



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ASIENTO DE FIBRA
CARBONO PARA EL VEHÍCULO FORMULA SAE DE LA EIA
(ESPOCH) UTILIZANDO MÉTODOS DE ELEMENTOS FINITOS
Y MANUFACTURADO POR HAND LAY-UP ENFOCADO EN
REDUCIR LA RELACIÓN PESO POTENCIA.”**

**MEJÍA LLULLUNA CRITHIAN ANDRÉS
GUILCAPI CABEZAS RONNY DAVID**

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROPUESTAS TECNOLÓGICAS

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2017

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

2017-06-22

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

RONNY DAVID GUILCAPI CABEZAS

Titulado:

**“REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ASIENTO DE FIBRA CARBONO
PARA EL VEHÍCULO FORMULA SAE DE LA EIA (ESPOCH) UTILIZANDO
MÉTODOS DE ELEMENTOS FINITOS Y MANUFACTURADO POR HAND
LAY-UP ENFOCADO EN REDUCIR LA RELACIÓN PESO POTENCIA”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Carlos José Santillán Mariño

DECANO FACULTAD DE MÉCANICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Celin Abad Padilla Padilla
DIRECTOR

Ing. Milton Israel Quinga Morales

ASESOR

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

2017-06-22

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

CRISTHIAN ANDRÉS MEJÍA LLULLUNA

Titulado:

**“REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ASIENTO DE FIBRA CARBONO
PARA EL VEHÍCULO FORMULA SAE DE LA EIA (ESPOCH) UTILIZANDO
MÉTODOS DE ELEMENTOS FINITOS Y MANUFACTURADO POR HAND
LAY-UP ENFOCADO EN REDUCIR LA RELACIÓN PESO POTENCIA”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Carlos José Santillán Mariño

DECANO FACULTAD DE MÉCANICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Celin Abad Padilla Padilla
DIRECTOR

Ing. Milton Israel Quinga Morales
ASESOR

CERTIFICACION DE EXAMINACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: RONNY DAVID GUILCAPI CABEZAS

TRABAJO DE TITULACIÓN: “REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ASIENTO DE FIBRA CARBONO PARA EL VEHÍCULO FORMULA SAE DE LA EIA (ESPOCH) UTILIZANDO MÉTODOS DE ELEMENTOS FINITOS Y MANUFACTURADO POR HAND LAY-UP ENFOCADO EN REDUCIR LA RELACIÓN PESO POTENCIA”

Fecha de Examinación: 2018-15-02

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

| COMITÉ DE EXAMINACIÓN | APRUEBA | NO APRUEBA | FIRMA |
|---------------------------------------------------------------------------|---------|------------|-------|
| Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza PRESIDENTE TRIB. DEFENSA | | | |
| Ing. Celin Abad Padilla Padilla DIRECTOR | | | |
| Ing. Milton Israel Quinga Morales ASESOR | | | |

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza

PRESIDENTE TRIBUNAL.

CERTIFICACION DE EXAMINACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: CRISTHIAN ANDRÉS MEJÍA LLULLUNA

TRABAJO DE TITULACIÓN: “REDISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ASIENTO DE FIBRA CARBONO PARA EL VEHÍCULO FORMULA SAE DE LA EIA (ESPOCH) UTILIZANDO MÉTODOS DE ELEMENTOS FINITOS Y MANUFACTURADO POR HAND LAY-UP ENFOCADO EN REDUCIR LA RELACIÓN PESO POTENCIA”

Fecha de Examinación: 2018-15-02

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

| COMITÉ DE EXAMINACIÓN | APRUEBA | NO APRUEBA | FIRMA |
|---------------------------------------------------------------------------|---------|---------------|-------|
| Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza PRESIDENTE TRIB. DEFENSA | | | |
| Ing. Celin Abad Padilla Padilla DIRECTOR | | | |
| Ing. Milton Israel Quinga Morales ASESOR | | | |

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza

PRESIDENTE TRIBUNAL.

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de titulación que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Ronny David Guilcapi Cabezas

Cristhian Andrés Mejía Llulluna

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Cristhian Andrés Mejía Llulluna y Ronny David Guilcapi Cabezas, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Cristhian Andrés Mejía Llulluna

Cedula de Identidad: 150072606-0

Ronny David Guilcapi Cabezas

Cedula de Identidad: 060409807-9

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado la vida y permitirme superarme, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo a la facultad de mecánica, a mi escuela de ingeniería automotriz, maestros que fueron parte esencial en el desarrollo y conclusión de esta etapa de mi vida, a mis padres Santos y Sandra a mi hermana Dalila y sobrina Renata por su apoyo incondicional.

Cristhian Andrés Mejía Llulluna

El presente trabajo va dedicado a Dios Todopoderoso, a mis queridos padres Raúl y Viviana quienes han dedicado su vida a sacar adelante a sus hijos, a mis hermanos Glenda, Melissa, Paola y Daniel, a mi abuelita Lola a mi tío Jhon y a todos mis familiares que han puesto un granito de arena para verme culminar mi carrera.

También dedico este trabajo a mis verdaderos amigos que han estado conmigo en las buenas y en malas y me han apoyado en los momentos difíciles de mi carrera y mí día a día, muchas gracias por todo.

Ronny David Guilcapi Cabezas

AGRADECIMIENTO

A Dios por la oportunidad de estar presto las exigencias de la vida y formación profesional, a mi escuela y maestros por brindarme su conocimiento y sabiduría para lograr superar los obstáculos en transcurso estudiantil, a mi toda mi familia que siempre ha estado presente, a la empresa Setmix a cargo del ing. Guillermo Loaiza y todos sus integrantes por su aporte fundamental en mi investigación de campo.

Cristhian Andrés Mejía Llulluna

Agradezco en primer lugar a Dios Todopoderoso que me ha sostenido y sustentado todos estos años a lo largo de mi carrera y en mi vida, a mis padres Raúl y Viviana que han estado conmigo siempre en la lucha diaria para apoyarme, aconsejarme y brindarme su apoyo incondicional, a mis hermanos Glenda, Melissa, Paola y Daniel que han sido un apoyo para mí. A mi abuelita Lola que me apoyado muchísimo y no podía dejar de mencionar a mi tío Jhon que me ayudo a culminar esta carrera.

También tengo que agradecer de manera especial a la empresa SETMIX representada por el Ing. Guillermo Loayza quien nos apoyó con todo su contingente material y humano. Como no agradecer a mi querida ESPOCH y en especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz por formarme como profesional y darme herramientas para desenvolverme en la vida, de la misma manera agradezco a todos mis profesores y amigos que han dejado una huella en mi formación profesional y en mi vida.

Ronny David Guilcapi Cabezas

TABLA DE CONTENIDO

| | | |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.- | CAPÍTULO I | |
| <u>1.</u> | Marco referencial | 1 |
| 1.1 | Antecedentes | 1 |
| 1.2 | Planteamiento del problema | 3 |
| 1.3 | Justificación | 4 |
| 1.3.1 | <i>Justificación teórica</i> | 4 |
| 1.3.2 | <i>Justificación práctica</i> | 4 |
| 1.4 | Objetivos | 5 |
| 1.4.1 | <i>Objetivo general</i> | 5 |
| 1.4.2 | <i>Objetivos específicos</i> | 5 |
| 2.- | MARCO TEÓRICO. | |
| 2.1 | Elementos de seguridad | 6 |
| 2.2 | Definición de asiento | 7 |
| 2.2.1 | <i>Diferencia entre una butaca deportiva y un asiento de serie.</i> | 7 |
| 2.2.2 | <i>Características que deben presentar los asientos</i> | 8 |
| 2.2.3 | <i>Influencia del asiento deportivo en el consumo.</i> | 9 |
| 2.2.4 | <i>Consideraciones entre los asientos de serie y los asientos de materiales compuestos.</i> .. | 9 |
| 2.3 | Fórmula SAE (society of automotive engineers). | 9 |
| 2.3.1 | <i>Inicios de la fórmula SAE.</i> | 9 |
| 2.4 | Reglas de la fórmula SAE | 10 |
| 2.4.1 | <i>Apertura de la cabina.</i> | 12 |
| 2.4.2 | <i>Cortafuegos y sus consideraciones principales.</i> | 13 |
| 2.4.3 | <i>Visibilidad del conductor</i> | 14 |
| 2.4.3.1 | <i>Requisito general</i> | 14 |
| 2.4.3.2 | <i>Salida del conductor</i> | 14 |
| 2.5 | <i>Antropometría</i> | 14 |
| 2.5.1 | <i>Historia de la Antropometría</i> | 14 |
| 2.5.2 | <i>Definición de antropometría</i> | 15 |
| 2.5.4 | <i>Importancia de la Antropometría.</i> | 16 |
| 2.6 | <i>Ergonomía</i> | 16 |
| 2.6.1 | <i>Ergonomía en la industria automotriz</i> | 16 |
| 2.7 | <i>Materiales compuestos</i> | 17 |
| 2.7.1. | <i>Funciones de las fibras y la matriz</i> | 18 |

| | | |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.7.2 | <i>Características especiales de los “composites” frente a los materiales tradicionales</i> | 18 |
| 2.7.2.1 | <i>Tipo de fibra</i> | 21 |
| 2.7.2.2 | <i>Fibra de carbono</i> | 21 |
| 2.7.2.3 | <i>Tipo de matriz</i> | 22 |
| 2.7.2.4 | <i>Fabricación de materiales compuestos</i> | 22 |
| 2.7.2.5 | <i>La pultrusión</i> | 22 |
| 2.8 | <i>Demanda de materiales compuestos, por su resistencia y tensión específica</i> | 23 |
| 2.9 | <i>Fibra de carbono</i> | 25 |
| 2.9.1 | <i>Origen de la fibra de carbono</i> | 25 |
| 2.9.3 | <i>Concepto de Fibra de Carbono</i> | 27 |
| 2.9.3.1 | <i>Material precursor de la fibra de carbono</i> | 27 |
| 2.9.3.2 | <i>Fibras inorgánicas</i> | 28 |
| 2.9.3.4 | <i>Fibras sintéticas</i> | 28 |
| 2.9.3.5 | <i>Fibras naturales</i> | 29 |
| 2.9.4 | <i>Propiedades principales del carbono</i> | 29 |
| 2.9.5 | <i>Uso y aplicaciones</i> | 30 |
| 2.9.6 | <i>Composición</i> | 31 |
| 2.9.6.2 | <i>Consideraciones en el proceso de fabricación de la fibra de carbono</i> | 31 |
| 2.9.6.3 | <i>Proceso para la obtención de la fibra de Carbono</i> | 31 |
| 2.9.10 | <i>La fibra de carbono en la industria automotriz</i> | 32 |
| 2.9.11 | <i>Fibra de Carbono para autos más livianos y menos contaminantes</i> | 32 |
| 2.10 | <i>Fibra de vidrio</i> | 32 |
| 2.10.1 | <i>Concepto de Fibra de Vidrio</i> | 32 |
| 2.10.2 | <i>La fibra de vidrio y propiedades</i> | 33 |
| 2.10.2.1 | <i>Resistencia química</i> | 33 |
| 2.10.2.2 | <i>Peso ligero</i> | 34 |
| 2.10.2.3 | <i>Bajo mantenimiento</i> | 34 |
| 2.10.2.4 | <i>Aislamiento eléctrico</i> | 34 |
| 2.10.2.5 | <i>Versatilidad</i> | 34 |
| 2.10.2.6 | <i>Excelente aislante térmico</i> | 34 |
| 2.10.2.7 | <i>Económico</i> | 34 |
| 2.10.1 | <i>Fibra de vidrio en comparación con diferentes fibras</i> | 35 |
| 2.10.2 | <i>Fibras de refuerzo</i> | 35 |
| 2.10.2.1 | <i>Fibras de vidrio</i> | 35 |
| 2.10.2.2 | <i>Fibras de grafito</i> | 36 |
| 2.10.2.3 | <i>La pirolisis</i> | 36 |

| | | |
|----------|------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.11.1 | <i>Concepto de Resina</i> | 36 |
| 2.11.1.2 | <i>Resina termoestable</i> | 36 |
| 2.11.1.3 | <i>Reticulación</i> | 37 |
| 2.11.2 | <i>Resina epoxi</i> | 37 |
| 2.11.2.1 | <i>Proceso de curado de resina epoxi</i> | 37 |
| 2.11.3 | <i>Epóxidos y sus Propiedades</i> | 38 |
| 2.11.3.1 | <i>Aplicaciones de los epóxidos</i> | 38 |
| 2.11.3.2 | <i>Siliconas</i> | 38 |
| 2.11.3.3 | <i>Polipropileno</i> | 38 |
| 2.11.3.4 | <i>Poliamidas</i> | 38 |
| 2.11.3.5 | <i>Poliuretanos</i> | 39 |
| 2.11.3.6 | <i>Poliamidas aromáticas</i> | 39 |
| 2.11.3.7 | <i>Alquídicas</i> | 39 |
| 2.12 | <i>Relación peso potencia</i> | 39 |
| 2.12.1 | <i>Cómo calcular relación entre peso y potencia</i> | 40 |
| 2.12.2 | <i>Importancia de la relación peso potencia en coches</i> | 40 |
| 2.13 | <i>Método Manual de Materiales Compuestos (hand lay-up)</i> | 41 |
| 2.14 | <i>Cálculo de fuerzas y elasticidad en un material compuesto</i> | 41 |
| 2.15 | <i>Benchmarking</i> | 43 |
| 3. | DISEÑO Y CONTRUCCIÓN | 44 |
| 3.1 | <i>Escáner 3D</i> | 44 |
| 3.1.1 | <i>Spacecleam</i> | 44 |
| 3.2 | <i>Parámetros del diseño</i> | 45 |
| 3.2.2 | <i>hipótesis nula:</i> | 45 |
| 3.2.3 | <i>hipótesis alterna:</i> | 45 |
| 3.2.3 | <i>Diagrama de desarrollo firewall y asiento FSAE</i> | 45 |
| 3.3 | <i>Criterios de espacio</i> | 46 |
| 3.4 | <i>Cargas sobre el asiento y firewall</i> | 47 |
| 3.5. | <i>Análisis CAE (Computer Aided Engineering)</i> | 47 |
| 3.5.1 | <i>Análisis por tensión plana</i> | 47 |
| 3.6.2 | <i>Variables Dependientes</i> | 48 |
| 3.6.3 | <i>Relación entre variables</i> | 48 |
| 3.7 | <i>Desarrollo de las fases de diseño</i> | 48 |
| 3.7.1 | <i>Diseño Conceptual</i> | 48 |
| 3.7.2 | <i>Modelado del asiento asistido por software</i> | 49 |
| 3.7.2.1 | <i>Modelado geométrico del asiento</i> | 49 |
| 3.7.3 | <i>Escenario de Simulación</i> | 49 |

