de la identificación del problema planteado. La cual seguirá un proceso de control con la presencia de variables para su posterior manipulación de estas y determinar los resultados cuantificables.
- Nivel descriptivo: la finalidad principal del nivel descriptivo se basará en la estimación de los parámetros para la construcción del molde. Los mismos que se establecerán a partir de la recolección de información los que irán demostrando las relaciones y describirán la mejor forma para el desarrollo del molde.
- Nivel explicativo: se busca intervenir en la manufactura de asientos, de tal manera que haya una relación causal y no solo se dedique a describir un problema planteado, sino intentar enfocarnos en la manufactura propia de futuros pilotos.

3.2. Método de investigación

El método de la investigación facilitará llevar la presente investigación de una manera organizada y sistemática para llegar a alcanzar los diferentes objetivos planteados. Por tal motivo, se decidió realizar con tres diferentes métodos los mismos que se detallan a continuación.

3.2.1. Método inductivo.

El método inductivo básicamente se basa en establecer varias cosas, principalmente en el hecho de razonar lo que hace la persona que va a utilizar. A tal manera, es importante tener en cuenta

el hecho que este método aborda ciertos parámetros para que la investigación vaya tomando una forma adecuada, tales como.

- Los llamados observacionales que son aquellos que hacen referencia a un hecho evidente.
- Hechos particulares que tienen en relación con un hecho muy en concreto.
- Universales.

3.2.2. Método deductivo

La investigación deductiva puede entenderse como un tipo de investigación que involucra el proceso de probar hipótesis para probar una teoría. A diferencia de la investigación inductiva, que crea nuevos conocimientos a través de la construcción de teorías, la investigación deductiva tiene como objetivo probar teorías. En lugar de intentar encontrar patrones en los datos, utiliza observaciones para confirmar el modelo. Los métodos deductivos se utilizan principalmente en la investigación cuantitativa, donde los investigadores intentan encontrar relaciones de causa y efecto y realizar análisis estadísticos. Esto sugiere que la investigación inductiva y deductiva son bastante diferentes y pueden usarse según los objetivos del investigador.

3.2.3. Método experimental

Se decidió realizar un método experimental debido a que como investigadores se llevará una manipulación de una o más variables para determinar cómo dicha manipulación afectará al resultado que se quiere llegar. Aplicando a la presente investigación desarrollando distintas pruebas por un software CAD, obteniendo el modelado en 3D. Por consiguiente, llevar el resultado en el software CAD hacia un software CAE el mismo que ayudará con la simulación y determinar parámetros esenciales para el desarrollo de la investigación.

3.3. Enfoque de investigación

Cuando hablamos de enfoque de investigación, nos referimos a la naturaleza del estudio, ya sea cuantitativo, cualitativo o mixto; se cubren todas las fases del proceso de investigación: desde la definición del tema y la formulación de la pregunta de investigación hasta el desarrollo de perspectivas teóricas, el desarrollo de estrategias metodológicas Definición y recolección de datos, análisis e interpretación.

De esta forma, la elección del método de investigación nunca se reduce al azar o al capricho, sino a una decisión del investigador en función de la formulación del problema y de los

objetivos del estudio. Es por esto por lo que a esta investigación se le dará un enfoque cualitativo.

3.3.1. Enfoque cualitativo

Para definir la investigación cualitativa como aquella basada en lo que las personas dicen y hacen en un contexto social y cultural. El objetivo de la investigación cualitativa es proporcionar un método de investigación que permita a las personas comprender el complejo mundo de la experiencia vivida desde la perspectiva de quienes la vivieron. Las principales características de la investigación cualitativa se pueden resumir como investigación centrada en el sujeto, que toma una visión temática o interna del fenómeno en estudio para realizar un estudio holístico o completo. El proceso de investigación es inductivo, en el que los investigadores interactúan con los participantes y los datos para encontrar respuestas a preguntas centradas en la experiencia social, cómo se construye y cómo le da sentido a la vida humana.

3.4. Diseño de investigación

En este caso usaremos el tipo de investigación documental ya que se trata de un proceso basado en la búsqueda, análisis, interpretación, recuperación y crítica de diferentes datos a medida que se va realizando la investigación. Lo mismo que es necesario en este tipo de investigación precisar que es dato, fuente y documento.

- Dato: es la información que se va obteniendo mediante la realización de la investigación, la misma que se divide según su procedencia, pueden ser primarios o secundarios. Los datos primarios son los que son obtenidos por la persona que está realizando la investigación, por otro lado, los datos secundarios son aquellos que son extraídos por personas externas.
- Fuente: es la parte fundamental ya que se tiene una base de donde se puede comenzar ya que suministra datos o información. Las cuales pueden ser de tipo documentales son aquellas que proporcionan datos secundarios, y pueden ser vivas las cuales son las que aportan con datos primarios.
- Documento: es soporte donde se va realizando el informe con un formato digital en el que se irá registrando y conservando la información.

3.5. Plan para la ejecución de un molde de asiento de karting

Al momento de realizar es esencial tener una guía la cual vaya a ser un aporte importante durante la ejecución del presente trabajo, para determinar el proceso idóneo que se requiere para llegar al resultado que se requiere. El mismo que se detallará en la siguiente ilustración.

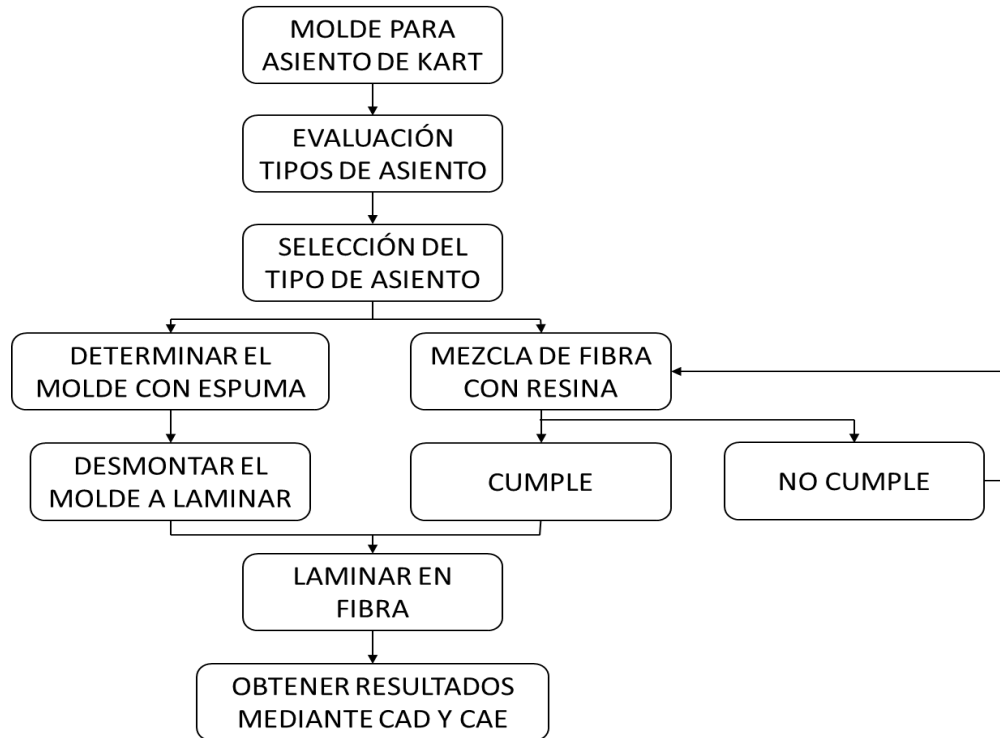


Ilustración 3-1: Plan de ejecución para molde de asiento de Go Kart

Realizado por: Pérez, Martín. 2024.

Para entender lo que se requiere realizar es importante seguir el esquema que se ha planteado con anterioridad, el mismo que se debe comenzar escogiendo cual va a ser el tipo de asiento el mismo que será un asiento de tipo fondo plano ya que sin esto no se puede comenzar a hacer ningún tipo de procedimiento.

Una vez seleccionado el tipo de asiento, se procederá a hacer las probetas entre la fibra y la resina para verificar la resistencia del material y poder enviar a realizarse los ensayos destructivos. A su vez, en el mismo tiempo que se realizarán los ensayos destructivos se obtendrá el molde con la ayuda de espuma de poliuretano el cual servirá de base para poder laminar con la fibra y obtener el molde final para la manufactura de asientos del Go Kart.

Por lo que es importante denotar cuales son las características y propiedades que posee la fibra, las mismas que se pueden denotar en la siguiente ilustración.

Tabla 3-1: Características de la Fibra de Carbono

| FIBER PROPERTIES | | | | |
|----------------------|--------------------------------------|---|---|-------------|
| | | English | Metric | Test Method |
| Tensile Strength | | 512 ksi | 3530 MPa | TY-030B-01 |
| Tensile Modulus | | 33.4 Msi | 230GPa | TY-030B-01 |
| Strain | | 1.5% | 1.5% | TY-030B-01 |
| Density | | 0.064 lbs/in ³ | 1.76 g/cm ³ | TY-030B-02 |
| Filament Diameter | | 2.8E - 04 in. | 7 μm | |
| Yeild | 1K 3K 6K 12K | 22568 ft/lbs 7523 ft/lbs 3761 ft/lbs 1862 ft/lbs | 66 g/1000m 198 g/1000m 396 g/1000m 800 g/1000m | TY-030B-03 |
| Sizing Type & Amount | 40A, 40B 40D 50A, 50B | 1.0% 0.7% 1.0% | | TY-030B-05 |
| Twist | Twisted, Untwisted, or Never Twisted | | | |

Fuente: (Composite Envisions LLC) 2022.

Finalmente, una vez cumplido con la mezcla idónea entre la fibra/resina y haber obtenido el molde con la espuma de poliuretano, se procederá a realizar la laminación en fibra del molde de asiento para kart.

Una vez obtenido el molde para asiento de kart, se hará análisis del mismo en software CAD y CAE para analizar qué tanta fuerza puede soportar el molde, deformaciones, cargas y entre otras variables.