| | | |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.7.4 | <i>Asignación de las propiedades de la fibra de Carbono</i> | 50 |
| 3.8 | Cálculos para la validación en Ansys..... | 50 |
| 3.8.1 | <i>Fuerza de frenado del vehículo</i> | 50 |
| 3.8.2 | <i>Fuerza centrífuga producida por el piloto</i> | 50 |
| 3.8.2 | <i>Peso del piloto</i> | 51 |
| 3.8.3 | <i>Asignación del peso del conductor</i> | 51 |
| 3.8.4 | <i>Asignación de la Torsión generada por la fuerza centrífuga</i> | 51 |
| 3.8.8 | <i>Momento de flexión generado por la fuerza de frenado M_{tyFc}</i> | 52 |
| 3.9 | Rediseño y Análisis de conjuntos FSAE fibra de carbono y cabuya. | 52 |
| 3.9.1 | <i>Geometría y posición original del conjunto asiento y firewall proporcionado por escáner 3D.</i> | 52 |
| 3.9.2 | <i>Rediseño asiento FSAE con matriz de resina epoxi y refuerzo de fibras de vidrio y carbono.</i> | 54 |
| 3.9.2.1 | <i>Centro de gravedad asiento FSAE de resina epoxi y fibras de vidrio y carbono.</i> | 54 |
| 3.9.3 | Rediseño del firewall de FSAE | 55 |
| 3.9.4 | <i>Nueva posición del conjunto asiento-firewall FSAE</i> | 55 |
| 3.10. | Análisis aerodinámico..... | 57 |
| 3.10.1. | <i>Mecánica de fluidos computacional CFD</i> | 57 |
| 3.10.1.1 | <i>Análisis del asiento de fibra de cabuya en relación a su posición y geometría original</i> | 57 |
| 3.10.1.2 | <i>Detalles de la simulación aerodinámica acerca del asiento FSAE fibra de cabuya.</i> .. | 58 |
| 3.10.1.3 | <i>Velocidad sobre asiento de fibra de cabuya.</i> | 59 |
| 3.10.1.4 | <i>Presión asiento de fibra de cabuya.</i> | 61 |
| 3.10.1.5 | <i>Análisis del asiento de fibra de carbono basados en el rediseño.</i> | 63 |
| 3.10.1.6 | <i>Presión de aire sobre el asiento FSAE fibra de carbono.</i> | 64 |
| 3.10.1.7 | <i>Velocidad del aire sobre el conjunto asiento-firewall y asiento FSAE de fibra de carbono</i> .. | 65 |
| 3.10.1.8 | <i>Turbulencia cinética</i> | 67 |
| 3.11 | Análisis estático asiento FSAE matriz de resina epoxi y refuerzo de fibras de vidrio y carbono..... | 67 |
| 3.11.1 | <i>Discretización</i> | 68 |
| 3.11.1.1 | <i>Centro de gravedad.</i> | 68 |
| 3.11.1.2 | <i>Asignación de soportes fijos.</i> | 69 |
| 3.11.1.3 | <i>Fuerza de frenado del vehículo.</i> | 70 |
| 3.11.1.4 | <i>Fuerza centrífuga</i> | 70 |
| 3.11.1.5 | <i>Peso ejercido por el piloto</i> | 71 |
| 3.11.1.6 | <i>Presión ejercido por el piloto</i> | 72 |

| | | |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.11.17 | <i>Momento torsor generado por la fuerza centrífuga.</i> | 72 |
| 3.11.1.8 | <i>Momento creado por fuerza de frenado (momento flector).</i> | 73 |
| 3.11.1.9 | <i>Temperatura externa del motor.</i> | 74 |
| 3.12 | Simulación | 74 |
| 3.12.1 | <i>Resultados del análisis con la herramienta static structural.</i> | 74 |
| 3.12.2 | <i>Resultados del análisis con la herramienta fluid flow (fluent).</i> | 75 |
| 3.13 | Deformación total asiento FSAE matriz de resina epoxi y refuerzo de fibra de vidrio y carbono. | 75 |
| 3.13.1 | <i>Análisis estático estructural al elevar sus cargas en 10.</i> | 76 |
| 3.14 | Factor de seguridad asiento FSAE matriz de resina epoxi y refuerzo de fibra de vidrio y carbono. | 77 |
| 3.15 | Stress equivalente asiento FSAE matriz de resina epoxi y refuerzo de fibra de vidrio y carbono. | 78 |
| 3.16 | Diagrama de esfuerzo máximo asiento FSAE matriz de resina epoxi y refuerzo de fibra de vidrio y carbono. | 79 |
| 3.17 | Construcción del equipo. | 80 |
| 3.17.1 | <i>Selección del material de refuerzo para la matriz</i> | 80 |
| 3.17.2 | <i>Obtención del negativo</i> | 81 |
| 3.17.1 | <i>Manufactura del Asiento FSAE.</i> | 81 |
| 3.17.1.1 | <i>Definición y selección del proceso de Manufactura</i> | 81 |
| 3.18 | Proceso de Manufactura Asiento FSAE. | 82 |
| 3.18.1 | <i>Obtención del molde base o negativo</i> | 82 |
| 3.18.2 | <i>Impregnación o saturación de lámina de carbono</i> | 82 |
| 3.18.3 | <i>Capa con fibra de vidrio de 600 g</i> | 83 |
| 3.18.4 | <i>Capa de refuerzo</i> | 84 |
| 3.18.5 | <i>Reticulación o Curado</i> | 85 |
| 3.18.6 | <i>Colocación de endurecedor</i> | 85 |
| 3.18.7 | <i>Perforación de agujeros para el cinturón de 5 puntos</i> | 86 |
| 3.18.8 | <i>Contornos</i> | 87 |
| 3.18.9 | <i>Comprobación de la reducción del peso del Asiento</i> | 87 |
| 3.19 | Pruebas y funcionamiento | 88 |
| 3.19.1 | <i>Caracterización del material</i> | 88 |
| 3.19.1.1 | <i>Desarrollo de las probetas según la norma ASTM D790</i> | 88 |
| 3.20 | Caracterización del material. | 89 |
| 3.20.1 | <i>Desarrollo de probetas según la norma ASTM D790</i> | 89 |
| 3.21 | Ensayo de resistencia a la tracción. | 89 |
| 3.22 | Ensayo de resistencia a la flexión | 92 |

| | | |
|--------|------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.23 | Ensayo de impacto | 95 |
| 3.24 | Análisis de resultados..... | 102 |
| 3.25 | Relación peso potencia del prototipo FSAE | 102 |
| 3.25.1 | <i>Cálculo de relación peso potencia prototipo FSAE original</i> | 102 |
| 3.25.2 | <i>Cálculo de relación peso potencia prototipo FSAE original</i> | 103 |
| 3.25.3 | <i>Razón de reducción</i> | 103 |
| 4.- | ESTUDIOS DE COSTO | 104 |
| 4.1 | Análisis de costos..... | 104 |
| 4.1.2 | <i>Costos Directos</i> | 104 |
| 4.1.3 | <i>Costos Indirectos</i> | 107 |
| 4.1.4 | <i>Costos totales del Proyecto</i> | 107 |
| 4.2 | Valor acumulado neto (VAN)..... | 108 |
| 4.3 | Tasa de interna de retorno (TIR)..... | 108 |
| 4.4 | Conclusiones | 109 |
| 4.5 | Recomendaciones..... | 110 |

BIBLIOGRAFÍA

[ANEXOS](#)

INDICE DE TABLAS

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabla 1-2: Propiedades mecánicas de laminados unidireccionales (volumen de fibra =60%) . . | 20 |
| Tabla 2-2: Módulo de Young (E), resistencia a la tracción (σ) de las fibras de carbono. | 21 |
| Tabla 3-2: Módulos de Young y módulo específicos de distintos materiales..... | 25 |
| Tabla 4-2: Características mecánicas de distintas fibras naturales y sintéticas..... | 30 |
| Tabla 5-2: Módulo de tensión, resistencia a la tracción y densidad de las resina. | 37 |
| Tabla 6-2: BMW M4 GTS Vs Nissan GT-R NISMO..... | 40 |
| Tabla 7-3: Literatura técnica asiento FSAE de fibras de carbono..... | 50 |
| Tabla 8-3: Tabla de resultado de simulación aerodinámica. | 62 |
| Tabla 9-3: Resultados de ensayo de resistencia a la tracción..... | 91 |
| Tabla 10-3: Resultados de ensayo obtenidos en el ensayo de resistencia a la flexión. | 94 |
| Tabla 11-3: Datos obtenidos del ensayo de impacto..... | 95 |
| Tabla 12-3: Datos obtenidos con el ensayo de aluminio..... | 97 |
| Tabla 13-3: Datos de ensayo acero A36. | 97 |
| Tabla 14-3: Datos obtenidos de los ensayos materiales ligeros y fibra de Carbono..... | 98 |
| Tabla 15-4: Datos obtenidos del Ensayo de Charpy de fibra de cabuya. | 99 |
| Tabla 16-4: Comparación de resultados de ensayo Charpy entre el material compuesto y fibra de cabuya tomando los 5 valores más altos para caracterizar. | 101 |
| Tabla 17-3: comparación del material compuesto y fibra de cabuya..... | 102 |
| Tabla 18-4: Materiales y costos de los negativos del asiento..... | 104 |
| Tabla 19-4: Materiales y costos realizados en la construcción del Asiento en Fibra de Carbono. | 105 |
| Tabla 20-4: Lista de costos y precios de forro de cuero del asiento | 105 |
| Tabla 21-4: Costos de construcción. | 106 |
| Tabla 22-4: Costo de ensayos. | 106 |
| Tabla 23-4: Costo de manufactura..... | 106 |
| Tabla 24-4: Costos Indirectos. | 107 |
| Tabla 25-4: Costos totales del Proyecto. | 107 |
| Tabla 26-4: Valores primer, segundo y tercer año | 108 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1-2. Asiento deportivo de carbono, acolchado, más de dos puntos de sujeción | 8 |
| Figura 2-2. Competencia fórmula SAE concentración Texas EEUU. | 10 |
| Figura 3-2. Posición vertical del segundo aro | 12 |
| Figura 4-2. Material compuesto resultado de la unión de fibras más resina | 17 |
| Figura 5-2. Procesos para la obtención de un material compuesto | 22 |
| Figura 6-2. Diagrama esfuerzo deformación de la matriz, refuerzo, y el resultado (compuesto) | 24 |
| Figura 7-2. Fibra de carbono en forma de hilo almacenada en rollos | 27 |
| Figura 8-2. Fibra de carbono tejido formando una lámina..... | 28 |
| Figura 9-2. Clasificación de diferentes fibras | 29 |
| Figura 10-2. Fibra de vidrio y su tejido | 33 |
| Figura 11-2. Cálculos de número láminas de carbono..... | 41 |
| Figura 12-2. Deformaciones transversales | 42 |
| Figura 13-3. Diagrama de flujo firewall | 45 |
| Figura 14-3. Diagrama de asiento FSAE | 46 |
| Figura 15-3. Asiento FSAE escaneado | 53 |
| Figura 16-3. Firewall FSAE escaneado | 53 |
| Figura 17-3. Asiento FSAE de fibras de carbono, vidrio y resina epoxi. | 54 |
| Figura 18-3. Centro de gravedad asiento FSAE de carbono..... | 54 |
| Figura 19-2. Firewall FSAE de resina de poliéster y fibra de cabuya | 55 |
| Figura 20-3. Conjunto asiento FSAE de fibras de carbono, vidrio y resina epoxi y firewall de resina de poliéster y fibra de cabuya | 56 |
| Figura 21-3. Asistente de taladro de 0.005 m de diámetro | 56 |
| Figura 22-3. Asiento de fibra de cabuya en relación a su posición y geometría..... | 58 |
| Figura 23-3. Asiento FSAE de resina epoxi y fibras de vidrio y carbono rediseñado. | 63 |
| Figura 24-3. Soportes fijos..... | 69 |
| Figura 25-3. Fuerza de frenado. | 70 |
| Figura 26-3. Fuerza centrífuga..... | 71 |
| Figura 27-3. Peso ejercido por el piloto..... | 71 |
| Figura 28-3. Presión ejercido por el piloto. | 72 |
| Figura 29-3. Momento tórsor generado por la fuerza centrífuga. | 73 |
| Figura 30-3. Momento creado por fuerza de frenado (momento flector). | 73 |
| Figura 31-3. Temperatura externa del motor. | 74 |
| Figura 32-3. Cargas sobre asiento elevadas en 10 | 76 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 33-3. Obtención del negativo..... | 82 |
| Figura 34-3: saturación de fibra..... | 83 |
| Figura 35-3: Capa de fibra de vidrio para proporcionar espesor y elongación alta. | 84 |
| Figura 36-3: Capa de refuerzo. | 84 |
| Figura 37-3. Reticulación de 24 horas | 85 |
| Figura 38-3: Relleno con endurecedor..... | 86 |
| Figura 39-3: Perforación para de cinturón puntos. | 86 |
| Figura 40-3: Corrección de arista vivas. | 87 |
| Figura 41-3: Probetas para Ensayo de Tracción. | 92 |
| Figura 42-3. Probetas de Ensayo para Flexión | 95 |
| Figura 43-3. Probetas de Impacto | 96 |
| Figura 44-4 Probetas de Fibra de Cabuya normalizadas carrocería..... | 100 |
| Figura 45-4 Probetas de Fibra de Cabuya normalizadas asiento. | 100 |
| Figura 46-4 Patrones de rotura normalizados carrocería y asiento FSAE. | 100 |

INDICE DE GRÁFICOS

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfico 1-2. Restricción de la posición relativa del casco con una línea imaginaria del primer al segundo aro | 11 |
| Gráfico 2-2. Restricción de la posición relativa del casco con una línea imaginaria del segundo aro al triángulo trasero | 11 |
| Gráfico 3-2. Medidas en específicas del percentil 95% | 12 |
| Gráfico 4-2. Valores mínimos de seguridad en salida de la cabina..... | 13 |
| Gráfico 5-2. Avance composites vs fuerza específica (tensión entre densidad) | 24 |
| Gráfico 6-2. Resistencia específica y módulo específico de diferentes fibras. | 35 |
| Gráfico 7-3. Centro de gravedad asiento FSAE de carbono | 54 |
| Gráfico 8-3. Pasos para simulación aerodinámica | 59 |
| Gráfico 9-3. Velocidad sobre asiento FSAE de fibra de cabuya..... | 60 |
| Gráfico 10-3. Consideración para rediseño..... | 60 |
| Gráfico 11-3. Presión sobre el conjunto de fibra de cabuya. | 61 |
| Gráfico 12-3. Presión sobre el asiento de fibra de cabuya | 62 |
| Gráfico 13-3. Consideraciones para el conjunto y asiento FSAE. | 64 |
| Gráfico 14-3. Presión sobre el asiento FSAE de fibra de carbono..... | 65 |
| Gráfico 15-3. Velocidad sobre el asiento y firewall FSAE de fibra de carbono. | 66 |
| Gráfico 16-3. Velocidad sobre el asiento FSAE de fibra de carbono | 66 |
| Gráfico 17-3. Turbulencia cinética sobre el asiento y firewall fsae de fibra de carbono. | 67 |
| Gráfico 18-3. Centro de gravedad asiento, piloto y conjunto..... | 68 |
| Gráfico 19-3. Asiento y firewall FSAE de fibra de carbono detalle de la simulación. | 69 |
| Gráfico 20-3. Deformación total asiento FSAE | 75 |
| Gráfico 21-3. Deformación total al elevar sus cargas en 10..... | 77 |
| Gráfico 22-3. Factor de seguridad..... | 78 |
| Gráfico 23-3. Factor de seguridad al elevar sus cargas en 10. | 78 |
| Gráfico 24-3. Stress equivalente asiento FSAE matriz de resina epoxi y refuerzo de fibra de vidrio y carbono. | 79 |
| Gráfico 25-3. Stress equivalente al elevar sus cargas en 10..... | 79 |
| Gráfico 26-3. Diagrama de esfuerzo máximo. | 80 |
| Gráfico 27-3. Diagrama de esfuerzo máximo al elevar sus cargas en 10..... | 80 |
| Gráfico 28-3. Comprobación del peso. | 88 |
| Gráfico 29-3. Curva esfuerzo deformación en porcentaje ensayo de tracción..... | 90 |
| Gráfico 30-3. Curva esfuerzo deformación ensayo de tracción | 90 |
| Gráfico 31-3. Dimensiones de Probeta para Ensayo de Tracción. | 91 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gráfico 32-3 Esfuerzo deformación ensayo de flexión..... | 92 |
| Gráfico 33-3. Esfuerzo deformación ensayo de flexión..... | 93 |
| Gráfico 34-3. Dimensiones de la Probeta para ensayos para Flexión. | 94 |
| Gráfico 35-3. Dimisiones de la Probeta de Impacto | 96 |
| Gráfico 36-3. Ensayo de Impacto de materiales ligeros y fibra de Carbono..... | 98 |
| Gráfico 37-4 condiciones de ensayo cabuya. | 99 |
| Gráfico 38-4. Ensayo de Charpy sometido a la fibra de cabuya. | 101 |

SIMBOLOGÍA

| | |
|---------------------------------------|------------------|
| J Julios | J |
| m masa | Kg |
| a Aceleración | m/s ² |
| Fc Fuerza Centrífuga | N |
| V Velocidad del vehículo | Km/h |
| W Peso | W |
| g Gravedad | m/s ² |
| r Radio de curva de la pista | m |
| We Peso sobre el asiento | N |
| Wa Peso sobre el respaldo del asiento | N |
| Pe Presión sobre el espaldar | Pa |
| Ae superficie del espaldar | m ² |
| X Coordenada del centro de masa | m |
| Y Coordenada del centro de masa | m |
| Z Coordenada del centro de masa | m |
| MtFf Momento de Flexión | N.m |
| MtFc Momentos de Torsión | N.m |

LISTA DE ABREVIACIONES

| | |
|--------|--------------------------------------------|
| SAE | Society of Automotive Engineers |
| FSAE | Fórmula Society of Automotive Engineers |
| ESPOCH | Escuela Superior Politécnica de Chimborazo |
| ANSYS | Computer-Aided Engineering Software |
| ASTM | American Society For Testing Materials |
| MEF | Método de Elemento Finito |
| CAD | Computer-Aided Design and Drafting |
| CAE | Computer- Aided Engineering |
| FIA | Head and Neck Support Systems |

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO A** Reglamentación Fórmula SAE 2015
- ANEXO B** Ficha Técnica Propiedades Mecánicas de la Fibra de Carbono
- ANEXO C** Planos rediseño asiento de fibra de carbono y firewall
- ANEXO D** Tablas de datos obtenidos en los Ensayos en el CFPMC y avalados

RESUMEN

El trabajo de titulación presente se basa en el rediseño de un asiento para el FSAE de la carrera de ingeniería automotriz ESPOCH basados en el estudio de un asiento y firewall ergonómico, en el planteamiento del problema se determinó dos problemas el peso y la resistencia que son de influencia en el comportamiento del vehículo de carrera como tal, así que se opta por el cambio de material original por un composite de matriz polimérica epoxi y un refuerzo de fibras de vidrio y carbono que ayuda a reducir significativamente el peso y aumenta la resistencia, la propuesta tecnológica tenía un objetivo principal reducir la relación peso potencia del automóvil de la EIA. El análisis CAE es de importancia en el presente estudio ya que sirve como guía para el postproceso, validados por los resultado que proporciona la simulación aerodinámica y estática estructural del software Ansys que utiliza método de elemento finito para la cargas estáticas y CFD mecánica computacional de fluidos para resultado de aerodinámica, para la manufactura del asiento se utiliza el método hand lay-up que es un proceso a molde abierto utilizado por la factibilidad que proporciona, se utilizó tres capas de carbono de 600 gr y con módulo de Young de 230 GPa y una capa de fibra de vidrio de 600 gr para proporción al compuesto un porcentaje de elongación alto dando excelentes resultados al momento de la caracterización del material validado por el centro de fomento productivo metal mecánico y carroceros, con respecto a la relación peso potencia se logra reducir un 5 % que es una diferencia significativa favorable para el presente trabajo de titulación logrando el objetivo principal.

PALBRAS CLAVE <INGENIERÍA ASISTIDA POR COMPUTADORA (CAE)>, <MECÁNICA COMPUTACIONAL DE FLUIDOS (CFD)>, <MÉTODO DE ELEMENTO FINITO> <FORMULA SOCIETY AUTOMOTIVE ENGINEERS (FSAE)>, <HAND LAY-UP>, <MOLDE ABIERTO>, <CARACTERIZACION>, <RELACIÓN PESO POTENCIA> <ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ (EIA)>, <ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO (ESPOCH)>

ABSTRACT

The present qualification work is based on the redesign of a seat for the FSAE of the automotive engineering career ESPOCH based on the study of a seat and ergonomic firewall, in the approach of the problem two problems were determined the step and the resistance that are of influence on the behavior of the race vehicle as such, so we opt for the change of original material by an epoxy polymer matrix composite and a reinforcement of glass and carbon fibers that helps to significantly reduce the weight and increase the resistance, The main purpose of the technological proposal is to reduce the power to weight ratio of the EIA car. The CAE analysis is of importance in the present study as it serves as a guide for post-processing, Validated by the results provided by the aerodynamic and static simulation and CFM of computational fluid mechanics for aerodynamic results, for the manufacture of the seat the hand lay-up method is used, which is an open mold process used for the feasibility it provides, three layers of carbon of 600 gr and with Young's modulus of 230 Gpa and a fiberglass layer of 600 gr were used to proportion to the compound a percentage of high elongation giving excellent results at the time of the characterization of the material validity by the center of productive development of mechanical metal and bodybuilding, with respect to the weight ratio of the ability to achieve a 5% reduction, which is a significant difference in favor of the present titling work, achieving the main objective.

Keywords: <TECHNOLOGY, ENGINEERING SCIENCES>, <COMPUTER ASSISTED ENGINEERING (CAE)>, <COMPUTATIONAL FLUID MECHANICS (CFM)>, <FINITE ELEMENT METHOD (FEM)>, <FORMULA SOCIETY AUTOMOTIVE ENGENIEERS (FSAE) >, <HAND LAY -UP (CONSTRUCTION METHOD)>, <OPEN MOLD>, <CHARACTERIZATION>, <POWER WEIGHT RELATIONSHIP>.

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes

El precursor de la fibra de carbono fue Thomas Alva Edison en 1879 en su estudio de la bombilla eléctrica, al quemar fibras de algodón y bambú logró mejorar sus propiedades mecánicas, en sus anotaciones describe como las fibras al carbonizarse mejoran la resistencia y módulo específico, a partir de esto, estudios como el de Akio Shingo en Japón investigando al poliacrilonitrilo (PAN) tratado térmicamente logrando un módulo a la tracción de 140 GPa (Bradley, 2017).

Bacon en el 1958 con su estudio de filamento de grafito con una resistencia a la atracción de 2000 kg/mm² (20 GPa) y módulos de tracción 700 GPa. En el reino unido Watt, Philips y Johnson en sus estudios de procesos conocidos como estabilización y carbonización alcanzado módulos de 145 GPa a 1000 °C y 414 GPa a 2500 °C. Cualidades no conocidas en estudios contemporáneos (Bradley, 2017).

En 1970 Toray compro los derechos para fabricar fibra de carbono llamadas Torayca T800H logrando módulos de tracción de 295 GPa y resistencia a la tracción de 7.06 GPa para su posterior introducción y avance masivo en la industria en los años 1980, 1990, 2000 y 2010, estas características son muy importantes en el diseño de elementos de máquinas, su baja densidad es una propiedad importante para la mecánica (Bradley, 2017).

Las cualidades importantes que posee el carbono hace que estas fibras sean llamativas para formar parte de la industria aeroespacial, militar, naval y más para el ámbito automotriz, que siempre en autos de competición se intenta reducir la relación peso potencia, que es nuestro principal objetivo en la presente investigación, sin afectar la integridad estructural sino al contrario mejorarla (Bradley, 2017).

En sus inicios la resinas aplicadas con algunos métodos como injerto químico, método electroquímico, provocaban reacciones oxidantes ayudando a la degradación de las fibras y por ende la resistencia la tracción, así que los nuevos estudios están guiados a no dañar la fibra sino

más bien en proporcionar cualidades mecánicas necesarias como resistencia a la tracción sin sacrificar la inercia en ciertas autopartes (Dong, y otros, 2017).

La resina epoxy es muy utilizada en muchos campos por su gran facilidad de adaptarse a medio, ya que agrega resistencia sin afectar en demasía al peso, estas características se toman en cuenta al presente estudio, el rediseño del asiento del FSAE de la Escuela de Ingeniería Automotriz de la ESPOCH que va a ser un elemento que estará sometido a muchos esfuerzos y necesita una rigidez adecuada al momento de encontrarse en movimiento (Dong, y otros, 2017) .

Al pasar los años la FSAE adquirió experiencia en todo sentido en las carreras, implantando y dejado exponer en las pista los diseños y consideraciones de los ingenieros automotrices, para mejorar la eficiencia aerodinámica ya sea con adecuaciones en la carrocería, materiales de industrias aeronáuticas al campo automotriz, todo esto para tener estándares fijos de seguridad y diseño, logrando establecer un idea del modelo ideal de auto para pista (SAE intenational, 2016).

Con respecto al asiento del FSAE de la EIA en este estudio se intenta conservar al máximo las medidas del asiento, fieles a la reglas establecidas por la FSAE adoptando al percentil 95 como la medida estándar dictadas textualmente, llegando a tener un cupo para la inspección técnica de las medidas adecuadas de dicha autoparte. (SAE intenational, 2016).

El presente trabajo de titulación promueve la incursión en el tratado de materiales compuestos, que es una buena forma de hacer a los autos más eficientes energéticamente, ya que la densidad por metro cuadrado de la fibra de carbono más la resina es baja (SAE intenational, 2016).

Software CAE y CAD como ANSYS, que utiliza el método de elemento finito para predecir el comportamiento de los materiales y estructuras complejas, es muy utilizado para ver las características del modelo sin afectar al mismo, para poder visualizar el desempeño estático y dinámico del elemento de máquina, propiedades importantes a la hora del diseño (Shetty , y otros, 2017).

En este caso de estudio la autoparte para la simulación es el asiento del FSAE, con el propósito definir cuál sería la resistencia y rigidez que debería tener el modelo, los resultados son lo más cercanos a la realidad, para obtener números de resistencia a la tracción y módulos de tracción del asiento del FSAE de la EIA (Shetty , y otros, 2017).

El objetivo principal es bajar la relación peso potencia, reduciendo el peso del asiento del FSAE, con esta propuesta tecnológica se incentiva el estudio de materiales compuestos y su tratado, con las debidas pruebas físicas y virtuales que son esenciales en proyectos de este tipo, la relación

peso potencia es indicador de cuanta eficiencia y aceleración posee el motor sumado a la carrocería (Autoscout24, 2017).

Los autos de competencia están restringidos por su consumo, se necesita ir más rápido que los demás, así que la mejor opción para este caso sería la implantación de materiales compuestos para lograr el objetivo principal en el presente caso de estudio, ayudado por el carbono, la resina epoxi y el diseño, con la reducción de la oposición al avance, logrando aumentar la velocidad en la pista si sacrificar la integridad del asiento del FSAE de la EIA (Autoscout24, 2017).

1.2 Planteamiento del problema

La incidencia del peso es vital en el desempeño total del vehículo, ya que mientras más densos sean sus materiales, el esfuerzo que realiza el motor es mayor, haciendo que el rendimiento sea menor, tomando en consideración al reducir la densidad en ciertas autopartes y más si se manufacturan con formas aerodinámicas, se puede conseguir una mejor de la eficiencia energética, sin hacer algún cambio significativo en el interior del motor de combustión interna.

El FSAE de la EIA de la ESPOCH consta con un asiento de fibra de cabuya que es pesado aunque posea una forma aerodinámica adecuada, ya que el carbono posee una densidad baja, pero acompañado de un límite alto de cedencia a la fluencia, estas características son muy llamativas en el mundo del automovilismo de elite y se implantara este material en el asiento ya existente

El principal problema es la densidad del material, ya que la cabuya posee más densidad que el carbono. En las competencias se necesita la mayor velocidad pero con seguridad en todo momento, proporcionando un bienestar al momento de conducir, es decir el piloto en la carrera se siente más si cabe el término confiado para lograr las tácticas y maniobras adecuadas dictadas para ganar la carrera con mayor eficiencia.

Los principales consumidores de potencia son la resistencia al avance tiene que ver con la geometría y la densidad con los materiales de manufactura, así que estos se pueden tomar como los factores principales a considerar para mejorar la eficiencia aerodinámica, que tiene que ver con el c_d (coeficiente drag) respecto a c_l (coeficiente lift o downforce).

1.3 Justificación

Se realiza el estudio de la implementación de nuevos materiales en el campo automotriz como es el caso de la fibra de carbono, siendo muy reducida la aplicación de este en el mercado nacional. Dicho material tiene excelentes propiedades mecánicas y sobre todo la conformación y maleabilidad pudiendo de esta manera reducir el peso muerto del Formula SAE y utilizar la potencia disponible del motor.

Considerando que la fibra de carbono tiene una baja densidad; propiedad que pueden ser de gran validez en el ámbito de integridad estructural al momento de una competencia y finalmente reducir el peso, aportando de esta manera al sector automotriz nacional con nuevas tecnologías para el desarrollo sustentable del país.

1.3.1 *Justificación teórica*

El FSAE de la EIA ESPOCH consta de materiales de densidad alta, aportando un incremento a la relación peso potencia, siendo este un punto desfavorable al momento de la competencia, razón que ha motivado la presente investigación a considerar las principales características de la fibra de carbono, como un material relevante para aplicaciones automotrices.

La fibra de carbono cuenta con una baja densidad y alta resistencia en su estructura intermolecular, todas estas características favorecen a la construcción de elementos más ligeros y de mejores características mecánicas, lo que permitirá que el desempeño mejore en pista, logrando los resultados para los que fue concebido (Dong, y otros, 2017).

1.3.2 *Justificación práctica*

La principal prioridad en las competencias elite es tener a disposición la mayor potencia del motor a plena carga ya que están presentes restricciones de combustible y de potencia, el mejor camino sería disminuir peso en ciertas o la mayoría de autopartes, ya que si se reduce la relación peso potencia es una buena estrategia al momento de aprovechar esos caballos extra, puesto a que eso si está permitido en ingeniería automotriz, reducir el consumo y mejorar la eficiencia energética.

La reducción de esta relación es muy importante en el campo automotriz, ya que este es un indicador de cuan eficiente de forma global es el automotor. En el FSAE de la Escuela de

Ingeniería Automotriz, con la adhesión de la nueva autoparte se reducirá dicha relación ayudando a disminuir la carga del motor aprovechando un porcentaje de los caballos consumidos por el peso extra de ciertos elementos del vehículo antes mencionado.