3.6. Planificación de la Investigación

Tabla 3-2: Planificación de la Investigación

| ACTIVIDADES | TIEMPO ESTIMADO (EN SEMANAS) |
|--|-------------------------------|
| Revisión bibliográfica. | Semana 1 |
| Desarrollo de Marco Teórico. | Semana 2 |
| Desarrollo del molde en software CAE. | Semana 3 |
| Análisis del comportamiento estructural mediante FEA | Semana 4 y 5 |
| Construcción del molde en fibra de carbono | Semana 6,7,8,9,10,11,12 |
| Realización de ensayos y pruebas destructivas | Semana 13 |
| Validación de datos. | Semana 14 |
| Corrección de borradores, tipiado de trabajo final. | Semana 15 |
| Presentación del trabajo final | Semana 16 |

Realizado por: Pérez, Martin. 2024.

3.7. Adquisición de la materia prima

Esta fase desempeñó un papel esencial en la ejecución de este proyecto, ya que la selección adecuada de los materiales garantizó la obtención de resultados finales de alta calidad y el cumplimiento de las normativas y especificaciones establecidas como objetivo. Es importante destacar que, en el contexto del proyecto en su conjunto, se adquirieron varios suministros. Sin embargo, en este segmento, nos enfocamos exclusivamente en los materiales principales que tuvieron un impacto significativo. La adquisición se llevó a cabo en línea, realizada en Estados Unidos, y se concentró en la obtención del mejor material de fibra de carbono disponible, cuyas características detallamos a continuación.

CARBON FIBER FABRIC PLAIN WEAVE 3K TORAY T300 MODEL #: F-2046

TORAYCA® T300

Baseline carbon fiber used in aerospace applications. Has 30 year production history and is known for its balanced composite properties, high quality, consistency, reliability and supplyability.

| FUNCTIONAL PROPERTIES | | |
|-----------------------|---|----------------|
| CTE | $-0.41 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ | |
| Specific Heat | 0.19 Cal/g·°C | |
| Thermal Conductivity | 0.025 Cal/cm·s·°C | |
| Electric Resistivity | $1.7 \times 10^{-3} \Omega\cdot\text{cm}$ | |
| Chemical Composition: | Carbon Na + K | 93% <50 ppm |



Ilustración 3-2: Características de la Fibra de Carbono

Fuente: (Composite Envisions LLC) 2022.

3.7.1. Selección de fibra de carbono

Para la elección de la fibra de carbono 3k biaxial se tomó en cuenta que para el moldeo de piezas conlleva muchos beneficios debido a sus propiedades y su característica biaxial a continuación se indicara porque es una decisión acertada la utilización de este material.

Resistencia excepcional: La fibra de carbono se destaca por su excepcional resistencia específica, es decir, su capacidad para ser altamente fuerte y rígida al tiempo que es liviana. Esta característica es fundamental en aplicaciones que requieren una combinación de resistencia y reducción de peso, como en las industrias aeroespacial, automotriz, deportiva y de alta tecnología.

Durabilidad: La fibra de carbono exhibe una resistencia notable a la corrosión, lo que la convierte en una elección ideal para entornos adversos, como la industria marítima o la aviación, donde la exposición a la humedad y sustancias químicas es común.

Flexibilidad en el diseño: La disposición biaxial característica de la fibra de carbono 3K significa que las fibras se orientan en dos direcciones principales (generalmente a 0 y 90 grados). Esto brinda flexibilidad en la disposición de las fibras durante el proceso de moldeo. Es posible ajustar la orientación de las fibras de acuerdo con las necesidades específicas de la pieza, maximizando así la resistencia en las direcciones deseadas. Esta capacidad resulta especialmente beneficiosa en la fabricación de componentes compuestos con propiedades de refuerzo específicas.

Reducción de desperdicio: La orientación biaxial también permite reducir al mínimo el desperdicio de material, ya que las fibras pueden colocarse estratégicamente para adaptarse a la forma de la pieza, disminuyendo así la cantidad de material necesario.

Excelente relación resistencia-peso: La fibra de carbono 3K biaxial ofrece una de las relaciones más sobresalientes entre resistencia y peso disponibles en la producción de materiales compuestos. Esto resulta esencial en aplicaciones donde se busca un alto rendimiento y una eficiente utilización de los materiales.

Estabilidad dimensional: La fibra de carbono es reconocida por su estabilidad dimensional, lo que significa que las piezas fabricadas con este material mantienen sus formas y dimensiones a lo largo del tiempo, incluso en condiciones extremas.

Por todas estas características y también por la facilidad de encontrarla en el mercado se optó por la obtención de este tipo de fibra de carbono para la fabricación del molde para asientos de Go Kart buscando así tener el material con alta resistencia, durabilidad y manipulación.

3.8. Ensayos destructivos e identificación de Normas

Para crear los moldes utilizados en la fabricación de las probetas y llevar a cabo los ensayos destructivos o pruebas del material, resultó primordial la utilización de las regulaciones y pautas establecidas por organizaciones de alcance internacional y nacional, como la ASTM (American Society for Testing and Materials) y la INEN (Servicio Ecuatoriano de Normalización). Estas normativas aplicadas en este proyecto proporcionan instrucciones detalladas sobre el diseño de

las probetas, los procedimientos de prueba, las condiciones ambientales, los equipos requeridos y los cálculos que deben ser evaluados.

3.8.1. Dimensiones de moles para probetas de ensayos destructivos

El proceso de creación de las muestras utilizadas para la caracterización del material en este proyecto se llevó a cabo siguiendo las normativas preestablecidas para los diferentes tipos de ensayos requeridos, que incluyen pruebas de tracción y flexión.

Para llevar a cabo los diversos ensayos planificados, se ha definido un proceso específico que implica la creación de un molde que permita la estratificación del material necesario para obtener las probetas necesarias. En este contexto, se debe tener en cuenta el dimensionamiento adecuado de cada probeta requerida para los ensayos de tracción y flexión, así como el método de análisis de las propiedades mecánicas correspondientes. En lo que respecta al espesor, este parámetro se basa en el espesor promedio determinado en la fase inicial del estudio, el cual se obtuvo a partir de la caracterización preliminar del material utilizado en el proyecto.

El dimensionamiento de las probetas se ajusta a los requisitos específicos de cada tipo de ensayo (tracción, flexión e impacto) tal como se sugiere en el estudio y de acuerdo con las normativas pertinentes, cuyos detalles se encuentran en la tabla 3-2.

Tabla 3-3: Dimensionamiento de probetas para ensayos destructivos

| Tipo de Ensayo | Norma aplicada | Dimensión (mm) |
|----------------------------|----------------|----------------|
| Tracción (Probeta tipo D1) | NTE INEN 2043 | 25*50*10 |
| Flexión | NTE INEN 2047 | 80*10*4 |

Fuente: NTE INEN, 2023.

Realizado por: Pérez, Martín. 2024.

Tabla 3-4: Características de las probetas de tracción.

| Material | Tipo de Probeta | Procedimiento de preparación | Espesor recomendado | Velocidad de ensayo recomendado |
|---|-----------------|------------------------------|---------------------|---|
| <p>Material</p> <p>termoestables: con refuerzo inorgánico en forma de fibras distribuidas al azar, fieltro textil de tejido con hilos gruesos o mercha.</p> | D1 | Mecanizado de una hoja | - | <p>5 mm/min para control de rutina</p> <p>2mm/min para pruebas de cualificación</p> |

Fuente: NTE INEN, 2023.

Realizado por: Pérez, Martín. 2024.

3.8.2. *Fabricación de moldes para ensayos destructivos*

Se eligió utilizar el software SolidWorks para la creación de los moldes de las probetas, en el cual se definieron sus geometrías y se ajustaron sus dimensiones de acuerdo con las normativas específicas correspondientes a cada tipo de ensayo.

El dimensionamiento se basó en la tabla 3-2 que se presentó previamente, y a continuación, se presenta el diseño de los moldes destinados a cada uno de los ensayos que se tenían programados realizar.

3.8.2.1. *Probeta para ensayo de tracción bajo la norma NTE INEN 2043*

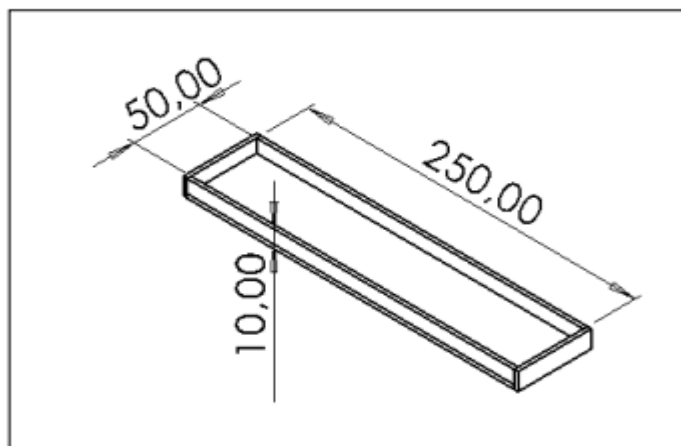


Ilustración 3-3: Diseño de probeta para ensayo de tracción

Realizado por: Pérez, Martín. 2024.

3.8.2.2. *Probeta para ensayo de flexión bajo la norma NTE INEN 2047*

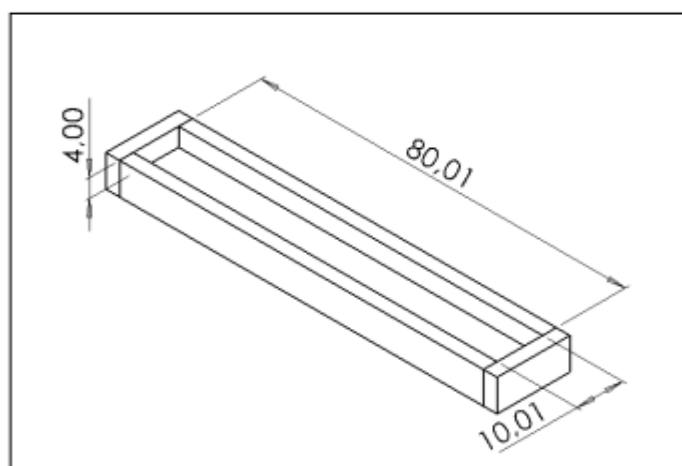


Ilustración 3-4: Diseño de probeta para ensayo de flexión

Realizado por: Pérez, Martín. 2024.