1.4 Objetivos

1.4.1 *Objetivo general*

- Diseñar un asiento a base de fibra de carbono por el método de elementos finitos y manufacturado por el proceso de hand lay-up para disminuir la relación peso potencia del vehículo formula SAE de la EIA (ESPOCH).

1.4.2 *Objetivos específicos*

- Estudiar las características del material que se empleará en el asiento, que consta en las bases de datos de la ESPOCH y que cumpla con las exigencias de la competencia de la fórmula SAE.
- Diseñar y simular un asiento para el fórmula SAE con un software CAD/CAE, para obtener resultados del comportamiento del material, lo más próximo a la realidad, sometido a esfuerzos estáticos y dinámicos.
- Construir el asiento con fibra de carbono, utilizando el método hand lay-up, para reducir la relación peso potencia en el vehículo formula SAE de la EIA (ESPOCH).
- Realizar pruebas estructurales del asiento, en laboratorios especializados, para comprobar la fiabilidad, dureza y peso del material.

CAPÍTULO II

2.- MARCO TEÓRICO.

2.1 Elementos de seguridad

Con el apareamiento de los automóviles surgen también los accidentes asociados a los mismos. En 1989 un periódico londinense se hace eco de uno de los primeros accidente mortales ocasionado por un vehículo que descendía una pendiente a gran velocidad (estimada entre 12 y 15 m.p.h.) el cual al frenar, sufrió la rotura de las llantas traseras. Los ocupantes salieron despedidos del vehículo, fallecieron el conductor y el pasajero que viajaba en el asiento posterior (Pablo Luque, 2012).

Estos hechos han motivado la investigación de sistemas de seguridad que han ido evolucionando desde lo más básico hasta sistemas sofisticados que existen en la actualidad, de los sistemas de seguridad se deben de distinguir dos conceptos: la seguridad activa, seguridad pasiva (Pablo Luque, 2012).

Por seguridad activa se entienden todos aquellos elementos del coche que facilitan su conducción de una forma segura, fácil, y que previenen los accidentes, la mayor parte de estos elementos son de carácter dinámico es decir intervienen activamente en el guiado cómodo, seguro y efectivo del vehículo, también en su detención cuando se requiera (Pablo Luque, 2012).

Podemos mencionar como elementos de esta categoría como los frenos (con o sin ABS), suspensión, dirección, neumáticos, y una adecuada transmisión de la potencia del motor; pero no debemos asociar la seguridad activa solo con partes móviles puesto que hay otros elementos que también forman parte de este tipo de seguridad (Pablo Luque, 2012).

Por ejemplo: el sistema de iluminación del vehículo, la aerodinámica de su carrocería, la ergonomía de sus mandos e interior y la buena visibilidad desde el punto de conducción (retrovisores, tamaño de los cristales y tintado de los cristales, buena posición del conductor. (Pablo Luque, 2012).

La seguridad pasiva del automóvil intervienen elementos que en caso de un siniestro intervienen evitando o reduciendo los daños que puedan sufrir los ocupantes del vehículo, los peatones, animales o mobiliario urbano y vial que pueda estar involucrado en la colisión (Pablo Luque, 2012).

2.1 Definición de asiento

Los asientos de un vehículo son elementos muy importantes que aportarán de manera muy significativa a la seguridad del conductor y ocupantes, cabe destacar que otros factores como la suavidad de la suspensión y el nivel de aislamiento acústico también son muy importantes tanto en el confort y la seguridad (IBAÑEZ, 2016).

2.2.1 Diferencia entre una butaca deportiva y un asiento de serie.

Los asientos suelen demandar características diferentes para el tipo de uso que les demos, pista, carretera, viajes largos, consideraciones de asientos para los camiones, son algunos de los diferentes estudios aplicados (AUTOSCOUT24, 2017).

Los asientos deportivos con respecto a los de serie poseen diferencias notables, los segundos son para dar un confort adecuado sin que se transmitan en demasía las irregularidades de la calzada, recomendados para viajes largos, mientras que en un asiento deportivo se nota claramente que los costados son más exagerados que los habituales, marcados en la zona de los hombros y el respaldo, con sujeciones laterales para las piernas, para establecer una especie de jaula que contribuya a soportar las fuerzas que son que altas en la carrera, además los asientos deportivos no agregan mucho peso comparado con los de serie, pero sin sacrificar resistencia y rigidez (AUTOSCOUT24, 2017).

Las marcas ofrecen asientos deportivos con un costo extra, ya que requieren de otro estudio para su conformación, están guiados al comportamiento en curvas y al momento de impacto a velocidad alta, con bordes más robustos, tienen un acolchado fino y más de dos puntos de sujeción que los de serie, cuatro hasta cinco, transmitiendo las condiciones de la pista al usuario para una conexión adecuada entre el piloto y la pista. (AUTOSCOUT24, 2017).



Figura 1-2.Asiento deportivo de carbono, acolchado, más de dos puntos de sujeción

Fuente: clasf.es, 2017.

2.2.2 Características que deben presentar los asientos

El asiento es un elemento que forma parte de todo tipo de automotor y sirve para dar confort y seguridad tanto al piloto como a los ocupantes.

El asiento debe incluir en su diseño un buen apoyo lumbar, adecuado acolchado y relleno que absorban las irregularidades de vías en mal estado, un asiento que no incluya aspectos adecuados de diseño provocara cansancio y dolor de espalda (IBAÑEZ, 2016).

Además de la comodidad el asiento ayudará en la tarea de conducir el coche sujetando lateralmente el cuerpo por ejemplo en una curva y sujetando de una manera adecuada el cuerpo cuando se frena evitando, por ejemplo, que las caderas se resbalen hacia adelante. (IBAÑEZ, 2016).

Entre otros aspectos mencionados un buen asiento evitará que cuando el vehículo desacelera bruscamente se produzca el efecto submarino, se produce cuerpo se cuele por debajo del cinturón deslizándose hacia adelante, también protegerá los costados del abdomen ante un impacto lateral y protegerá la cabeza cuando el vehículo experimente un choque posterior evitando lesiones cervicales (IBAÑEZ, 2016).

2.2.3 Influencia del asiento deportivo en el consumo.

Al momento de modificar un vehículo de serie y hacerlo deportivo el primer elemento a modificar son los asientos, se coloca estos elementos para ubicar arneses y cinturones de seguridad de 4 o 5 puntos para aumentar la sujeción y reducir el peso (motorpasion, 2016).

Los fabricantes de automóviles se han dado cuenta que los asientos son elementos en los cuales se pueden reducir peso, teniendo en cuenta muy claramente que menos kilos de peso se traduce en menos consumo de combustible (motorpasion, 2016).

2.2.4 Consideraciones entre los asientos de serie y los asientos de materiales compuestos.

Los asientos de serie están entre los 15 a 20 Kg esto depende del año de fabricación, su utilidad, su precio, así que todos esto son factores que hacen el peso aumente o disminuya, una buena forma de aligerar el peso total es reemplazar dicha autoparte por una de material compuesto, ya sea de fibra de carbono y Kevlar, fibra de carbono más fibra de vidrio o de plástico reforzado PRFC (plástico reforzado con fibra de carbono) (motorpasion, 2016).

Los composites se pueden adaptar a formas complejas, en los asientos deportivos de materiales compuestos se caracterizan por ser más livianos y fuertes, las distintas combinaciones hacen un material con un módulo de Young alto y un buen límite de rigidez, suficiente para soportar la fuerza exagerada que se sufre el conductor en la pista, pero como esto requiere estudios especiales el costo es elevado (motorpasion, 2016).

2.3 Fórmula SAE (society of automotive engineers).

La fórmula SAE también conocida como fórmula Student es una competición que se desarrolla entre estudiantes a nivel mundial, esta competición promueve la excelencia en ingeniería a través de la construcción, el diseño y desarrollo de los distintos elementos que conforman un pequeño pero potente monoplace (RACING, 2015).

2.3.1 *Inicios de la fórmula SAE.*

La competición tuvo origen en 1979 cuando Mark Marshek un docente de la universidad de Houston contactará al departamento de Relaciones Educativas de la SAE un año antes, esta

competición nace con la intención de construir un tipo de vehículo entre los estudiantes muy parecido a un Car Cross, posteriormente en 1981 se organiza en Austin Texas la primera edición de la FSAE, después nace una edición británica de la carrera conocida como Fórmula Student (RACING, 2015).

En la actualidad se ha popularizado la competición tanto que se realiza en algunos países entre ellos: Alemania, Japón, Brasil. Australia, Italia. España, etc. (RACING, 2015).



Figura 2-2. Competencia fórmula SAE concentración Texas EEUU.

Fuente: FSAE, 2017.

2.4 Reglas de la formula SAE

Los hombres (datos antropométricos) y todos los controladores del equipo deben:

- Sea un mínimo de 50.8 mm (2 pulgadas) de la línea recta dibujada desde la parte superior de la tubería principal aro en la parte superior del aro delantero. (Figura 3-2)
- Sea un mínimo de 50.8 mm (2 pulgadas) de la línea recta dibujada desde la parte superior de la tubería principal aro al extremo inferior de la abrazadera principal del aro si el refuerzo se extiende hacia atrás. (Figura 4-2)
- No se debe avanzar más allá de la superficie posterior del aro principal si se extiende el aro principal hacia adelante (Figura 5-2) (SAE international, 2016).

Nota: Todas estas consideraciones son de importancia en la construcción de conjunto butaca y firewall.

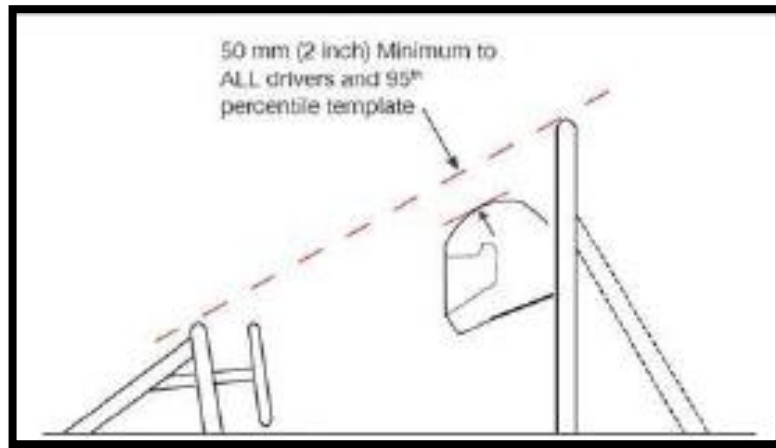


Gráfico 1-2. Restricción de la posición relativa del casco con una línea imaginaria del primer al segundo aro

Fuente: FSAE, 2017.

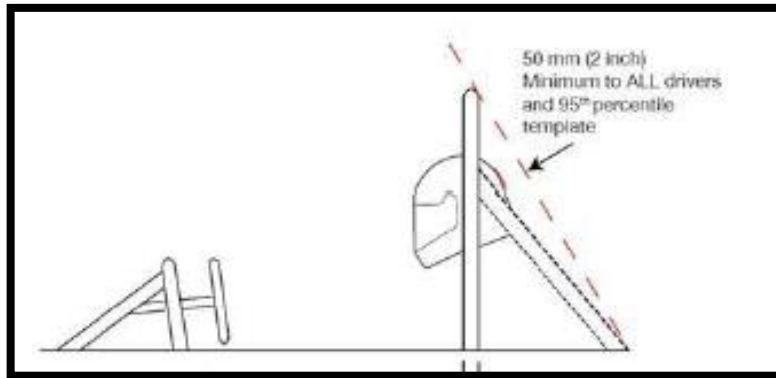


Gráfico 2-2. Restricción de la posición relativa del casco con una línea imaginaria del segundo aro al triángulo trasero

Fuente: FSAE, 2017.

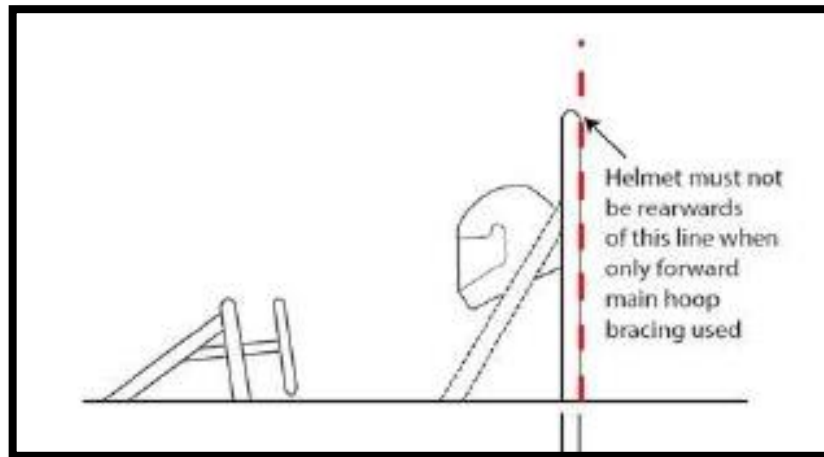


Figura 3-2. Posición vertical del segundo aro

Fuente: FSAE, 2017.

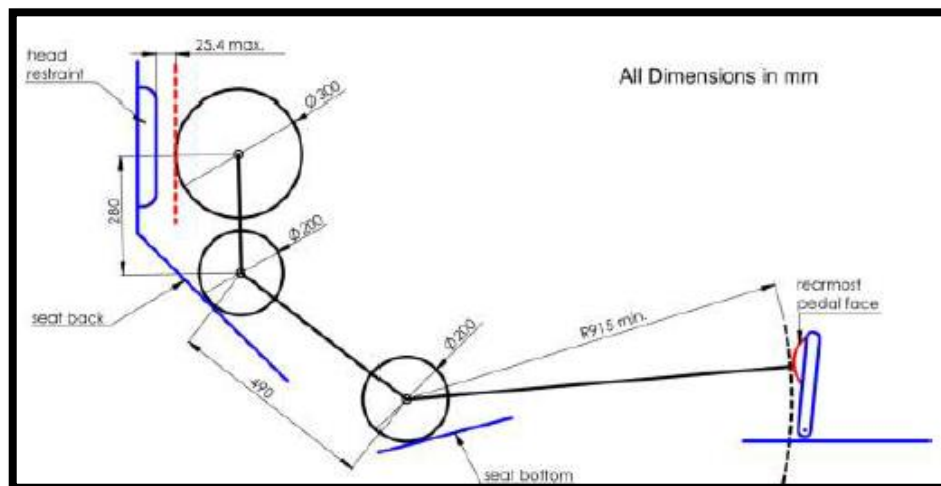


Gráfico 3-2. Medidas en específicas del percentil 95%

Fuente: FSAE, 2017.

2.4.1 Apertura de la cabina

Para asegurar que la abertura que da acceso a la cabina tenga las dimensiones adecuadas se tiene una plantilla que se insertará en la abertura de la cabina, se mantendrá horizontal o insertado verticalmente, en la figura 7-2 se mostrara como debe ser colocada esta plantilla (SAE international , 2016).