Una vez que se completaron los diseños de las probetas, se procedió a fabricarlas utilizando material acrílico. Para llevar a cabo esta etapa, se recurrió a un establecimiento comercial especializado en publicidad y la confección de trabajos en acrílico. Esto se llevó a cabo presentando las medidas deseadas para cada probeta es decir el diseño realizado antes para que posteriormente el local en el cual se dejó las medidas requeridas realice el corte de cada medida a laser en material acrílico, después realizar el armado de cada uno utilizando pegamento industrial para así obtener las probetas necesarias para los ensayos destructivos de tracción y flexión.

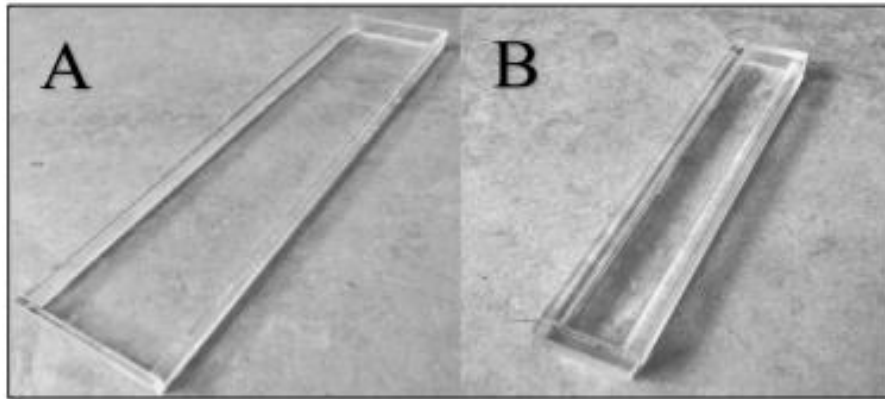


Ilustración 3-5: Probetas necesarias para los ensayos destructivos

Realizado por: Pérez, Martin. 2024.

3.9. Elaboración de probetas para ensayos destructivos

3.9.1. Encerado de los moldes



Ilustración 3-6: Molde de probeta para ensayo de tracción encerada

Realizado por: Pérez, Martin. 2024.

Este procedimiento implicó la aplicación de una capa de cera desmoldante sobre la superficie del molde. Para llevar a cabo este proceso, se llevó a cabo una limpieza inicial del molde para garantizar que estuviera libre de cualquier tipo de suciedad, polvo u otras impurezas. La cera utilizada en este caso fue de la marca AUTOCARE, seleccionada por sus propiedades específicas que la hacen adecuada para facilitar la posterior extracción de la muestra del molde. Para aplicar esta cera de manera uniforme y consistente sobre el molde, se optó por utilizar una pequeña brocha como herramienta de aplicación.



Ilustración 3-7: Moldes de probeta para ensayo de flexión encerada

Realizado por: Pérez, Martín. 2024.

3.9.2. Aplicación de fibra de carbono y resina en los moldes para probetas

3.9.2.1. Preparación de la fibra de carbono

La preparación de la fibra de carbono es un proceso importante antes de su uso en aplicaciones específicas, como la fabricación de piezas compuestas o reforzadas con fibra de carbono. Aquí te proporciono una visión general de los pasos involucrados en la preparación de la fibra de carbono:

- **Selección de la fibra de carbono:** La fibra de carbono está disponible en diferentes tipos y formas, como tejidos, láminas unidireccionales, hilos y cintas. La elección del tipo de fibra depende de la aplicación prevista y los requisitos de rendimiento.
- **Corte y preparación:** Si se requiere, corta la fibra de carbono en la forma y tamaño deseado utilizando herramientas adecuadas. Asegúrate de que los bordes estén limpios y sin deshilachados para obtener una buena adherencia y aspecto final.
- **Limpieza:** La fibra de carbono suele estar recubierta con un material de liberación durante su fabricación. Esta capa puede afectar la adhesión de resinas o adhesivos posteriormente. Es importante limpiar la fibra de carbono para eliminar cualquier residuo de liberación, polvo u otros contaminantes. Se pueden usar disolventes y métodos de limpieza adecuados para esto.

- **Tratamiento superficial (opcional):** En algunas aplicaciones, es posible que se requiera un tratamiento superficial para mejorar la adhesión de la resina epoxi u otros materiales con la fibra de carbono. Esto puede implicar el uso de agentes de acoplamiento o imprimaciones específicas para promover una mejor unión entre la fibra y la matriz.
- **Preparación de la matriz:** Si estás creando una pieza compuesta, también debes preparar la matriz, que generalmente es una resina epoxi. La resina se mezcla con su endurecedor en las proporciones adecuadas según las indicaciones del fabricante.
- **Impregnación de la fibra:** En la fabricación de piezas compuestas, la fibra de carbono se impregna con la resina para formar la pieza final. Puedes sumergir, pincelar o usar otro método para asegurarte de que la fibra esté completamente saturada con la resina.
- **Moldeo y curado:** Una vez impregnada la fibra, se moldea en la forma deseada. Esto puede implicar el uso de moldes o la disposición de las capas de fibra en la orientación adecuada. Luego, la pieza se cura según las especificaciones del sistema de resina utilizado. Esto puede requerir temperaturas controladas y tiempos de curado adecuados.
- **Acabado:** Una vez que la pieza compuesta haya completado el proceso de curado, se puede requerir un acabado adicional, como lijado, recorte y pulido, para lograr la forma y la apariencia finales deseadas.

La preparación de la fibra de carbono es crucial para garantizar la calidad y el rendimiento de las piezas compuestas o los productos finales. La atención a los detalles en cada etapa del proceso es esencial para lograr resultados exitosos.

3.9.2.2. Preparación de la resina epoxi

La preparación de la resina epoxi para trabajar con fibra de carbono es un paso fundamental para asegurar una unión fuerte y duradera entre la fibra y la resina, especialmente cuando estás creando piezas compuestas reforzadas con fibra de carbono. Aquí tienes los pasos básicos para preparar la resina epoxi para trabajar con fibra de carbono:

- **Selección de la resina y el endurecedor:** Escoge una resina epoxi y un endurecedor adecuado para tu aplicación y el tipo de fibra de carbono que estás utilizando. Algunas resinas están formuladas específicamente para la adhesión y laminado con fibra de carbono, por lo que es recomendable utilizar productos diseñados para este propósito.
- **Proporciones y mezcla:** Sigue las instrucciones del fabricante para determinar las proporciones correctas de resina y endurecedor. Estas proporciones pueden variar según la

marca y el tipo de resina. Mezcla la resina y el endurecedor a fondo, pero con cuidado para evitar la incorporación de burbujas de aire.

- Aplicación en la fibra de carbono: Aplica la resina sobre la fibra de carbono impregnándola completamente. Puedes utilizar brochas, rodillos o métodos similares para distribuir uniformemente la resina sobre la fibra y asegurarte de que esté completamente saturada.
- Laminado y moldeado: Coloca la fibra de carbono impregnada en la forma deseada, ya sea sobre un molde o para laminarla con otras capas de fibra. Asegúrate de seguir un patrón de disposición que sea apropiado para las propiedades mecánicas que desees obtener en la pieza final.
- Curado: Después de aplicar y moldear la resina y la fibra, sigue las instrucciones del fabricante en cuanto a temperatura y tiempo de curado. Generalmente, esto implica colocar la pieza en un ambiente controlado para permitir que la resina endurezca adecuadamente.
- Acabado y pulido: Una vez que la resina haya curado, puedes realizar un proceso de acabado para eliminar cualquier irregularidad en la superficie. Lija suavemente para obtener la forma y la textura deseadas.

Recuerda que los detalles específicos pueden variar según el tipo de resina epoxi y fibra de carbono que estés utilizando, así que siempre sigue las instrucciones del fabricante y considera prácticas recomendadas en la industria de los compuestos reforzados con fibra de carbono.

3.9.3. Elaboración de probetas

1. Para la elaboración de las probetas primero pesaremos la fibra de carbono la cual ya fue previamente cortada en este caso utilizaremos 14 capas de fibra de carbono.
2. Luego utilizaremos las medidas recomendadas para la utilización de fibra y resina las cuales son: 40% de fibra y 60% de resina
3. Una vez realizado el pesaje de la fibra calculamos el porcentaje en gramos para la resina
4. Calcula el peso de la resina realizamos la medición para la mezcla de resina y endurecedor que es 5 a 1 por cada 5 gramos de resina 1 gramo de endurecedor
5. Comenzaremos con la fabricación de las probetas para ellos pondremos una capa de fibra y resina encima con la ayuda de una brocha y así sucesivamente hasta completar todas las capas de fibra y resina
6. Por último, desmoldamos la probeta del molde de acrílico y realizamos el proceso de curado el cual consiste en ingresar en un horno a 180° centígrados por 30 minutos para que la probeta este completamente curada.
7. Realizamos este proceso 5 veces para cada ensayo tanto de flexión como de tracción ya que para los ensayos se necesita 5 probetas para que los resultados sean válidos y precisos.



Ilustración 3-8: Creación de las probetas para ensayos destructivos

Realizado por: Pérez, Martin. 2024.



Ilustración 3-9: Probetas terminadas

Realizado por: Pérez, Martin. 2024.

3.10. Ensayos destructivos

Los ensayos destructivos desempeñan un papel crucial en el análisis del material utilizado en este proyecto. Estos ensayos proporcionaron una valiosa contribución al entendimiento de las

propiedades mecánicas del material y su comportamiento bajo diversas cargas, así como otras características intrínsecas del material empleado.

Para llevar a cabo los ensayos, se eligieron dos laboratorios: el Laboratorio "Centro de Transferencia y Tecnología", que forma parte de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato para el ensayo de flexión, y el "Centro de Fomento Productivo Metalmeccánico Carrocero Provincia de Tungurahua" para el ensayo de tracción. Los resultados específicos de los ensayos se encuentran detallados de manera más exhaustiva en los informes proporcionados por estos laboratorios, los cuales han sido adjuntados como anexos en este trabajo.

Una vez que las probetas se fabricaron y desmoldaron, se llevó a cabo una verificación para asegurarse de que tanto la longitud como la sección transversal de cada una de las 10 probetas diferentes cumplieren con los requisitos previamente establecidos por las normativas y estuviesen listas para someterse a las distintas pruebas planificadas.

3.11. Ensayo de tracción

Los ensayos de tracción se llevaron a cabo siguiendo las pautas establecidas en la Norma NTE INEN 2043. Esta norma define el método para determinar la resistencia a la rotura por tracción en plásticos utilizando probetas normalizadas bajo condiciones específicas. Además, la norma establece que se deben utilizar al menos 5 probetas para realizar el ensayo, con el propósito de descartar el valor que se aleje más de los resultados promedio obtenidos y calcular así las propiedades que caracterizan el material.