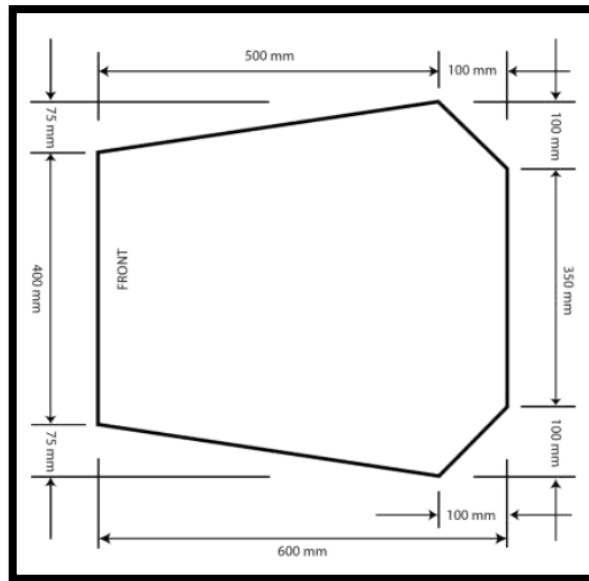


Gráfico 4-2. Valores mínimos de seguridad en salida de la cabina

Fuente: FSAE, 2017.

2.4.2 Cortafuegos y sus consideraciones principales.

Un cortafuegos debe separar el compartimento del conductor de todos los componentes del suministro de combustible, el motor, aceite, los sistemas de refrigeración de líquidos y cualquier sistema de alta tensión).

Debe proteger el cuello del conductor más alto. Debe extenderse suficientemente hacia arriba y o hacia atrás de forma que cualquier punto menos de 100 mm (4 pulgadas) por encima del fondo del casco del conductor más alto no deberá estar en línea directa de la vista con cualquier parte del sistema de combustible, el sistema de enfriamiento o el sistema de aceite del motor (SAE internacional, 2016).

El cortafuegos debe ser una superficie no permeable hecha de un material rígido resistente al fuego. Cualquier cortafuegos debe sellar completamente contra el paso de fluidos, especialmente a los lados y el piso de la cabina, es decir, no puede haber agujeros en un cortafuegos a través del cual pasan los cinturones de seguridad (SAE internacional, 2016).

Se permiten pases para cableado, cables, etc. si se usan ojales para sellar el paso. También se pueden usar múltiples paneles para formar el cortafuegos pero se deben sellar en las juntas (SAE internacional, 2016).

2.4.3 Visibilidad del conductor

2.4.3.1 *Requisito general*

El conductor debe tener la visibilidad adecuada para el frente y los lados del coche. Con el conductor sentado en una debe tener un campo de visión mínimo de doscientos grados (200 °) (a mínimo cien grados (100 °) a cada lado del conductor). La visibilidad requerida puede ser obtenido por el conductor girando la cabeza y / o el uso de espejos (SAE international , 2016).

2.4.3.2 *Salida del conductor*

Todos los conductores deben poder salir hacia el lado del vehículo en no más de 5 segundos. Tiempo de salida comienza con el conductor en posición completamente asentada, manos en posición de conducción en la dirección conectada rueda y usar el equipo de conductor requerido. El tiempo de salida se detendrá cuando el conductor tenga ambos pies en el pavimento (SAE international , 2016).

2.5 Antropometría

2.5.1 Historia de la Antropometría

Los registros más antiguos acerca de las medidas y proporciones del hombre se encontraron en una tumba en las pirámides de Menfis 2000 A.C.

En estructuras tales como los escalones de las pirámides de Egipto, los vastos espacios de los corredores del palacio de Versalles de Luis XIV y las desmesuradas proporciones y medidas de las estatuas en la arquitectura fascista (ARQUITECTURA, 2005).

También podemos mencionar que Vitruvio que vivía en Roma en el siglo I A.C. también se interesó mucho sobre las proporciones del cuerpo humano y sus implicaciones meteorológicas.

Podemos mencionar que en la edad media Dionisio Phourna Agrapha describió al cuerpo humano como de la altura nueve cabezas, Cennino Cennini italiano del siglo XV, describió la altura del hombre como la anchura del mismo con los brazos extendidos (ARQUITECTURA, 2005).

En el Renacimiento Leonardo Davinci concibió su famoso dibujo de la figura humana, basada en el hombre norma de Vitruvio (ARQUITECTURA, 2005).

En el siglo XVIII se remonta los orígenes de la Antropometría física, Linneo, Buffon y White fueron los precursores en implantar y desarrollar la Antropometría, Jhon Gibson y J. Bonomi, a mediados del siglo XIX se encargaron de recomponer la figura de Vitruvio, un matemático Belga Quillet fue el precursor de trabajos antropométricos en 1870 publicó su trabajo Antropometre a quien se le atribuye el descubrimiento y estructuración de esta ciencia, (ARQUITECTURA, 2005).

2.5.2 Definición de antropometría

La antropometría es la ciencia que estudia las medidas de las dimensiones de algunas partes del cuerpo así como sus partes físicas, la antropometría permite medir longitudes, anchos, grosores, circunferencias, centros de gravedad, volúmenes, masas para diferentes aplicaciones en las cuales estos datos son muy útiles (ANAYELIT, 2015).

En el campo de la salud, seguridad en el trabajo y de la ergonomía, los sistemas antropométricos se relacionan principalmente con la estructura, composición y constitución corporal y con las dimensiones del cuerpo humano en relación con las dimensiones del lugar de trabajo, las máquinas, el entorno industrial y la ropa (ANAYELIT, 2015).

2.5.3 Clasificación de la Antropometría

La antropometría se clasifica en estática y dinámica, la estática mide el cuerpo mientras este se encuentra fijo en una posición específica lo que permite medir el cuerpo entre puntos anatómicos específicos del mismo por ejemplo el largo del brazo medido entre el acromio y el codo. Las aplicaciones de este tipo de antropometría se encuentran en el diseño de elementos como cascos y guantes (ANAYELIT, 2015).

El otro tipo de antropometría del cual hablaremos es la antropometría dinámica funcional, son las medidas tomadas durante el cuerpo en movimiento, teniendo en cuenta que el alcance real de una persona con el brazo no corresponde solo a la longitud del mismo sino al alcance adicional proporcionado por el hombro y el tronco cuando una persona realiza una tarea en especial, (ANAYELIT, 2015).

2.5.4 Importancia de la Antropometría

La importancia de la Antropometría radica en describir el estado morfológico del cuerpo humano. Con estos valores se puede ubicar a cada individuo dentro de un grupo específico con rasgos comunes, entre ellos (Shackelford, 2005).

2.6 Ergonomía

La ergonomía es una disciplina que trata de la interacción del ser humano con su medio de trabajo, considerando que es el medio de trabajo que debe adaptarse a la persona y no viceversa, tomando en cuenta el medio de trabajo algo tan elemental como una mesa en la que se va a desenvolver una persona o grupo o ya sea una máquina que de la misma forma va a ser operada por un individuo o grupo.

2.6.1 Ergonomía en la industria automotriz

Al momento de diseñar automóviles se toma en cuenta muchos tipos de factores con el propósito de obtener vehículos fiables y ergonómicos que garanticen la comodidad de sus ocupantes en todo momento y además que puedan ser competitivos en el mercado (Manotoa Garcia, 2016).

El diseño pensado en el usuario va en aumento no solo en la industria automotriz sino en la industria a nivel global, con una población cada vez más exigente de los productos y servicios que consume la ergonomía no puede ser dejado de lado en ninguna de las fases del diseño, pero se puede decir que el conocimiento de la ergonomía es limitado todavía, pero cada vez con más frecuencia se van utilizando prácticas, herramientas, y técnicas ergonómicas en la industria automotriz (Manotoa Garcia, 2016).

Las empresas automotrices tienen un director de ergonomía que utiliza herramientas y técnicas de cada empresa para obtener equipos o elementos que satisfagan al consumidor final.

Podemos recalcar que cuando la ergonomía pertenece a la parte formal del proceso de diseño, los ergónomos son responsables de todos los aspectos de ergonomía conformados por departamentos de trabajo separados. En todos los casos, tienen entrada para el diseño de pantallas, controles, embalajes, asientos, entrada / salida, y el acceso de áreas de equipajes (Manotoa Garcia, 2016).

Las herramientas y técnicas utilizadas por los ergonomos en la industria automotriz son las mismas fuentes de datos y herramientas de CAD, herramientas que son muy apreciadas tanto por ingenieros como por diseñadores, posterior a estos diseños en CAD se procede a hacer modelos en arcilla para comunicar recomendaciones de diseño (Manotoa Garcia, 2016).

2.7 Materiales compuestos

Composites llamados así por la industria, en la actualidad son de alta demanda, se describen como la unión de distintos materiales, ya sean dos o más, llamados matriz y refuerzo dando como resultado el composite, están ejemplos como la fibra de carbono más la fibra de vidrio, el resultado es un material que se deforma con más facilidad sin perder resistencia, utilizando las facultades individuales de los distintos materiales para formar uno con todas las características dotadas por los elementos en su composición (CARBONCONCRETE, 2016).

En el caso de los productos para refuerzo estructural, se utilizan fibras embebidas en una matriz polimérica, siendo la más habitual la de resina epoxi. La matriz confiere rigidez y protección ambiental/química a las fibras. Por otro lado, las fibras contenidas más habituales suelen ser de carbono, aramida y vidrio, aportando al “composite” elevada resistencia a tracción y elevado módulo de elasticidad (CARBONCONCRETE, 2016).

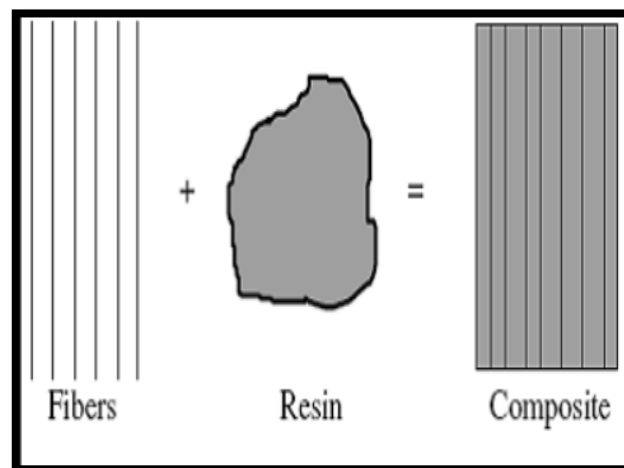


Figura 4-2. Material compuesto resultado de la unión de fibras más resina

Fuente: CARBONCONCRET, 2016.

Lo más importante a tener en cuenta es que la fibra es el componente que “absorbe” los esfuerzos de tracción en la dirección axial a las mismas. En sentido perpendicular a la dirección de las fibras,

las propiedades resistentes serán exclusivamente las que aporta la matriz polimérica, siendo claramente inferiores (CARBONCONCRETE, 2016).

2.7.1. Funciones de las fibras y la matriz

Las fibras aportan resistencia a tracción requerida frente a un esfuerzo de tracción, nos dan rigidez, resistencia a tracción, además tienen buena conductividad o aislamiento eléctrico, dependiendo del tipo de fibra.

La matriz aporta propiedades vitales al material compuesto mejorando su rendimiento, obliga a las fibras a trabajar de forma conjunta, y les transfiere los esfuerzos de tracción, aísla las fibras entre ellas, y así trabajan de forma separada. Ello evita o ralentiza la propagación de fisuras en el soporte (CARBONCONCRETE, 2016).

La matriz actúa como un revestimiento de protección de las fibras, protegiéndolas frente a ataques mecánicos (golpes) y químicos (ambiente, sustancias agresivas ect.). Las Fibras de carbono son conductivas, mientras que las de aramida y vidrio son aislantes (CARBONCONCRETE, 2016).

2.7.2 Características especiales de los “composites” frente a los materiales tradicionales

Los materiales compuestos han estado diseñados y fabricados para aplicaciones que necesitan un alto rendimiento con una mínima carga muerta a la estructura (CARBONCONCRETE, 2016).

Algunas de las ventajas que ofrecen los composites frente a los refuerzos tradicionales (normalmente basados en soluciones metálicas) son las siguientes:

- Todas las partes metálicas se pueden reemplazar por una única sección equivalente de material compuesto (o composite).
- Los composites tienen un alto módulo elástico. Tienen un módulo más elevado que el acero y sólo pesan una quinta parte que este.
- El acero entra en fatiga cuando se le somete al 50% de su resistencia a tracción. Los composites no muestran fatiga hasta, como mínimo, el 90% de su resistencia a tracción.

- Los composites no se oxidan. El acero y aluminio se oxida ante la presencia de agua y aire, y precisan de un cuidado especial, siendo obligado el uso de pinturas protectoras. La matriz polimérica de un composite protege las fibras de refuerzo.
- El coeficiente de expansión térmica de los composites es muy próximo a cero. Debido a ello, ofrecen una gran estabilidad dimensional frente a los refuerzos metálicos.
- Los composites se fabrican en grandes longitudes, permitiendo cubrir grandes luces sin necesidad de ejecutar juntas, soldaduras, mecanizar piezas, etc. Todo ello deriva en un menor tiempo de fabricación, de instalación y de costes.
- Para la aplicación de un composite, se requiere de herramientas ligeras de mano. Los refuerzos metálicos se deben instalar mediante maquinaria pesada, puntales, soldaduras, etc. Los costes de instalación de un refuerzo de material compuesto son muy bajos y reducen el coste global de un refuerzo (CARBONCONCRETE, 2016).

Tabla 1-2: Propiedades mecánicas de laminados unidireccionales (volumen de fibra =60%).

| Fibra | Carbono de alta resistencia | Carbono módulo intermedio | Carbono Alta resistencia | Bono | Vidrio E | Aramida | |
|-------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|-------|----------|---------|-----|
| Matriz | Epoxi | Epoxi | Termoplástico | Epoxi | Epoxi | Epoxi | |
| Módulo elástico Longitudinal | 140 a 180 | 205 | 135 | 205 | 40 | 75 | GPa |
| Módulo elástico transversal | 9 a 10,5 | 11 | 9 | 18,5 | 8,5 | 5,5 | GPa |
| Módulo de Poisson | 0,28 a 0,30 | 0,32 | 0,28 | 0,23 | 0,26 | 0,34 | -- |
| Módulo elástico en cortadura | 7,1 | 8,5 | 5,1 | 5,6 | 4,1 | 2,3 | GPa |
| Resistencia longitudinal tracción | 1500 | 3500 | 2150 | 1250 | 1050 | 1400 | MPa |
| Resistencia Longitudinal Compresión | 1500 | 1550 | 1100 | 2500 | 610 | 235 | MPa |
| Resistencia transversal tracción | 40 a 50 | 55 | 80 | 60 | 30 | 15 | MPa |
| Resistencia transversal compresión | 200 a 250 | 150 | 200 | 200 | 120 | 55 | MPa |
| Resistencia en cortadura | 70 | 100 | 160 | 65 | 70 | 35 | MPa |

Fuente: (Shackelford, 2005)

2.7.2.1 Tipo de fibra

Las fibras constituyen el refuerzo del composite y le aportan la rigidez y resistencia característica. Los tipos de fibra más comunes son el vidrio, aramida, carbono y boro. La fibra de aramida es la que aporta un mayor ratio de resistencia a la tracción-peso.