Ilustración 3-10: Ensayos de tracción

Fuente: Centro de Fomento Carrocero Tungurahua, 2023

Tabla 3-5: Datos promedio de los ensayos de tracción

| N° | Identificación de probeta | Temperatura (°C) | Humedad Relativa (%) | Dimensiones mm | | Fuerza máxima (N) | Esfuerzo máximo de tracción (MPa) | Módulo de elasticidad (Calculado) (MPa) | Desplazamiento mm. | % Elongación (Calculado) | Tipo de falla evaluado |
|-------------------------------|-----------------------------|------------------|----------------------|----------------|---------|-------------------|-----------------------------------|---|--------------------|--------------------------|------------------------|
| | | | | Ancho | Espesor | | | | | | |
| 1 | 172720843920230831-ETC 01-1 | 20,4 | 57,1 | 25,36 | 3,91 | 10050,00 | 101,35 | 377,97 | 32,178 | 26,815 | XGM |
| 2 | 172720843920230831-ETC 01-2 | | | 25,68 | 3,89 | 10850,00 | 108,61 | 416,84 | 31,268 | 26,057 | XGM |
| 3 | 172720843920230831-ETC 01-3 | | | 25,67 | 3,81 | 8950,00 | 91,51 | 455,20 | 24,124 | 20,103 | XGM |
| 4 | 172720843920230831-ETC 01-4 | | | 25,66 | 3,92 | 8900,00 | 88,48 | 398,82 | 26,623 | 22,186 | XGM |
| 5 | 172720843920230831-ETC 01-5 | | | 25,32 | 3,76 | 7550,00 | 79,30 | 360,04 | 26,432 | 22,027 | XGM |
| Promedio \bar{x} | | | | | | 9260,000 | 93,853 | 401,773 | 28,125 | 23,438 | |
| Desviación estándar S_{n-1} | | | | | | 1255,189 | 11,404 | 36,738 | 3,444 | 2,870 | |
| Coeficiente de variación CV | | | | | | 0,136 | 0,122 | 0,091 | 0,122 | 0,122 | |

Fuente: Centro de Fomento Carrocero Tungurahua, 2023.

3.12. Ensayo de flexión

Los ensayos de flexión se llevaron a cabo siguiendo las directrices establecidas en la Norma NTE INEN 2047. Esta norma define el método para determinar la resistencia a la flexión de materiales plásticos rígidos utilizando probetas normalizadas bajo condiciones específicas. Asimismo, la norma prescribe que se deben emplear al menos 5 probetas para la realización del ensayo. El procedimiento para calcular el esfuerzo máximo a la flexión de las probetas se basa en el ensayo a tres puntos.

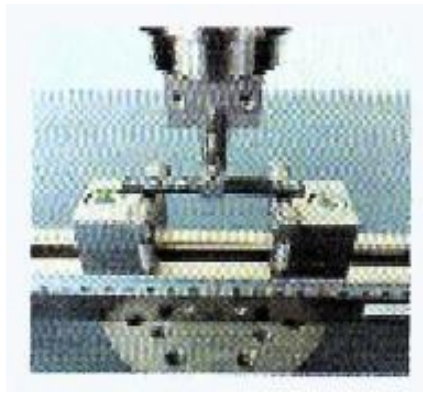


Ilustración 3-11: Ensayo de flexión.

Realizado por: Pérez, Martin. 2024.



Ilustración 3-12: Evidencias ensayo de flexión

Realizado por: Pérez, Martin. 2024.

Tabla 3-6: Datos promedio de los ensayos de flexión.

| # | Identificación de probeta | Temp (°C) | Humedad Relativa (%) | Dimensiones mm | | Fuerza máxima (N) | Desplazamiento mm | Tensión Máxima (Mpa) | Módulo Elástico (GPa) | % Deformación máxima |
|--------------------------|---------------------------|-----------|----------------------|----------------|---------|-------------------|-------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| | | | | Ancho | Espesor | | | | | |
| 1 | FC-01 | 21,3 | 57,1 | 10,50 | 3,50 | 212,3360 | 9,90540 | 141,8200 | 8,42226 | 5,77000 |
| 2 | FC-02 | | | 10,50 | 3,50 | 191,7200 | 10,45410 | 128,0510 | 8,03770 | 6,09825 |
| 3 | FC-03 | | | 10,50 | 3,50 | 191,4900 | 8,03997 | 127,8970 | 7,18324 | 4,68998 |
| 4 | FC-04 | | | 10,50 | 3,50 | 209,0910 | 9,52748 | 140,2540 | 8,41170 | 5,55770 |
| 5 | FC-05 | | | 10,50 | 3,50 | 199,3740 | 8,72539 | 133,1620 | 8,20073 | 5,08981 |
| Promedio | | | | | | 200,982 | 9,330 | 134,237 | 8,055 | 5,141 |
| Mediana | | | | | | 199,374 | 9,577 | 133,162 | 8,201 | 5,558 |
| Desviación estándar | | | | | | 9,856 | 0,957 | 6,583 | 0,514 | 0,557 |
| Coeficiente de variación | | | | | | 0,049 | 0,103 | 0,049 | 0,064 | 0,102 |
| Máximo | | | | | | 217,336 | 10,454 | 141,820 | 8,431 | 6,098 |
| Mínimo | | | | | | 191,490 | 8,040 | 127,897 | 7,183 | 4,690 |
| Rango | | | | | | 20,846 | 2,414 | 13,923 | 1,248 | 1,408 |

Fuente: CTT-FICM, 2023.

3.13. Diseño del molde en software CAD

3.13.1. Diseño y modelado del asiento

Para realizar el diseño del asiento en el software utilizamos un modelo estandarizado que servirá de base para la simulación en SolidWorks en donde se empleará imágenes para referencial el dibujo del asiento luego con las diferentes herramientas en el software como croquis 3D, superficies limites, realizaremos la simulación sobre las imágenes exportadas.



Ilustración 3-13: Imagen referencial para la simulación

Realizado por: Pérez, Martín. 2024.



Ilustración 3-14: Imagen referencial
para la simulación

Realizado por: Pérez, Martín. 2024.

3.13.2. Operaciones para realizar el modelo con el software CAD

3.13.2.1. Imágenes de referencia

Para esto se tomaron imágenes de la parte delantera y lateral del asiento como se muestra en las Ilustraciones 3-13 y 3-14 para utilizarlas en el software se aplicó planos de planta y alzado respectivamente para ubicar estas imágenes en el croquis y se empezó a modelar el diseño.

3.13.2.2. Curva

En el dibujo en perspectiva se trazó una curva con el objetivo de generar un modelo tridimensional (3D), utilizando como punto de partida la parte inferior del asiento como punto de referencia.

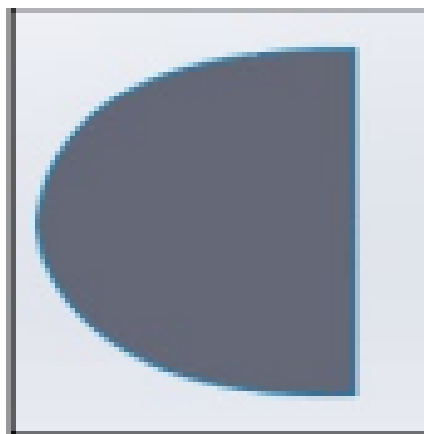


Ilustración 3-15: Punto de partida para
la simulación

Fuente: SolidWorks, 2022

3.13.2.3. *Croquis 3D*

Se dibujaron los perfiles de la parte superior e inferior en relación con la base del asiento en un diseño tridimensional (3D).

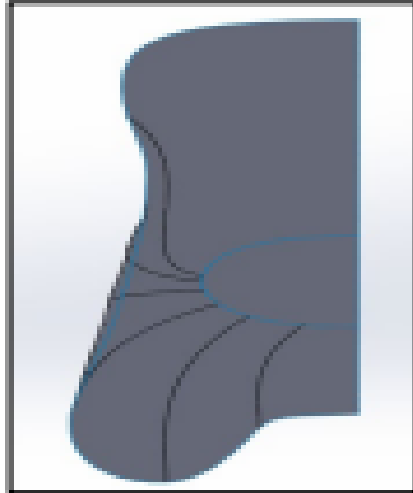


Ilustración 3-16: Parte superior de la simulación

Fuente: SolidWorks, 2022

3.13.2.4. *Simetría*

Una vez diseñada la mitad del asiento, se aplicó la simetría para replicar la otra superficie y así crear la otra mitad del asiento.

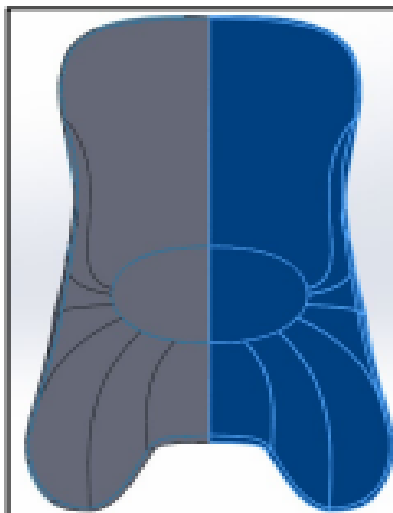


Ilustración 3-17: Simetría aplicada a la simulación.

Fuente: SolidWorks, 2022

3.13.2.5. *Coser Superficies*

Se realizaron divisiones en las superficies con el propósito de unir partes del modelo y generar detalles u operaciones adicionales.

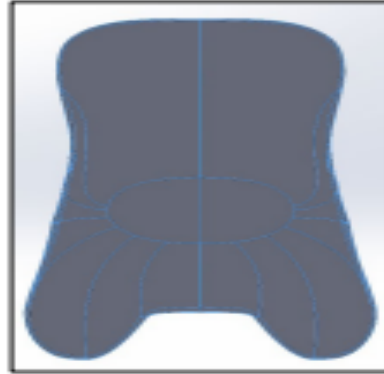


Ilustración 3-18: Modelo terminado en la simulación

Fuente: SolidWorks, 2022

3.13.2.6. *Simulación Terminada*

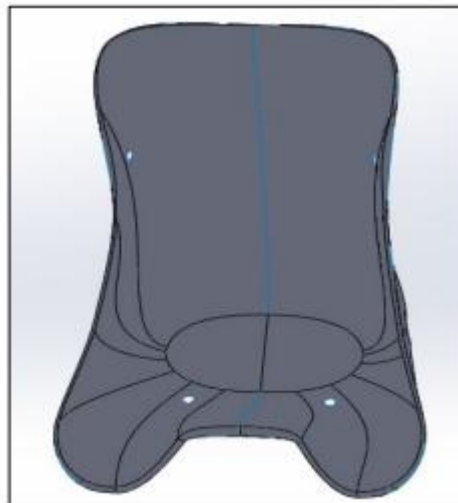


Ilustración 3-19: Diseño del molde para asiento.