En nuestro caso nos centraremos en las fibras de carbono por ser las de uso más universal (CARBONCONCRETE, 2016).

2.7.2.2 Fibra de carbono

Las fibras de grafito y carbono están producidas a partir de dos tipos de materias primas:

- Fibras PAN (poliacrilonitrilo), es una fibra polimérica de origen textil.
- Fibras PITCH, se obtienen de la brea de alquitrán de urea o bien petróleo purificado.

Las primeras, son las más extendidas en la producción de fibras de carbono, mientras que las fibras pitch aportan mayor rigidez aunque son más frágiles y se rompen con menores elongaciones.

Tabla 2-2: Módulo de Young (E), resistencia a la tracción (σ) de las fibras de carbono.

| | Valor teórico para el cristal de grafito | Fibras de carbono | | Tendencia futura |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| | | Alto resistencia | Alto Módulo | |
| Módulo de Young, E | $E = 1000 \text{ GPa}$, , | $E = 250 \text{ GPa}$ | $E = 700 \text{ GPa}$ | Aumentar aún más no es necesario |
| Resistencia a la tracción, σ | $\sigma_{\text{teórico}} = E/10$ $= 100 \text{ GPa}$ | $\sigma_{\text{teórico}} = 25 \text{ GPa}$ $\sigma_{\text{exp}} = 5 \text{ GPa}$ $= 20\% \text{ de } \sigma_{\text{teórico}}$ | $\sigma_{\text{teórico}} = 70 \text{ GPa}$ $\sigma_{\text{exp}} = 4 \text{ GPa}$ $= 4\% \text{ de } \sigma_{\text{teórico}}$ | Se espera una mejora adicional |

Fuente: <http://www.carbonconcrete.es/HTLM/es/Material%20Compuesto.html>

Nota: Existen fibras con diferentes módulos, ya que esto se decide según el trabajo lo se requiera.

Durante el proceso de fabricación, las materias primas se exponen a la oxidación, empleando para ello temperaturas extremadamente altas. Posteriormente, pasan por procesos de carbonización y

grafitización. Durante estos procesos, las fibras originales sufren una serie de cambios a nivel químico que les aportan mayores ratios de rigidez-peso y de resistencia a tracción-peso (CARBONCONCRETE, 2016).

2.7.2.3 Tipo de matriz

Con el fin de que las fibras sean las responsables de absorber los esfuerzos, la matriz debe ser de bajo módulo y ser más deformable que el refuerzo. Esta determina la temperatura de servicio del sistema de refuerzo así como el tipo de proceso de fabricación adecuado para su producción. Los laminados de fibra de carbono que se utilizan en el refuerzo estructural, están compuestos en su mayoría por una matriz de resina termoestable de tipo epoxi (CARBONCONCRETE, 2016).

2.7.2.4 Fabricación de materiales compuestos

El proceso de fabricación procura dotar al mismo de una determinada sección. En el caso de material de refuerzo estructural la sección más habitual es la rectangular, pero pueden fabricarse secciones tubulares (tubos vacíos o macizos), formas complejas como chasis de automóviles, etc. Al procesado de laminados de fibra de carbono con matriz termoestable de resina epoxi, se denomina pultrusión (CARBONCONCRETE, 2016).

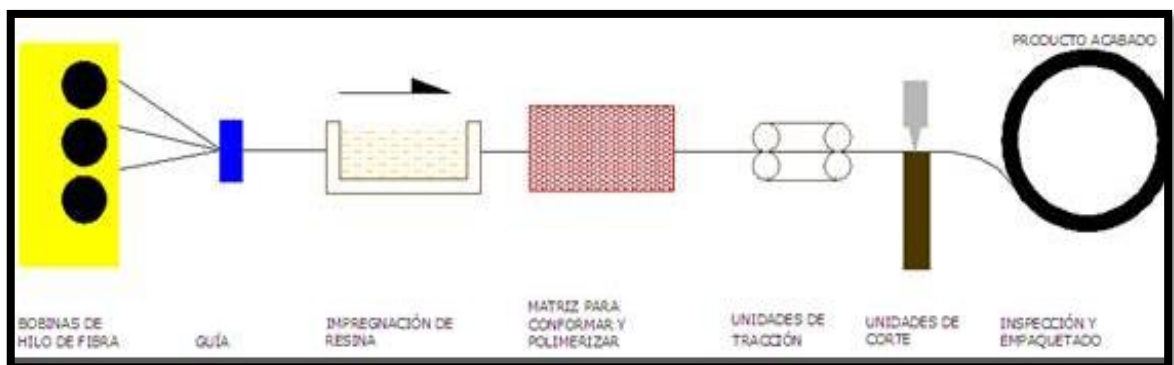


Figura 5-2. Procesos para la obtención de un material compuesto

Fuente: <http://www.carbonconcrete.es/HTML/es/Material%20Compuesto.html>

2.7.2.5 La pultrusión

La pultrusión es un proceso de fabricación continuo, de bajo coste, automático y de alto volumen, en el cual las fibras (refuerzo) impregnadas con resina (matriz) son traccionadas a velocidad constante a fin de obtener un producto de una sección prediseñada. Este proceso es similar al de

extrusión de metales a través de un orificio, estirando del mismo en vez de presionarlo a través de este. La primera etapa del proceso, encauza las fibras y las impregna en un baño de resina (CARBONCONCRETE, 2016).

Posteriormente, se hace pasar el material impregnado por un molde a una temperatura que asegura la correcta polimerización de la resina, controlando su contenido y da la forma deseada al perfil. Finalmente, se corta en la longitud deseada, se inspecciona el producto acabado y se realizan ensayos de control de calidad para certificar que la información técnica del producto es verás (CARBONCONCRETE, 2016).

2.7.2.6 Distintos formatos de presentación de la fibra de carbono:

- Laminados de 50, 80, 100 y 120 mm. de ancho.
- Se suelen presentar en dos espesores comerciales: 1, 2 y 1,4 mm.
- Tejidos de fibra de carbono unidireccional:
- En gramaje normal (200, 300, 400 g/m²) para impregnación con resina en su puesta en obra.
- En gramaje alto 530 g/m² para colocar por saturación de resina epoxi (CARBONCONCRETE, 2016).

2.8 Demanda de materiales compuestos, por su resistencia y tensión específica.

Los composites logran cualidades adecuadas necesarias para la mecánica, en la figura 10-2 se puede notar la evolución en el campo automotriz de su utilización, en carrocerías deportivas en su totalidad fibra carbono, chasis tubos estructurales de carbono de alta resistencia y el mismo motor tomado como ejemplo a las paredes de los cilindros con incrustaciones de cerámica y grafito estos materiales aportan propiedades demandadas por el motor, calor excesivo puede ser soportado por la cerámica con facilidad y lubricación el grafito como un sólido lubricante (Smith, 2017).

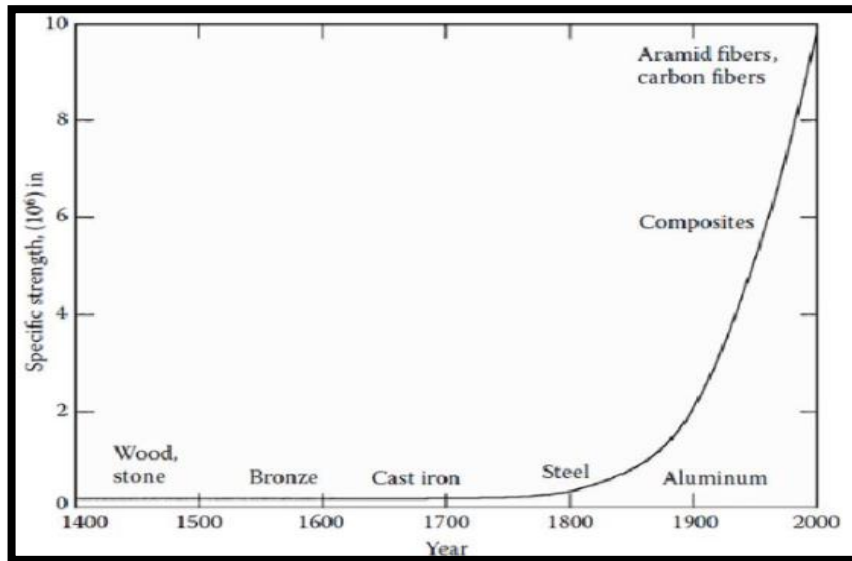


Gráfico 5-2. Avance composites vs fuerza específica (tensión entre densidad)

Fuente: NAUKAS, 2013./

La idea es tener alto módulo específico que consiste en dividir el módulo de elasticidad entre su densidad, y como los números reflejan la realidad, en los materiales se puede notar claramente como son su módulos de elasticidad y rigidez, al pasar del tiempo sea venido considerando esta concepción, para usar las propiedades mecánicas de dichos elementos tales como la fibra de carbono más la fibra de vidrio (Smith, 2017).

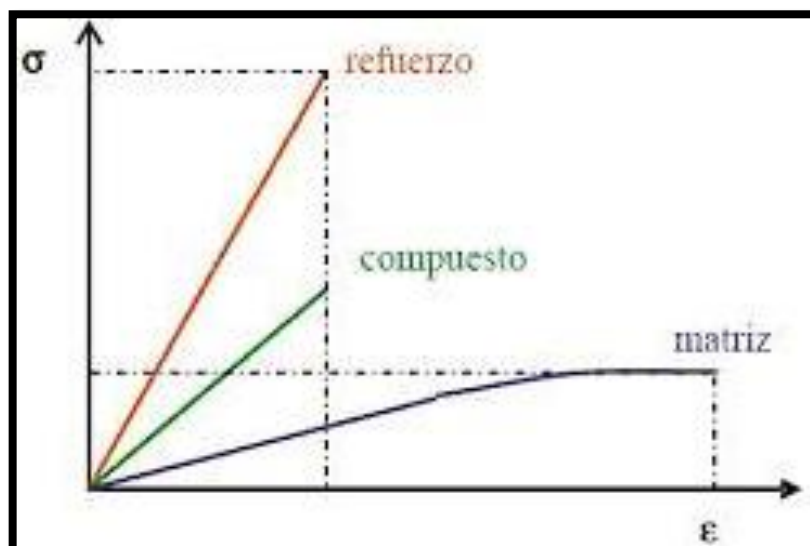


Figura 6-2. Diagrama esfuerzo deformación de la matriz, refuerzo, y el resultado (compuesto)

Fuente: <http://materialesdeingenieria2013.blogspot.com/2013/05/materiales-compuestos-fibra-de-vidrio-y.html>

Están presentes facultades como las del carbono alto módulo de elasticidad y la fibra con alto módulo de rigidez, son cualidades necesarias en carrocerías deportivas y asientos deportivos, con la finalidad de hacer autopartes más resistentes y flexibles, esto según su utilidad (Smith, 2017).

Tabla 3-2: Módulos de Young y módulo específicos de distintos materiales

| Material Unidades | Módulo de Young (GPa) | Módulo específico (GPa- m ³ /Kg) |
|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------|
| Sistema de unidades: SI | | |
| Fibras de grafito | 230.00 | 0.1278 |
| Fibras de aramida | 140.00 | 0.0885 |
| Fibra de vidrio | 85.00 | 0.0340 |
| Unidireccional grafito / epoxi | 181.00 | 0.1131 |
| Unidireccional vidrio / epoxi | 38.60 | 0.0214 |
| Capa cruzada grafito / epoxi | 95.98 | 0.0600 |
| Capa cruzada vidrio / epoxi | 23.58 | 0.0131 |
| Casi isotrópico grafito / epoxi | 69.64 | 0.0435 |
| Casi isotrópico vidrio / epoxi | 18.96 | 0.0105 |
| Acero | 206.84 | 0.0265 |
| Aluminio | 68.95 | 0.0265 |

Fuente: <http://naukas.com/2013/03/12/el-acero-y-su-competencia/>

Nota: Módulo específico resulta de dividir el módulo de Young entre su densidad.

En la pista se requiere un buen módulo de Young pero de modulo específico alto, y los composites son materiales considerados así, ya que son de densidad baja pero módulos adecuados de resistencia y rigidez, este tipo de materiales ya son de uso común en el campo automotriz, así que al cambiar el material original de por un composites, es una buen forma de aprovechar la relación peso potencia en las pistas de automovilismo (Smith, 2017).

2.9 Fibra de carbono

2.9.1 Origen de la fibra de carbono

Se desarrolló para la industria aeroespacial por su elevado costo solo se utilizaba en esta, en la actualidad se utiliza en la industria automovilística, industria deportiva, industria musical, etc.

Thomas Alva Edison ya la utilizó muchos años atrás y las preparo gracias al proceso de la carbonización cuando experimentaba con fibras de otros materiales como el bambú, fue recién en 1960 cuando la unión Carbide pudo desarrollar un proceso industrial y empleando carbono con un alto módulo de Young (EcurRed, 2015).

Un tiempo después se obtuvo por fin el PAN que es el poliacrilonitrilo y se desarrollaron muchas a partir del uso de breas de carbón, de petróleo y de resinas fenólicas, en la década de los 80 se fabrica a partir de breas de monofase, ahora ya con características mucho mejores de resistencia con mejor módulo destinadas a altas prestaciones (EcurRed, 2015).

En la década de los 70 la investigación se centró en buscar materias primas para la obtención de fibra de carbono lo cual permitió el desarrollo de fibras de carbono hechas a base de breas de petróleo; estas fibras tenían un 85% de contenido de carbono tenían buena resistencia a la flexión pero muy poca resistencia a la compresión lo que impidió su uso (EcurRed, 2015).

Los principales productores de fibra de carbono son: Estados Unidos, Japón y Europa Occidental (EcurRed, 2015).

2.9.2 Proceso de fabricación de la fibra de Carbono

La Zoltek Corporation con sus oficinas en Texas ha mostrado el procedimiento que se lleva a cabo para la fabricación de la fibra de Carbono comienza con un tejido sintético derivado del petróleo parecido al nylon o el poliéster (CARBONCONCRETE, 2016).

2.9.2.1 Oxidación

El proceso consiste en introducir el hilo en un primer horno para estabilizar al (poliacrilotrino) PAN que su estructura posee un 60% de carbono de 200 °C a 400 °C (Julienne, et al., 2014).

2.9.2.2 Estabilización

El proceso de se obtiene un material muy fuerte con el 68 % de composición del carbono llamado Pirona (Julienne, et al., 2014).

Posteriormente es sometido a temperaturas muy elevadas en 5 hornos que eliminan el hidrógeno y nitrógeno para obtener solamente carbono las temperaturas en los hornos oscilan entre 1093 y 2204 grados centígrados, posterior a esto podemos decir que quedan cadenas cristalina de átomos de Carbono, a continuación es sometido a un baño electroquímico que arruga la superficie del material (Julienne, et al., 2014).

A continuación el resultado son compuestos con un diámetro 10 veces más pequeño que a la de un cabello, el último paso es el comparado al de cualquier fábrica textil, la fibra de Carbono es enrollada en bobinas (Julienne, et al., 2014).

2.9.3 Concepto de Fibra de Carbono

La fibra de carbono es un material no metálico de tipo polimérico con propiedades mecánicas superiores al acero, más ligero, su densidad es comparable al plástico, cabuya etc. pero con características mecánicas totalmente diferentes, en cuanto al nombre se refiere es un caso típico de metonimia en el cual se le da el nombre a todo el material de solo una parte de él (EcurRed, 2015).