Fuente: SolidWorks, 2022.

3.13.3. *Análisis para desmoldeo del molde con software CAD*

Para realizar el análisis del desmoldeo utilizamos el software SolidWorks en donde tenemos la opción Herramientas de moldes y nos vamos a análisis de ángulo de salida seleccionamos el

plano de planta para analizar cómo se puede realizar el desmoldeo de los futuros asientos manufacturados en el molde

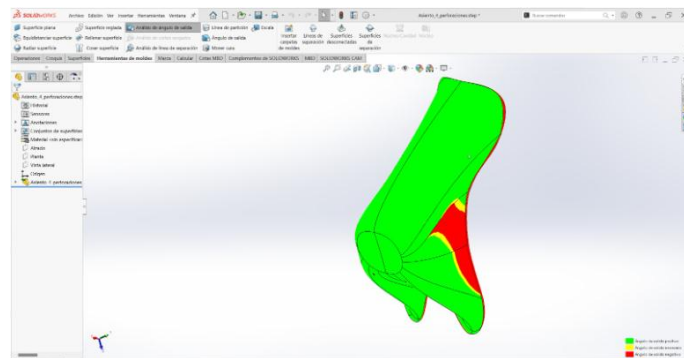


Ilustración 3-20: Análisis de desmoldeo

Fuente: SolidWorks, 2022.

Realizado por: Pérez, Martín. 2024.

Como podemos ver en la ilustración 3-20 no tenemos un ángulo de desmoldeo para las piezas que se manufacturaran en nuestro molde por lo cual debemos buscar una solución para poder desmoldar.

3.13.4. Análisis estático a asientos obtenidos del molde por software CAD

Luego de obtener ya el molde del asiento en el software SolidWorks y la simulación del desmoldeo precedimos a realizar un análisis estático del asiento que se podrá obtener del molde construido en el cual aplicaremos la fuerzas que aplican sobre el asiento cuando el piloto este sentado sobre el mismo para esta simulación utilizamos el software Ansys Student en su versión 2022 R1.

3.13.4.1. Pasos para el análisis estático

- Exportamos el modelo del SolidWorks con las dimensiones correctas del asiento que se obtendrá del molde realizado y para esta práctica utilizar el material que fue utilizado en el molde como es la fibra de carbono.

| Properties of Outline Row 3: Carbon Fiber (395 GPa) | | | | |
|---|----------------------------|-----------------------------|--------------------|-----|
| | A | B | C | D E |
| 1 | Property | Value | Unit | |
| 2 | Material Field Variables | Table | | |
| 3 | Density | 1.76 | g cm ⁻³ | |
| 4 | Isotropic Elasticity | | | |
| 5 | Derive from | Young's Modulus and Pois... | | |
| 6 | Young's Modulus | 401.77 | MPa | |
| 7 | Poisson's Ratio | 0.23 | | |
| 8 | Bulk Modulus | 2.4801E+08 | Pa | |
| 9 | Shear Modulus | 1.6332E+08 | Pa | |
| 10 | Tensile Yield Strength | 1860 | MPa | |
| 11 | Compressive Yield Strength | 1470 | MPa | |
| 12 | Tensile Ultimate Strength | 3530 | MPa | |

Ilustración 3-21: Propiedades del material para simulación

Fuente: Ansys Student, 2023.

Realizado por: Pérez, Martin. 2024.

- Una vez que se importó el modelo y se asignó el material, en la opción de Model en el Ansys empezaremos con el proceso para el estudio estático primero realizamos el mallado del modelo esto se genera para discretizar la geometría.



Ilustración 3-22: Mallado del modelo

Fuente: Ansys Student, 2023.

Realizado por: Pérez, Martin. 2024.

- Luego de generar la malla definimos las condiciones para la aplicación de fuerzas sobre el asiento como son los anclajes que va a llevar el asiento en el cual utilizamos la opción Remote Displacement en los 4 orificios en donde el asiento será fijado al monoplaza.

- A** Remote Displacement
- B** Remote Displacement 2
- C** Remote Displacement 3
- D** Remote Displacement 4

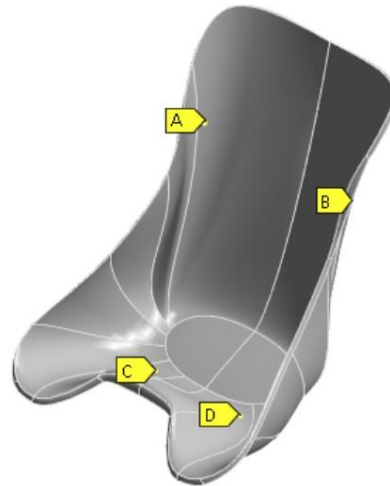


Ilustración 3-23: Anclajes del Asiento

Fuente: Ansys Student, 2023

Realizado por: Pérez, Martin. 2024.

- Fijaremos también la fuerza utilizada sobre el asiento en los ejes Y y Z donde estará actuando la cual será el peso estándar de 70 kg por la gravedad que en este estudio será de 9.81 m/s^2 .

Force: 971.14 N
Components: 0,;-686.7;-686.7



Ilustración 3-24: Fuerza del peso aplicado al asiento

Fuente: Ansys Student, 2023

Realizado por: Pérez, Martin. 2024.

3.14. Obtención del primer molde del asiento

3.14.1. Componentes empleados

3.14.1.1. Asiento base para la obtención del primer molde

Para obtener el molde utilizado como referencia para la creación del molde del Go-Kart, se decidió adquirir en el mercado un asiento ya fabricado y estandarizado. Este asiento sirvió como punto de partida y base para la elaboración de nuestro molde en negativo. La obtención de un molde a partir de un elemento previamente fabricado representa un método práctico y versátil para lograr la duplicación eficaz y rápida de dicho elemento.



Ilustración 3-25: Asiento utilizado
para obtener el molde

Realizado por: Pérez, Martin. 2024.

3.14.1.2. Espuma de poliuretano

El molde obtenido a partir del asiento base se confeccionó utilizando espuma de poliuretano, ya que este material es apropiado para la creación de moldes gracias a sus propiedades físicas y químicas como son: una baja densidad, su resistencia mecánica que puede llegar a ser flexible y suave o rígida y resistente dependiendo de su formulación, la compresibilidad que le permite recuperar su forma después de aplicarla fuerzas sobre ella, la alta resistencia a la humedad y la resistencia química que presenta lo cual permite trabajar con diferentes tipos de sustancias químicas sobre ella sin sufrir ningún tipo de deformación.

Para este proceso se adquirió en los componentes que intervienen para el proceso químico de la expansión de la espuma de poliuretano: El poliol (Componente A) y el isocianato (Componente B)



Ilustración 3-26: Componentes A y B de la espuma de poliuretano

Realizado por: Pérez, Martin. 2024.

Es importante destacar que, al utilizar espuma de poliuretano, se siguió cuidadosamente las instrucciones del fabricante y se tomaron precauciones necesarias, ya que estos componentes pueden causar irritación en la piel y en las vías respiratorias. Además, se cumplieron adecuadamente con las normas de seguridad, que incluyeron el uso de equipo de protección personal y la realización del trabajo en un entorno bien ventilado.

3.14.2. Preparación del asiento base

Se llevó a cabo una limpieza minuciosa del asiento para garantizar que estuviera libre de impurezas, polvo o suciedad. Luego, se decidió cubrir la superficie con fundas plásticas y cinta adhesiva en las áreas donde se aplicaría la espuma de poliuretano. Esto se hizo con el fin de evitar que la espuma se adhiriera directamente al asiento, lo que podría dificultar la extracción del molde. Es crucial que las fundas plásticas se ajusten correctamente a cada contorno del asiento para que el molde capture la forma de manera precisa. Posteriormente, se aplicó cera desmoldante sobre las fundas plásticas para facilitar aún más la extracción del molde de espuma de poliuretano.



Ilustración 3-27: Asiento forrado

Realizado por: Pérez, Martin. 2024.

3.14.3. Aplicación de la espuma de poliuretano

3.14.3.1. Pruebas de expansión de la espuma de poliuretano

Para llevar a cabo este proceso, se siguieron las indicaciones del fabricante para la preparación y mezcla apropiada de los componentes A y B que generan la espuma de poliuretano. Las cantidades específicas de cada componente variaron en función de la expansión deseada para el molde por lo cual se realizó primero una prueba utilizando 50% del componente A y 50% del componente B para conocer su expansión y se obtuvo como resultado una expansión de 4 a 1



Ilustración 3-28: Prueba de expansión

Realizado por: Pérez, Martin. 2024.

La combinación se preparó en un recipiente y luego se vertió el asiento base, asegurándose de aplicarla de manera uniforme en toda la superficie utilizamos una balanza para tener los pesos exactos y tener los porcentajes correctos de 50% de cada componente tanto A como B. Este proceso se repitió varias veces, es decir, se aplicó por capas con un tiempo de expansión inferior a 5 minutos para cada aplicación. El propósito de este método de aplicación era garantizar que el asiento quedara completamente cubierto y que se obtuviera un molde sólido y resistente.



Ilustración 3-29: Espuma de poliuretano expandida en asiento base.

Realizado por: Pérez, Martin. 2024.

3.14.4. Secado y extracción del molde

Luego de aplicar la espuma de poliuretano y permitir que esta finalice su reacción química y proceso de expansión, el elemento fue colocado en un lugar fresco, seco y libre de humedad durante 48 horas para que pudiera secarse por completo y obtener un molde compacto. Una vez que el proceso de secado concluyó, se procedió a desmontar el molde del asiento base. Para lograrlo, fue necesario desmontar el molde en varias partes, ya que el asiento tenía molduras que dificultaban su extracción completa. Para realizar esta operación, se hicieron dos cortes longitudinales que dividieron el molde por la mitad, lo que permitió su extracción sin complicaciones.