Es un filamento de color negro que puede variar su diámetro entre 5-10 micras entrelazadas para formar hilo, clasificadas como 1K, 2K, 3K, 12K, hasta 50K describiendo que está formado por 1000 (K) fibras unidas, una buena referencia sería que 1K mide 1 mm, 2k 2mm, siendo la más utilizada la de 3K (3000), están tejidas para formar laminas (EcurRed, 2015).

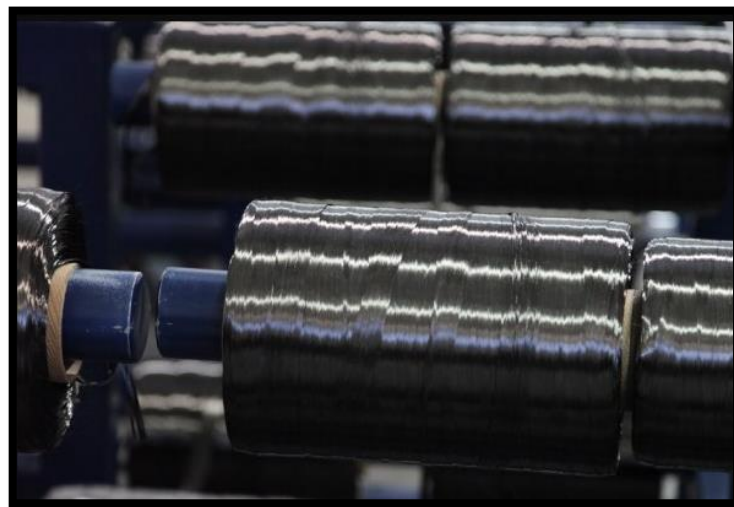


Figura 7-2. Fibra de carbono en forma de hilo almacenada en rollos

Fuente: <http://www.fibradecarbono.es/articulos/tipos-de-fibra-de-carbono/>

2.9.3.1 Material precursor de la fibra de carbono

La materia prima necesaria más común para la obtención del material es el poliacrilonitrilo (PAN) derivado del petróleo, el grafito o la misma brea, esto se decide para la aplicación según la industria que lo requiera, ya que la procedencia y tratado de oxidación varían entre 400-700 °C y

1200-2000 °C, es determinante a la hora del resultado final, sus propiedades mecánicas son distintas, varían en sus módulos de elasticidad y rigidez. (FIBRADECARBONO, 2017)



Figura 8-2. Fibra de carbono tejido formando una lámina

Fuente: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/11/fibra-de-carbono.html>

2.9.3.2 Fibras inorgánicas

Las fibras inorgánicas están constituidas principalmente por los productos químicos inorgánicos, en base a elementos naturales, en base a elementos naturales tales como carbono, silicio, boro, que en general, después de recibir tratamiento a temperaturas elevadas se transforman en fibras (Fibrenamics, 2015).

2.9.3.4 Fibras sintéticas

Son aquellas que se obtienen de polímeros sintéticos derivados del petróleo podemos decir que la fibra sintética es una fibra textil que se obtiene por síntesis orgánica de diversos productos derivados del petróleo lo más comunes son (Gonzalez, 2014).

- Poliéster
- Acrílico
- Polipropileno
- Nylon

(Gonzalez, 2014).

2.9.3.5 Fibras naturales

Son sustancia muy alargadas producidas por plantas y animales, que se pueden hilar para obtener hebras, hilos o cordelería, las fibras naturales se usan para la fabricación de vestidos y contenedores, así como para aislar, suavizar y decorar los ambientes en donde vivimos las figura 14-2 muestra la división de fibras (Naturales, 2013).

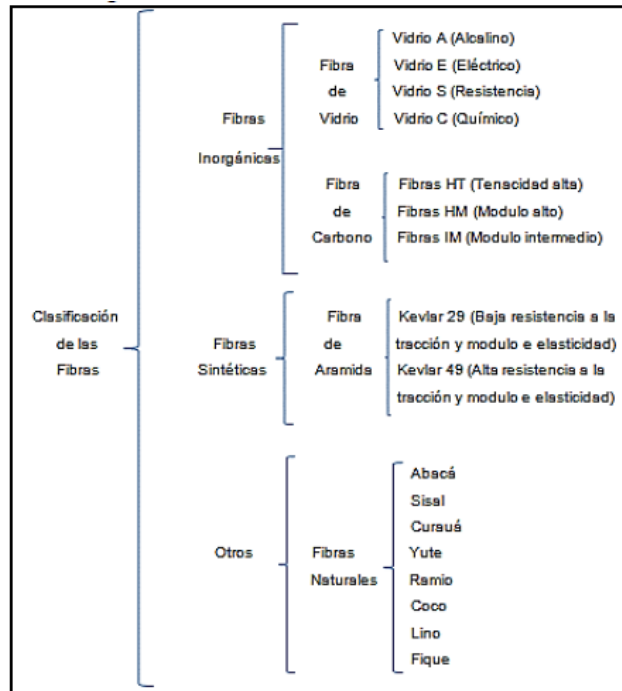


Figura 9-2. Clasificación de diferentes fibras

Fuente: RANA y FANGUEIRO, 2016 citado en MANOTOA Y GARCIA, 2016

Cada vez con mayor frecuencia se utilizan las fibras naturales en la industria como elementos de materiales compuestos, en implantes médicos y en geotextiles y agrotextiles (Naturales, 2013).

2.9.4 Propiedades principales del carbono

- Elevada resistencia mecánica, con un módulo de elasticidad elevado.
- Baja densidad, en comparación con otros elementos como por ejemplo el acero.
- Elevado precio de producción.
- Resistencia a agentes externos.
- Gran capacidad de aislamiento térmico.
- Resistencia a las variaciones de temperatura, conservando su forma, sólo si se utiliza matriz termoestable.

- Resistencia a la corrosión, al fuego e inercia química y la conductividad eléctrica.
- Ante variaciones de temperatura conserva su forma (EcurRed, 2015).

2.9.5 Uso y aplicaciones

La fibra de carbono tiene un campo muy amplio de aplicación puesto que por sus características es muy apetecida para industrias en las cuales el material tiene que ser resistente y más liviano. Podemos citar industrias tales como: aeronáutica, automovilística, naval, deportiva, construcción, informática etc. (EcurRed, 2015).

Cabe recalcar también que la fibra de carbono se utiliza en aplicaciones como la joyería en donde se necesita elementos livianos y resistentes. Hay que considerar que la fibra de carbono es un elemento muy versátil, también es la base de la vida del planeta, forma parte de toda la química orgánica y 20 millones de moléculas conocidas (EcurRed, 2015).

En la figura 4-2 se puede notar las diferentes propiedades de fibras naturales y sintéticas con números importantes para ingeniería, como resistencia a la tracción y densidad elongación a la fractura, los valores son típicos de las fibras y son de gran ayuda a momento de considerar materia prima para autopartes.

Tabla 4-2: Características mecánicas de distintas fibras naturales y sintéticas.

| Fibra | Densidad (g/cm ³) | Resistencia a la tracción (MPa) | Módulo de elasticidad (GPa) | Elongación a la fractura (%) | Absorción de humedad (%) |
|------------|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------|--------------------------|
| Cabuya | 1,3 | 305,15 | 7,5 | 4,96 | ... |
| Yute | 1,3 | 393 – 773 | 26,5 | 1,5 – 1,8 | 12 |
| Coco | 1,2 | 175 – 220 | 4 – 6 | 15 – 30 | 10 |
| Abacá | 1,3 | 400 – 1289 | 45 | 2,7 | 8 – 10 |
| Sisal | 1,5 | 511 – 635 | 9,4 – 22,0 | 2,0 – 2,5 | ... |
| Algodón | 1,5 | 393 – 773 | 27,6 | 7 – 8 | 8 – 25 |
| Ramio | 1,5 | 400 – 938 | 61,4 – 128 | 3,6 – 3,8 | 12 – 17 |
| Lino | 1,5 | 345 – 1035 | 27,6 | 2,7 – 3,2 | 7 |
| Cáñamo | 1,4 | 690 | 35 | 1,6 | 8 |
| Vidrio – S | 2,5 | 2000 – 3500 | 70 | 2,5 | ... |
| Vidrio – E | 2,5 | 4570 | 86 | 2,8 | ... |
| Armida | 1,4 | 3000 – 3150 | 63 – 67 | 3,3 – 3,7 | ... |
| Carbono | 1,4 | 4000 | 230 – 240 | 1,4 – 1,8 | ... |

Fuente: TAMAYO DUQUE, 2012 citado en MANOTOA Y GARCIA, 2016

2.9.6 Composición

La fibra de carbono está compuesta por muchos hilos de carbono en forma de hebra larga y delgada de 0.0002-0.0004 pulgadas (0.005-0.010 mm) de diámetro y compuesto en su mayoría de átomos de carbono. Los átomos de carbón se enlazan en cristales microscópicos que están más o menos alineados paralelamente al eje largo de la fibra (EcurRed, 2015).

La alineación del cristal hace a la fibra increíblemente fuerte para su tamaño. Varias miles de fibras de carbón son retorcidas juntas para formar un hilo, que puede ser usado por sí solo o como tejido de una tela. El hilo o tejido es combinado con un tipo de resina o epóxido y se adhiere o moldea para dar forma a varios tipos de materiales compuestos (EcurRed, 2015).

2.9.6.1 Comparación de la fibra de carbono con el acero y aluminio

Las fibras de carbón son diez veces más fuertes que el acero y ocho veces más que el aluminio, sin mencionar que la fibra de carbón es mucho más ligera que ambas, 5 y 1.5 veces respectivamente. Adicionalmente, sus propiedades de fatiga son superiores a todas las estructura metálicas y son uno de los materiales más resistentes a la corrosión disponibles, cuando se combinan con las resinas adecuadas (EcurRed, 2015).

2.9.6.2 Consideraciones en el proceso de fabricación de la fibra de carbono

Durante el proceso de fabricación son usados una variedad de gases y líquidos. Algunos de estos materiales están diseñados para reaccionar con la fibra y conseguir efectos específicos. Otros materiales son diseñados para no reaccionar o para prevenir ciertas reacciones con la fibra. Al igual que con los precursores, la composición exacta de muchos de estos materiales de proceso son considerados secretos comerciales para una determina empresa o compañía (EcurRed, 2015).

2.9.6.3 Proceso para la obtención de la fibra de Carbono

El proceso para hacer las fibras de carbón es parte químico y parte mecánico. El precursor es estirado en largos hilos o fibras y luego se calienta a temperaturas muy altas sin permitir que entre en contacto con el oxígeno. Sin oxígeno, la fibra no se puede quemar. En cambio, la temperatura alta hace que los átomos en la fibra vibren violentamente hasta que la mayoría de los átomos no-carbonos sean expulsados. A este proceso se le denomina carbonización (EcurRed, 2015)

2.9.10 La fibra de carbono en la industria automotriz

La fibra de carbono en la industria automotriz se ha visto limitada para aplicaciones en vehículos muy costosos y en competencias de renombre a nivel mundial de esta manera se ha limitado bastante por su costo la aplicación en vehículos comerciales (Cruz, 2017).

La idea de incorporar fibra de carbono en vehículos comerciales se hizo realidad en el 2016 en vehículos de la serie 7 de BMW. Alfa Romeo 4C y el Corvette 706 de Chevrolet emplean fibra de Carbono. Como ya se mencionó anteriormente la fibra de carbono al mezclarse con un polímero adquiere la forma de un polímero y propicia elementos más livianos y fuertes características que son muy apetecidas en el mundo automotriz (EcurRed, 2015).

Su alto costo y los mayores tiempos de producción han limitado la aplicación de este material a vehículos de alta gama, escenario que esperamos que cambie con el tiempo para el desarrollo del sector automotriz (EcurRed, 2015).

2.9.11 Fibra de Carbono para autos más livianos y menos contaminantes

Las principales empresas automotrices están bajando los pesos muertos de los vehículos incorporando la fibra de carbono en elementos claves del vehículo como son: techo, parantes, marcos de las puertas como ejemplo podemos citar a la empresa BMW (Cruz, 2017).

BMW diseña los elementos para reducir la relación peso potencia en sus autos sobre un chasis de aluminio colocan partes de la carrocería en material compuesto (fibra de carbono, kevlar, y epoxi), logran piezas livianas con un capacidades de resistencia especifica excelente, claro sin dejar atrás a los estudios de autos enchufables con adhesión de materiales compuestos, y para crear autos eléctricos deportivos (Cruz, 2017).

2.10 Fibra de vidrio

2.10.1 Concepto de Fibra de Vidrio

La fibra de vidrio se refiere a un conjunto de productos que se fabrican a partir de hebras muy finas de vidrio tejidas en muchas configuraciones o disposiciones de los hilos para formar una tela o malla que tiene la característica de ser muy flexible (TECNOLOGÍA, 2017).

Para fabricar la fibra de vidrio se usa vidrio liquido salido de un horno de fusión de vidrio, a continuación el vidrio se obliga a pasar por unos orificios muy finos creándose filamentos de vidrio superfinos tan finos que son medidos en micras (aproximadamente 4 micras) (TECNOLOGÍA, 2017).

En el campo de la industria una vez que ha pasado el tiempo y se ha enfriado se procede a entrelazar las hebras para formar los tejidos la tela o malla, cabe destacar que la fibra suele mezclarse con resinas para darle al material la dureza final que será muy resistente y duradero (TECNOLOGÍA, 2017).

La fibra de vidrio es un material que tiene muchas aplicaciones en la industria podemos mencionar aplicaciones tanto en el hogar como en la industria automotriz , es fundamental en la industria de componentes como material de refuerzo para plasticos moldeados y laminados como aislante y para la fabricación de fibra óptica y muchas más aplicaciones (TECNOLOGÍA, 2017).

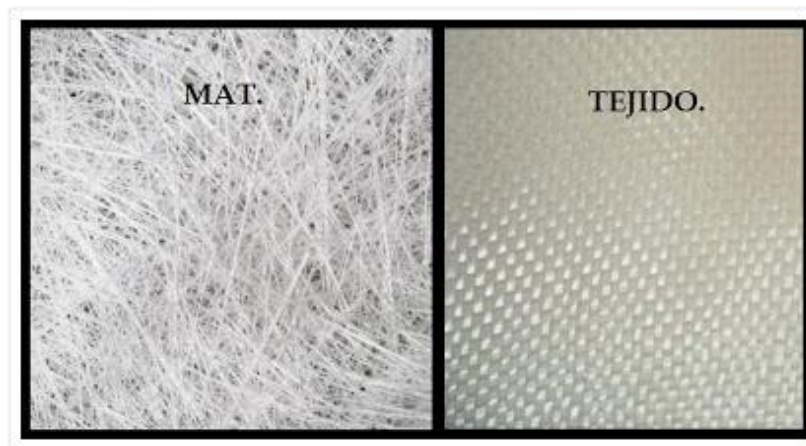


Figura 10-2. Fibra de vidrio y su tejido

Fuente: <https://juntadelosmares.blogspot.com/2013/02/fibra-de-vidrio-estructura-y-surf.html>

2.10.2 La fibra de vidrio y propiedades

2.10.2.1 Resistencia química

La resina es un componente de la fibra de vidrio que la hace resistente a la erosión química y del medio ambiente. Por tanto, la fibra de vidrio no se pudre ni se deteriora, ya que es resistente a la mayoría de los ácidos (excepto el ácido fluorhídrico y el ácido fosfórico) (ESCOM, 2016).