Ilustración 3-30: Proceso de secado del molde

Realizado por: Pérez, Martín. 2024.



Ilustración 3-31: Cortes longitudinales
para desmoldar

Realizado por: Pérez, Martín. 2024.



Ilustración 3-32: Molde desmoldado

Realizado por: Pérez, Martín. 2024.

3.14.5. Preparación del molde

Como último paso para obtener el molde adecuado que se utilizaría en la posterior construcción del asiento, se unieron las tres partes que se habían extraído del molde original. Esto se hizo utilizando pegamento blanco y cinta. Luego, la superficie del molde se lijó para eliminar cualquier irregularidad y corregir su forma si fuera necesario. Una vez que la superficie estaba lista, se aplicó cinta masking de manera uniforme en todo el molde. Esta etapa se llevó a cabo con el propósito de facilitar la extracción del asiento una vez que se aplicara la resina epoxi y la fibra de carbono en el proceso de construcción.

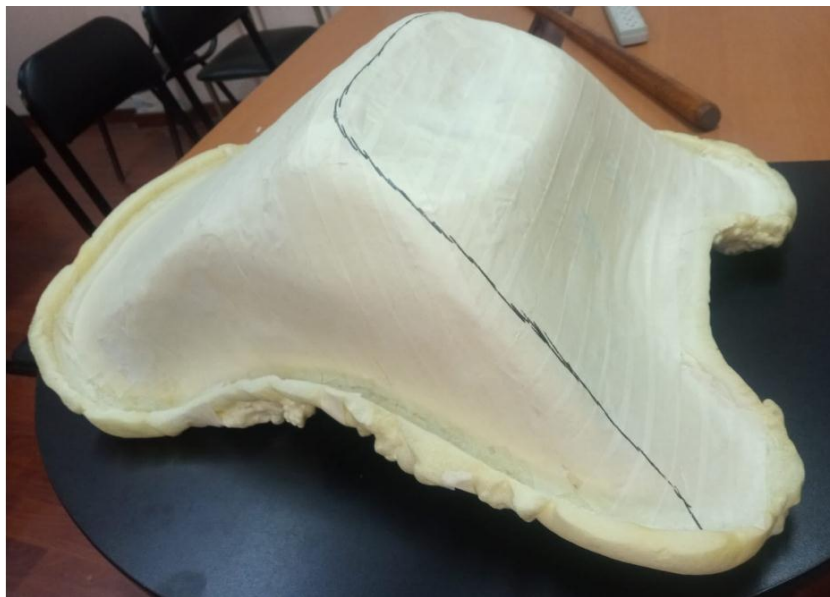


Ilustración 3-33: Molde listo para laminado

Realizado por: Pérez, Martín. 2024.

3.15. Proceso de Construcción del molde para asientos

El proceso de fabricación que se empleó para elaborar el molde para asientos del Go-kart se realizó mediante la aplicación de capas de resina epoxi y fibra de carbono en el molde del asiento base, a este método se lo conoce como "método de laminación".

3.15.1. Preparación de la fibra de carbono

Para la preparación de la fibra primero realizamos cortes de acuerdo con la forma del primer molde en espuma de poliuretano para al momento de la laminación no contar con ningún tipo de dobles por la forma que tiene el asiento luego pesamos el material para saber cuánta resina vamos a necesitar y tener la composición de los materiales de 40% y 60%.

3.15.2. Preparación de la resina epoxi

Para la preparación de la resina epoxi necesitamos primero el peso de la fibra de carbono ya que esto nos servirá como base para calcular cuanta resina necesitamos en este caso hemos seleccionado una mezcla de 40% de fibra y 60% de resina luego de realizar la medición en gramos para la resina realizaremos el cálculo para la mezcla de la resina onde es 5 a 1 con el endurecedor que quiere decir por cada 5 gramos de resina 1 gramos de endurecedor y así tendremos los materiales listo para la laminación.

3.15.3. Proceso de laminación

- Para el proceso de laminación se utilizó tanto la resina epoxi en conjunto con la fibra de carbono que estamos trabajando con un 60% resina y 40% fibra nos permitirá obtener un mejor resultado para el material.
- Primero verificamos que el molde de espuma este completamente limpio luego agregamos una capa de desmoldante sobre el molde con una brocha uniformemente y dejamos secar esto realizamos para tener mayor facilidad al momento del desmoldeo.
- Para este proceso dividimos la resina en partes iguales para cada capa de fibra en este caso será para dos.
- Luego ponemos una capa delgada de resina epoxi sobre el molde de espuma y colocamos la primera capa de fibra de carbono que teníamos previamente cortado posterior a esto regamos el resto de la fibra anteriormente pesada para cada capa.
- Repetimos el proceso añadiendo así la segunda capa de resina y posteriormente la última capa de fibra de carbono.

- Utilizando las brochas nos aseguramos de que no haya burbujas de aire entre las capas posteriormente utilizamos la tela antiadherente y encima la tela absorbente.
- Con el plástico de sellado al vacío y la cinta de sellado crearemos una funda donde entre todo el molde ya laminado para poder inducir vacío y tener un mejor acabado en el molde.

3.15.4. Curado al vacío

Para poder inducir al vacío el molde completo creamos una funda completa con el plástico de sellado al vacío y la cinta antiadherente donde estará completamente sellada también utilizamos un acople donde este se ubicará en el plástico de sellado y así tener la conexión con la bomba de vacío.

3.15.5. Desmoldeado del molde para asiento del molde de espuma de poliuretano

Para el desmoldeo del molde de fibra de carbono con el molde de espuma de poliuretano simplemente dejamos que el curado se lleve a cabo correctamente el fabricante nos recomienda dejarlo por 48 horas en este caso para mayor confiabilidad lo dejamos que se cure durante 72 horas luego retiramos el plástico de sellado, la tela absorbente, la tela antiadherente de un lado y por último del otro lado retiraremos el molde de espuma de poliuretano con facilidad ya que previamente se aplicó el desmoldante.

3.15.6. Corte del molde para asientos en dos partes

Luego de analizar las opciones para el desmoldeo en nuestro molde de las piezas que se manufacturaran tomamos la decisión de cortar el molde en dos partes y unirlos por medio de unas bichas en la parte de atrás para poder desmoldar lado por lado del molde para asiento.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Resultados y comparación de la fibra de carbono con el acero y aluminio

Las fibras de carbón son mucho más fuertes que el acero y el aluminio, siendo diez veces más resistentes que el acero y ocho veces más que el aluminio. Además, son mucho más ligeras que ambos, siendo 5 veces más ligeras que el acero y 1.5 veces más que el aluminio. También, tienen propiedades superiores contra el desgaste en comparación con todas las estructuras metálicas y son muy resistentes a la corrosión cuando se utilizan con las resinas correctas. (EcurRed , 2015)

A continuación, tenemos una tabla con las relaciones entre estos tres materiales y la razón por la cual se optó por utilizar la fibra de carbono en este molde para asiento.

Tabla 4-1: Propiedades de las Fibras

| | Tensión Máxima (MPa) | Módulo Elástico (GPa) |
|-------------------------|----------------------|-----------------------|
| Acero | 1200 | 210 |
| Aluminio | 700 | 68,9 |
| Fibra de Carbono | 3530 | 230 |

Fuente: (Composite Envisions LLC) 2022.

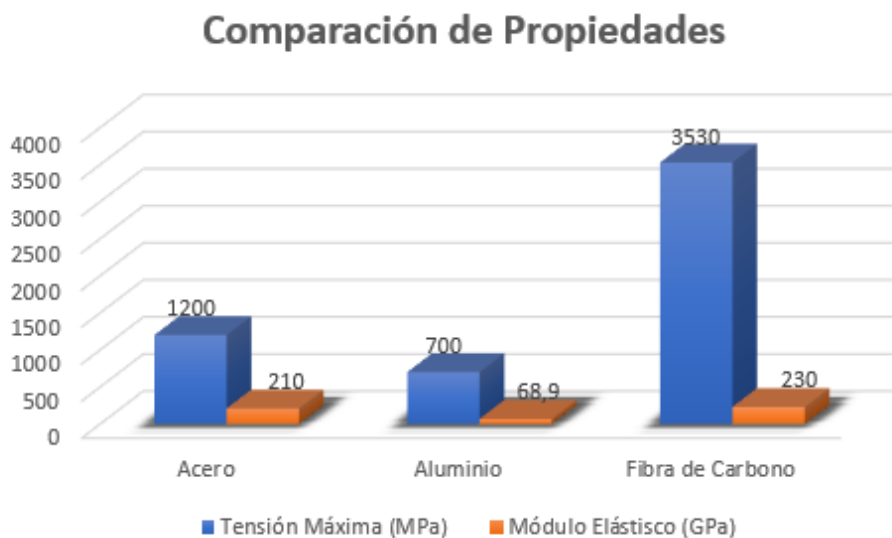


Ilustración 4-1: Comparación de las fibras

Realizado por: Pérez, Martin. 2024.

Como se observa en el gráfico la fibra de carbono tiene mejores propiedades frente al aluminio y el acero:

- La fibra de carbono tiene una resistencia a la tracción significativamente mayor y un módulo elástico más alto en comparación a los otros materiales
- La fibra de carbono también es más ligera que el acero y comparable en peso al aluminio.

4.2. Resultados del análisis del desmoldeo del molde en software CAD

Para este análisis utilizamos SolidWorks en donde analizaremos si es posible tener un ángulo de salida correcto para nuestro molde para asientos con las herramientas de Herramientas de moldes y análisis de ángulo de desmoldeo

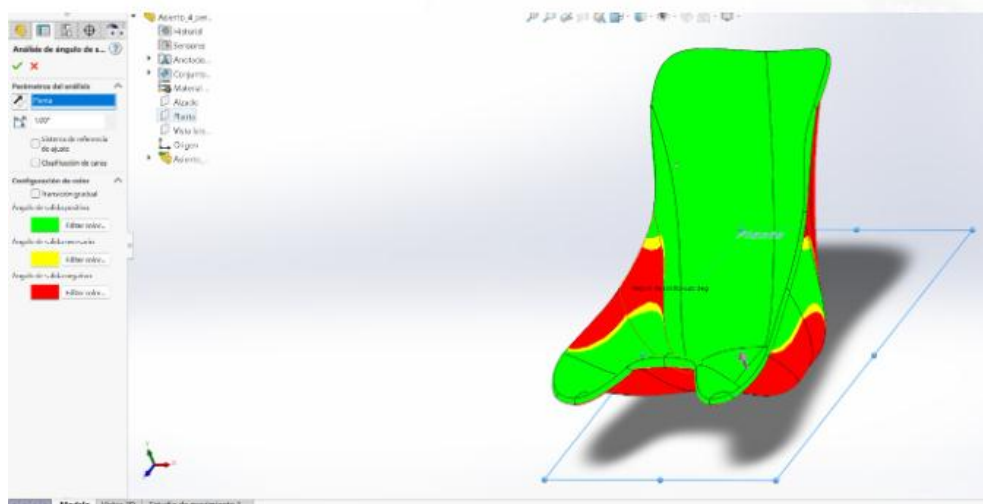


Ilustración 4-2: Análisis de desmoldeo

Fuente: Solid Works, 2023

Realizado por: Pérez, Martín. 2024.

Como se puede observar en el análisis el color verde nos indica que tiene un ángulo de salida positivo, el amarillo es un ángulo de salida necesaria mientras que el color rojo es un ángulo de salida negativo.

Como vemos en nuestro análisis tenemos una mayor parte de color verde para realizar el desmoldeo el único inconveniente es la parte roja que se encuentra en los costados del asiento lo cual no nos permitirá realizar el desmoldeo de lo asiento en nuestro molde ya que por la forma que tiene nuestro asiento no va a ser factible y no será posible el desmoldeo.



Ilustración 4-3: Angulo negativo de desmoldeo.

Fuente: Solid Works, 2023

Realizado por: Pérez, Martin. 2024.

En la Ilustración 4-2 se puede ver en los costados como se ve un color rojo por lo cual el desmoldeo no será posible. Por lo cual la solución para este problema fue cortar nuestro molde en dos partes para así tener un desmoldeo para fácil y de una manera correcta.

4.3. Cálculos para espesor del molde de asiento

El espesor seleccionado para los moldes de fibra de carbono será de 3.5 mm, fundamentado en consideraciones clave para garantizar un rendimiento óptimo durante la fabricación de asientos para karting. La elección de este espesor se basa en la necesidad de lograr un equilibrio entre rigidez estructural y eficiencia de peso.

Con un contenido de fibra del 40% y resina del 60%, el molde de 3.5 mm proporciona la cantidad adecuada de refuerzo estructural mediante las fibras de carbono para mantener la forma deseada del asiento durante el proceso de fabricación. La presencia del 60% de resina asegura una adecuada impregnación de las fibras y facilita la liberación del asiento del molde sin comprometer la calidad de la superficie.

Además, el molde de 3.5 mm es apropiado para la producción a gran escala, ya que proporciona una resistencia y durabilidad suficientes para soportar múltiples ciclos de fabricación sin sacrificar la integridad estructural. Esta elección de espesor se basa en un enfoque integral que aborda los requisitos de rendimiento, eficiencia de peso y durabilidad necesaria para la fabricación de asientos de fibra de carbono destinados a karts de competición.

$$e_{molde} = 0.4 * e_{fibra} + 0.6 * e_{resina}$$

$$\begin{aligned}
3.5 \text{ mm} &= 0.4 * (0.007 * 2) + 0.6 * e_{\text{resina}} \\
3.5 \text{ mm} &= 0.4 * (0.014\text{mm}) + 0.6 * e_{\text{resina}} \\
3.5 \text{ mm} &= (0.0056 \text{ mm}) + 0.6 * e_{\text{resina}} \\
3.5 \text{ mm} - 0.0056\text{mm} &= 0.6 * e_{\text{resina}} \\
0.6 * e_{\text{resina}} &= 3,4944 \text{ mm} \\
e_{\text{resina}} &= \frac{3.4944 \text{ mm}}{0.6} \\
e_{\text{resina}} &= 5.824
\end{aligned}$$

4.4. Obtención del Molde final para asientos en fibra de carbono

4.4.1. Proceso para la obtención del molde final en fibra de carbono

4.4.1.1. Paso a paso para la construcción del molde

- Como llevaremos a cabo el proceso de laminación en conjunto con el curado al vacío primero debemos tener todos nuestros materiales bien pesados, saber el porcentaje de cada material y también tener lista la bomba de vacío.
- Para la construcción primero pesamos la fibra de carbono que en este caso nos dio 232 gramos esto equivale al 40%



Ilustración 4-4: Peso fibra de carbono

Realizado por: Pérez, Martin. 2024.

- Para el cálculo de la resina epoxi y el endurecedor realizamos una regla de tres donde tenemos:

40% ----- 232gr
 60% ----- X

$$X = \frac{60\% * 232gr}{40\%}$$

X = 348gr resina epoxi

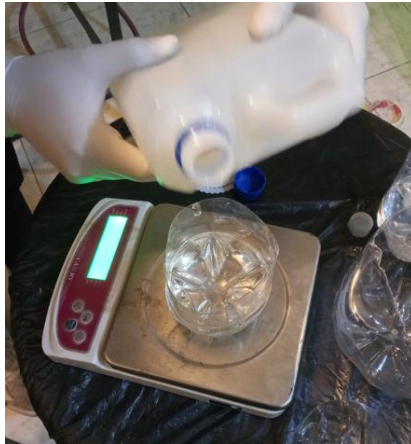


Ilustración 4-5: Pesaje de la resina epoxi

Realizado por: Pérez, Martin. 2024.

- Como ya obtenemos el resultado que se necesitara de resina epoxi que son 348 gramos ahora calculamos el porcentaje de endurecedor que se necesitara en la mezcla donde es 5 a 1.

$$\text{Endurecedor} = \frac{348}{5}$$

Endurecedor = 69.6 gr



Ilustración 4-6: Pesaje Endurecedor

Realizado por: Pérez, Martin. 2024.

- Una vez tenemos ya pesado nuestros materiales dividimos en dos partes para cada capa y se utilizara el material en partes iguales para cada capa de fibra.
- Primera capa
 - ✓ Fibra= 116 gramos
 - ✓ Resina Epoxi= 174 gramos
 - ✓ Endurecedor= 34.8
- Ahora medimos con el molde de espuma por dentro del plástico de sellado y con la cinta de sellado creamos una bolsa para poder crear vacío.



Ilustración 4-7: Plástico de sellado con la forma para aplicar vacío

Realizado por: Pérez, Martin. 2024.

- Ahora con los materiales listos y el plástico de sellado igual empezamos con la laminación, verificando que el molde de espuma este completamente limpio aplicamos una leve capa de desmoldante.



Ilustración 4-8: Aplicación de desmoldante

Realizado por: Pérez, Martin. 2024.

- Ahora que el desmoldante ya fue aplicado y se secó comenzamos con la laminación primero mezclando la resina epoxi con el endurecedor para la primera capa aplicamos una leve cantidad sobre el molde luego la capa de fibra de carbono y el resto de resina con endurecedor sobre está esparciendo por todo el molde uniformemente y así lo realizamos con la segunda capa de fibra.



Ilustración 4-9: Laminación en fibra de carbono

Realizado por: Pérez, Martin. 2024.



Ilustración 4-10: Molde Laminado

Realizado por: Pérez, Martin. 2024.

- Luego de terminar con el procedo de laminación aplicamos vacío donde primero aplicaremos sobre el molde la capa de tele antiadherente y sobre esta una capa de tela absorbente la que ayuda a retener el sobrante de resina del molde y llevaremos al plástico de sellado lo introducimos aquí retiramos la capa de la cinta de sellado y cerramos todo el plástico para crear una funda hermética para así aplicar el vacío.



Ilustración 4-11: Sellado del plástico

Realizado por: Pérez, Martin. 2024.



Ilustración 4-12: Aplicación de vacío

Realizado por: Pérez, Martin. 2024.

- Ahora dejamos reposar el molde bien sellado durante 72 horas pasado este tiempo abrimos el plástico de sellado y retiramos la tela absorbente, la tela antiadherente y por último con mucho cuidado del otro lado del molde de espuma limpiamos si tenemos algún tipo de residuo pegado al molde para así obtener el molde en final en fibra de carbono.



Ilustración 4-13: Obtención del molde final

Realizado por: Pérez, Martin. 2024.

- Luego cortamos el excedente de material por los costados lijamos limpiamos los restos de espuma y lijamos la parte que sea necesaria para tener un molde con el mejor acabado posible



Ilustración 4-14: Asiento Final

Realizado por: Pérez, Martin. 2024.

- Una vez ya obtenidos el molde en fibra y luego de analizar el ángulo de salida con el software se tomó la decisión de realizar un corte para asegurar el desmoldeo llevaremos a cabo 1 corte de este para tener un molde en 2 partes donde facilitara la desmoldada cuando se esté laminado sobre el mismo. Primero realizaremos el corte y por último pondremos vinchas para el montaje y desmontaje del mismo.



Ilustración 4-15: Corte del Molde y ubicamos las vinchas

Realizado por: Pérez, Martin. 2024.

4.5. Resultados de la simulación de asientos que se podrá obtener del molde.

4.5.1. Deformación total

Para el cálculo de la deformación aplicamos una fuerza de 686.7 N en las componentes Y y X donde actuara esta fuerza que es el resultado de la multiplicación entre el peso promedio de 70 kg del piloto y el valor de gravedad que es 9.81 m/s^2 . Se utilizó las características físicas de la fibra de carbono para esta simulación.

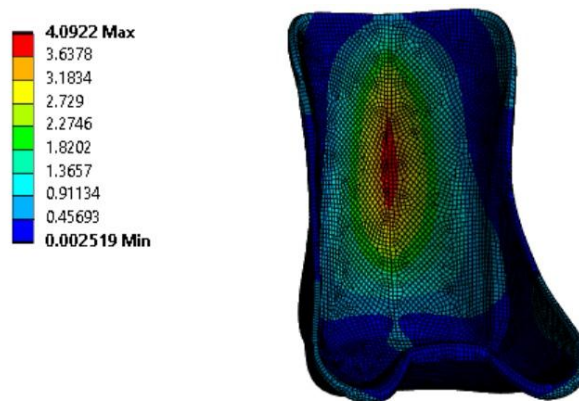


Ilustración 4-16: Deformación Total

Fuente: Ansys Student, 2023

Realizado por: Pérez, Martin. 2024.

Como resultados tenemos una deformación máxima de 4.0922 mm y un promedio de deformación de 0.63634mm.

4.5.2. Deformación en el eje “Y”

En el eje Y tenemos una deformación máxima de 0.53851 mm y un promedio de deformación de -0.27725mm

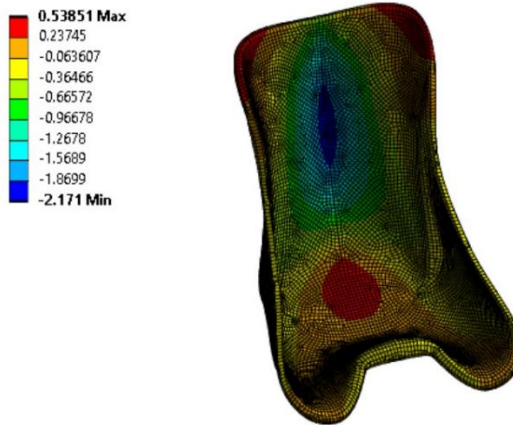


Ilustración 4-17: Deformación en el eje Y

Fuente: Ansys Student, 2023

Realizado por: Pérez, Martin. 2024.

4.5.3. Deformación en el eje “X”

En el eje X tenemos una deformación máxima de 1.6833 mm y un promedio de deformación de 3.0326e-003 mm.

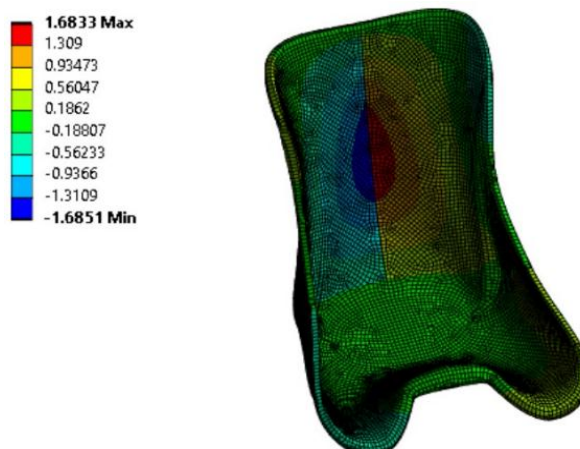


Ilustración 4-18: Deformación en el eje X

Fuente: Ansys Student, 2023

Realizado por: Pérez, Martin. 2024.

4.5.4. Deformación en el eje "Z"

En el eje Z tenemos una deformación máxima de 0.46162 mm y un promedio de deformación de -0.36366 mm.

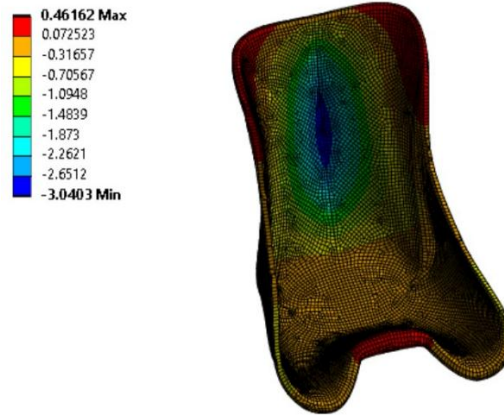


Ilustración 4-19: Deformación en el eje Z

Fuente: Ansys Student, 2023

Realizado por: Pérez, Martin. 2024.

4.5.5. Deformación elástica

Tenemos como resultado de la simulación una deformación elástica máxima de 6.14863-003 y una deformación promedio de 4.6874e-004.

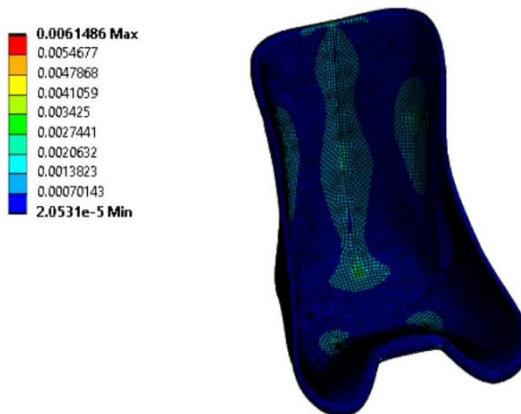


Ilustración 4-20: Deformación Elástica

Realizado por: Pérez, Martin. 2024.

4.5.6. Factor de Seguridad

En el factor de seguridad tenemos un valor de 15 lo cual es un valor extremadamente alto y concluimos que el material y el asiento es muy seguro y está por encima de las cargas o condiciones esperadas lo cual igual valida el molde ya que esta realizado con el mismo material de fibra de carbono.



Ilustración 4-21: Factor de seguridad

Fuente: Ansys Student, 2023

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se realizó una exhaustiva investigación bibliográfica en revistas, artículos científicos y tesis relacionadas con moldes para asientos de Go kart. Esta investigación proporcionó una base sólida de conocimiento previo en el campo, identificando enfoques exitosos y problemas que se han abordado en el diseño y fabricación de estos moldes.
- Utilizando software CAD, se desarrolló un diseño detallado del molde de asientos para Go kart. Además, se llevó a cabo un análisis estructural mediante simulaciones por elementos finitos (FEA) para evaluar la resistencia y el comportamiento bajo diferentes cargas. Esto permitió ajustar el diseño para asegurar que el molde fuera capaz de soportar las tensiones y fuerzas a las que se vería sometido durante su uso.
- Luego de la construcción del prototipo del molde, se procedió a realizar una evaluación estadística exhaustiva. Se recopilaron datos y se aplicaron técnicas estadísticas para analizar la precisión del prototipo en comparación con el diseño inicial. Esto permitió identificar cualquier desviación y realizar ajustes si era necesario.
- La construcción del molde de asientos para Go kart involucró la aplicación de procesos de manufactura y técnicas de ingeniería avanzadas. Se seleccionaron materiales adecuados, y se aplicaron tratamientos térmicos y procesos de mecanizado para lograr un molde sólido, rígido y resistente, capaz de soportar múltiples ciclos de uso y fabricación.
- Para validar tanto el diseño como la construcción del molde, se llevaron a cabo pruebas y evaluaciones rigurosas. Estas pruebas incluyeron ensayos destructivos, donde el molde se sometió a cargas y tensiones extremas para verificar la calidad y resistencia de los componentes estructurales. Los resultados de estas pruebas confirmaron la adecuación del molde para su uso en la producción de asientos de Go kart.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda una continua investigación manteniendo al día con las últimas investigaciones y avances en el campo de los moldes y compuestos reforzados con fibra de carbono. La tecnología y las técnicas están en constante evolución, y estar al tanto de las novedades te permitirá seguir mejorando tus diseños y procesos.
- Dada la naturaleza compleja de los moldes y la fabricación de piezas compuestas, considera la posibilidad de colaborar con expertos en ingeniería de materiales, diseño industrial y simulación por elementos finitos. Esta colaboración puede brindar enfoques más completos y robustos para tus proyectos.
- Siempre busca oportunidades para optimizar aún más el diseño de tus moldes y realizar análisis de elementos finitos más detallados. Esto puede ayudarte a minimizar el peso del molde y mejorar la eficiencia de su rendimiento, lo que resulta en ahorro de materiales y costos.
- Mantén una documentación detallada de cada paso del proceso, desde la investigación inicial hasta las pruebas y evaluaciones finales. Esto te ayudará a identificar áreas de mejora en futuros proyectos y permitirá una transferencia de conocimiento más efectiva a otros miembros del equipo.
- Considera la posibilidad de seguir capacitándote en software CAD, análisis por elementos finitos y otros aspectos técnicos relevantes. Además, participa en talleres, cursos o conferencias para estar al tanto de las últimas tendencias en el campo.



BIBLIOGRAFÍA

1. **CUBILLOS MARIANGEL, Nicolás;** Medina Silva, Oscar: *Estudio piloto de medidas antropométricas de la mano y fuerzas*. Chile, Universidad de Chile, 2010
2. **FIA:** *Règlement Technique De Karting*, 2018
3. **GODINO, Paola:** Lesiones Más Frecuentes En Karting. In: *Universidad Pasta* (2015), S. 7–16. <https://www.ociokart.com/historia-del-karting/> [accessed 22 May 2023].
4. **JUÁREZ Alonzo, Esdras:** Análisis y evaluación de propiedades térmicas y mecánicas de materiales resínicos del tipo Epoxi/Amina (2012)
5. **KNAUF INDUSTRIES AUTOMOTIVE.** *Fibra de carbono, Kevlar, grafeno | Knauf.* <https://knaufautomotive.com/es/fibra-de-carbono-kevlar-grafeno/>
6. **MONTESDEOCA, Álex:** Álex Fabricio Montesdeoca Vera. In: *UIDE* (2021)
7. **OCIOKART,** Historia Del Karting. . Online. 2016. Retrieved from
8. **QUEZADA, Pablo:** „*Diseño y fabricación del chasis para un kart kf4 según la normativa cik/fia*“, 2018
9. **RCH RACING:** *El asiento del kart*. URL <https://agaracing.com/post/el-asiento-del-kart/>. - abgerufen am 2023-05-31. — agaracing.com
10. **ROSELL SÁENZ DE VILLAVERDE, Adrià ;** Director, Tecnología ; Esteve, Guma ; Presidente Tribunal, Ramon ; Montolío, Alonso ; Miembros Tribunal, Carlos ; Duarte, Marmolejo ; Ramiro, Carlos ; u. a.: *La fibra de carbono: Más allá del refuerzo estructural* (2021)
11. **VERMA, Rakesh:** *fibra de carbono- ¿Qué Es K?* URL <https://www.linkedin.com/pulse/fibra-de-carbono-qu%C3%A9-es-k-rakesh-verma/?originalSubdomain=es>. - abgerufen am 2023-06-01. — Likedin



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 21/06/2024

| |
|--|
| INFORMACIÓN DEL AUTOR |
| Nombres – Apellidos: JONATHAN AMARTIN PÉREZ ROBALINO |
| INFORMACIÓN INSTITUCIONAL |
| Facultad: MECÁNICA |
| Carrera: AUTOMOTRIZ |
| Título a optar: INGENIERO AUTOMOTRIZ |
|  Ing. EDGAR FABIÁN SÁNCHEZ CARRIÓN Director del Trabajo de Titulación  Ing. EDISON PATRICIO ABARCA PÉREZ Asesor del Trabajo de Titulación |