2.10.2.2 Peso ligero

El peso específico de materiales compuestos por fibra de vidrio permite que sea muy fácil de mover e instalar. Además, reducen el peso soportado por las estructuras de apoyo (ESCOM, 2016).

2.10.2.3 Bajo mantenimiento

Gracias a las características intrínsecas de la fibra de vidrio, los compuestos no necesitan ningún mantenimiento especial, incluso después de muchos años de uso en aplicaciones externas. Esta característica, conduce automáticamente a ahorros de costos en el tiempo (ESCOM, 2016).

2.10.2.4 Aislamiento eléctrico

La fibra de vidrio no conduce la electricidad, por lo que es ideal para aplicaciones donde se busque el aislamiento eléctrico de ciertas instalaciones (ESCOM, 2016).

2.10.2.5 Versatilidad

Se trata de un producto muy versátil: amplia gama de filamentos, tamaños, tipos de fibra, etc. Estas características hacen que la fibra de vidrio ofrezca un gran abanico de posibilidades industriales (ESCOM, 2016).

2.10.2.6 Excelente aislante térmico

La fibra de vidrio tiene un bajo coeficiente de expansión térmica y conductividad térmica relativamente alta. Esto hace que disipe el calor de forma más rápida y sea perfecto para usarlo como aislante térmico. Por tanto, es ideal para instalaciones en el exterior, ya que no tendremos que preocuparnos de que se deteriore por estar expuesto al sol durante mucho tiempo (ESCOM, 2016).

2.10.2.7 Económico:

La fibra de vidrio es un material con una gran ventaja económica respecto a otros tejidos de fibras sintéticas y naturales (ESCOM, 2016).

2.10.1 Fibra de vidrio en comparación con diferentes fibras.

Dos características importantes de las fibras es que son de alta resistencia específica (resistencia a la tensión entre densidad) y alto módulo específico (módulo de elasticidad entre densidad) comparado con el aluminio y acero el comportamiento es similar (Kalpakjian, y otros, 2002).

Así que para la ingeniería de maratales estas propiedades son de alta relevancia e importancia a la hora del diseño, en la figura 16-2 se puede apreciar claramente como existen fibras superiores al acero y al aluminio en base a su densidad, así que se dispone de una alta gama de resistencia y rigidez, estas facultades son elegidas dependiendo de diseño y seguridad del elemento. (Kalpakjian, y otros, 2002)

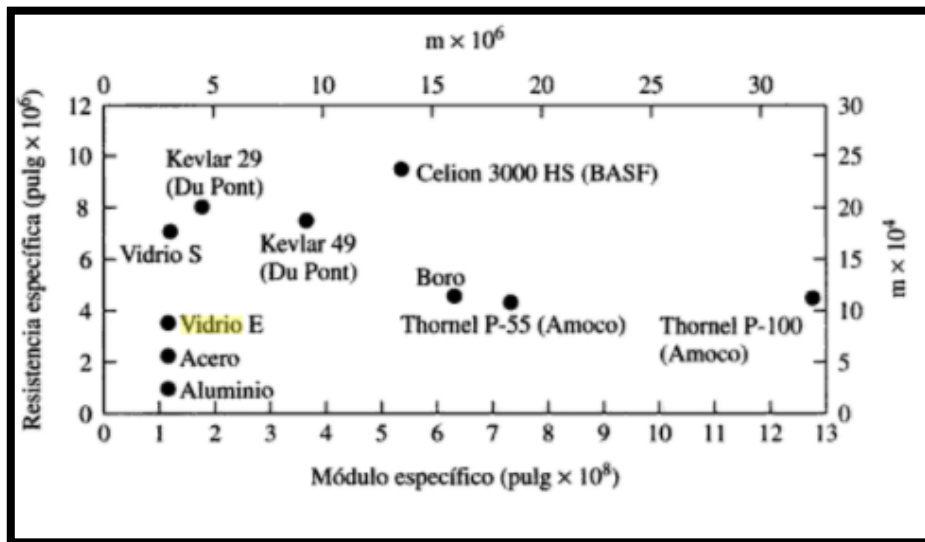


Gráfico 6-2. Resistencia específica y módulo específico de diferentes fibras.

Fuente: (Kalpakjian, y otros, 2002)

2.10.2 Fibras de refuerzo

Por lo general se usa las fibras de vidrio, el grafito, las aramidas o el mismo boro para reforzar los llamados compositos (Kalpakjian, y otros, 2002).

2.10.2.1 Fibras de vidrio

Este tipo de fibras son las de uso más común por ser de costo relativamente bajo y con propiedades buenas, estas se fabrican estirando el vidrio fundido a través de pequeñas aberturas en un dado de

platino, el material se llama plástico reforzado con fibra de vidrio GFRP (Glass Fiber Reforced-Plastic) (Kalpakjian, y otros, 2002).

- Tipo E, es el más común, fibra de vidrio aluminoborosilicato.
- Tipo S, costo superior pero más resistencia y rigidez.

Tipo E-CR, superior a las anteriores, alto rendimiento, resistencia a altas temperaturas y a la corrosión (Kalpakjian, y otros, 2002).

2.10.2.2 Fibras de grafito

Las fibras de grafito tienen alto módulo específico y buena resistencia específica, pero son más costosas. Se usan las fibras de precursores orgánicos por pirolisis tales como el poliacrilonitrilo (PAN) por su costo reducido, también se usa como precursor rayón y el alquitrán (esto se obtiene de la reducción catalítica del petróleo (Kalpakjian, y otros, 2002).

2.10.2.3 la pirolisis

Es el proceso de carbonizar el material precursor, para obtener las propiedades mecánicas necesarias, la temperatura para la carbonización en 1500°C (2730°F), y para la grafitización una temperatura de 3000°C (5400°F) (Kalpakjian, y otros, 2002).

2.11 Resina

2.11.1 Concepto de Resina

Se puede considerar como resina aquellas sustancias orgánicas segregadas por muchas plantas, en especial por árboles tipo conífera, que sufren un proceso de polimerización o secado dando lugar a productos sólidos siendo en primer lugar líquidas. Así, también se consideran resinas algunas sustancias sintéticas con propiedades semejantes a las resinas naturales (QuimiNet.com, 2012).

2.11.1.2 Resina termoestable

Las resinas termoestables, tienen la particularidad que una vez endurecidas no se pueden volver a fundir o remodelar porque no volverán al estado original (CARBONCONCRETE, 2016).

2.11.1.3 Reticulación

La reticulación no es más que el endurecimiento de la resina, en resinas termoestables se forman cadenas tridimensionales, mientras más sean, mayor rigidez, dotan rigidez al elemento, estabilidad térmica y dimensional, con una buena resistencia eléctrica, química y a disolverse, sin dejar atrás que se impregna muy bien en las fibras, una vez que la resina toma su forma ya no puede regresar a su estado original ni remodelar (CARBONCONCRETE, 2016).

2.11.2 Resina epoxi

Es un tipo de resina muy versátil ya que posee un gran rango de propiedades. Su gran adherencia en todo tipo de soportes hace que sea un producto ampliamente utilizado en una gran variedad de aplicaciones. Para mejorar sus prestaciones, se modifican sus propiedades para adecuarse al uso específico como su temperatura de transición vítrea, tiempo endurecimiento, viscosidad, dureza, etc. (CARBONCONCRETE, 2016).

Tabla 5-2: Módulo de tensión, resistencia a la tracción y densidad de las resina.

| Resina | Densidad (g/cm ³) | Módulo de tensión GPa (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) |
| Fenólica | 1,2 – 1,4 | 2,7 – 4,1 (0,4 – 0,6) | 35 – 60 (5 – 9) |
| Poliéster | 1,2 – 1,4 | 1,6 – 4,1 (0,23 – 0,6) | 35 – 95 (5,0 – 13,8) |

Fuente: <http://www.carbonconcrete.es/HTLM/es/Material%20Compuesto.html>

2.11.2.1 Proceso de curado de resina epoxi

El curado de una resina epoxi, empieza al mezclar un endurecedor (componente II), creando una red de moléculas tridimensionales y resultando en un sólido epoxídico que ofrece una alta resistencia química y a la corrosión. La temperatura de transición vítrea de este tipo de resinas es de los mayores, aportando un buen rendimiento a temperaturas hasta 80-100 °C. (CARBONCONCRETE, 2016).

La exposición de la resina epoxi a los rayos UV (refuerzos expuestos a la luz solar) puede producir su degradación. Para evitar que esto ocurra es recomendable la aplicación de un revestimiento en base de poliuretano (CARBONCONCRETE, 2016).

2.11.3 Epóxidos y sus Propiedades

Excelente resistencia química, buenas propiedades de adhesión, excelentes propiedades eléctricas, buena resistencia al calor (CARBONCONCRETE, 2016).

2.11.3.1 Aplicaciones de los epóxidos

- laminados
- adhesivos
- pisos
- forros
- hélices
- recubrimientos de superficie
(CARBONCONCRETE, 2016).

2.11.3.2 Siliconas

Buena estabilidad térmica y oxidativa, flexible, excelentes propiedades eléctricas, inercia general (CARBONCONCRETE, 2016).

2.11.3.3 Polipropileno

- Incoloro y sin sabor, baja densidad, buena resistencia térmica, “irrompible”, excelente resistencia química, buenas propiedades eléctricas (CARBONCONCRETE, 2016).
- Aplicaciones: equipo médico, juguetes. Componentes electrónicos, fibras y filamentos, recubrimientos (CARBONCONCRETE, 2016).

2.11.3.4 Poliamidas

- Resistencia a la alta temperatura (CARBONCONCRETE, 2016).
- Aplicaciones: Piezas de moldeo, películas, resinas laminadas para usar a temperaturas elevadas hasta de 180°C (CARBONCONCRETE, 2016).

2.11.3.5 Poliuretanos

- Versatilidad extrema cuando es combinada con otras resinas, buenas propiedades físicas, químicas y eléctricas (CARBONCONCRETE, 2016).
- Aplicaciones: Aislamiento, elastómeros, adhesivos, Líneas de espuma para ropa (CARBONCONCRETE, 2016).

2.11.3.6 Poliamidas aromáticas

- Resistencia a la alta temperatura
- Aplicaciones: Refuerzo de matrices orgánicas (QuimiNet.com, 2012).

2.11.3.7 Alquídicas

- Excelentes propiedades eléctricas y térmicas, versatilidad en la flexibilidad y rigidez, buena resistencia química (QuimiNet.com, 2012).
- Aplicaciones: Aislamiento eléctrico, Componentes electrónicos, Masillas Putty, Pinturas (QuimiNet.com, 2012).

2.12 Relación peso potencia

La relación peso potencia es uno de los datos que describe el comportamiento que un automotor tendrá en carretera, en lo que a aceleración y potencia se refiere, sea cual sea el su modelo ejemplo, camiones, SUV, sedan. Poco sirve disponer de un vehículo que cuente con muchos CV, por ejemplo 150, si el peso es elevado, ya que el resultado final será que el motor es incapaz de asumir el peso bastidor y carrocería (Autoscout24, 2017).

Así, a la hora de elegir un modelo en concreto, la relación peso potencia de la que se está hablando aquí, es el mejor dato con el que se cuenta para comprender cómo acelerará el vehículo o la fuerza que tendrá (Autoscout24, 2017).

Todos estos parámetros antes mencionados en cualquier estudio automotriz son vitales para lograr un auto más eficiente energéticamente, si la autopartes son más livianas y más resistentes son cualidades llamativas para el desarrollo de la ingeniería, todo esto para lograr que los motores consuman menor energía por consiguiente, menos impacto ambiental (Autoscout24, 2017).

Tabla 6-2: BMW M4 GTS Vs Nissan GT-R NISMO.

| Ficha Técnica | BMW M4 GTS | NISSAN GT-R NISMO |
|--------------------------|---------------------------|------------------------|
| Motor y cilindrada | 3.0 L6 Delantero | 3.8 V6 a 60 Delantero |
| Aspiración | Biturbo | Biturbo |
| Potencia | 500 CV a 6250 rpm | 600cv a 6800 rpm |
| Potencia Especifica | 167cv / litro | 158 cv /litro |
| Par | 600 Nm a 4000- 5550 rpm | 652Nm a 2800-5800 |
| Cambio | & velocidades | 6 velocidades |
| tracción | Trasera | Integral |
| Frenos del | 6 pistones 400mm. Carbono | 6 pistones 390mm Acero |
| Rueda delantera | 265/35 ZR/19 | 255/40 ZR 20 |
| Rueda trasera | 285/30ZR/20 | 285/35 ZR 20 |
| Peso | 1585Kg | 1720 Kg |
| Relación Peso / Potencia | 3.17Kg/cv | 2.86 Kg/cv |
| 0-100Km | 3.8 seg. | 2.5 seg. |
| V-max | 305 Km/h | 315 km / h |

Fuente: <http://8000vueltas.com/2017/01/30/comparativa-bmw-m4-gts-contra-nissan-gtr-nismo-europa-vs-japon.2017>

Nota: Nissan GT-R NISMO es más pesado pero llega de 0 a 100 km en menor tiempo que el BMW M4 GTS, gracias a su relación peso potencia baja. (Mientras menor sea la relación peso potencia mejor), menos consumo y por ende bajo impacto ambiental.

2.12.1 Cómo calcular relación entre peso y potencia

Calcular esta relación no es una tarea demasiado compleja, aunque antes de iniciar la operación conviene decidir si se quiere hacer contando únicamente el peso del vehículo vacío o sumando el tanque de combustible y la masa del conductor a la operación. La fórmula consiste simplemente en dividir el peso en kg entre la potencia del motor en CV (Autoscout24, 2017).

Así se obtiene una cifra aproximada de la masa que tiene que desplazar cada CV del propulsor de un coche, siendo esta cifra mejor cuanto más bajo sea el número que se obtiene al dividir ambos datos (Autoscout24, 2017).

2.12.2 Importancia de la relación peso potencia en coches

Esta relación define el comportamiento que un vehículo tendrá en carretera o pista, de esta manera pronosticar la capacidad de aceleración que tendrá, o en camiones la fuerza para transportar grandes cargas, esto para el usuario es mucha utilidad cuando se plantea la adquisición de un nuevo vehículo o camión. No obstante, este sencillo cálculo también sirve para comprender el consumo de combustible de un coche cualquiera (Autoscout24, 2017).

2.13 Método Manual de Materiales Compuestos (hand lay-up)

Este método es una de los más fáciles o sencillos para preparar una pieza reforzada con fibra. El proceso se lleva a cabo con un molde abierto, debidamente preparado para este procedimiento. La resina utilizada se mezcla con un catalizador o endurecedor, de otra manera el curado puede llevar días o incluso semanas, después el molde se moja con la mezcla mediante vertido o brochas. Las láminas de fibra de vidrio o de carbono se colocan sobre el molde y se asientan con rodillos de acero (PLÁSTICOS, 2013).

2.14 Cálculo de fuerzas y elasticidad en un material compuesto

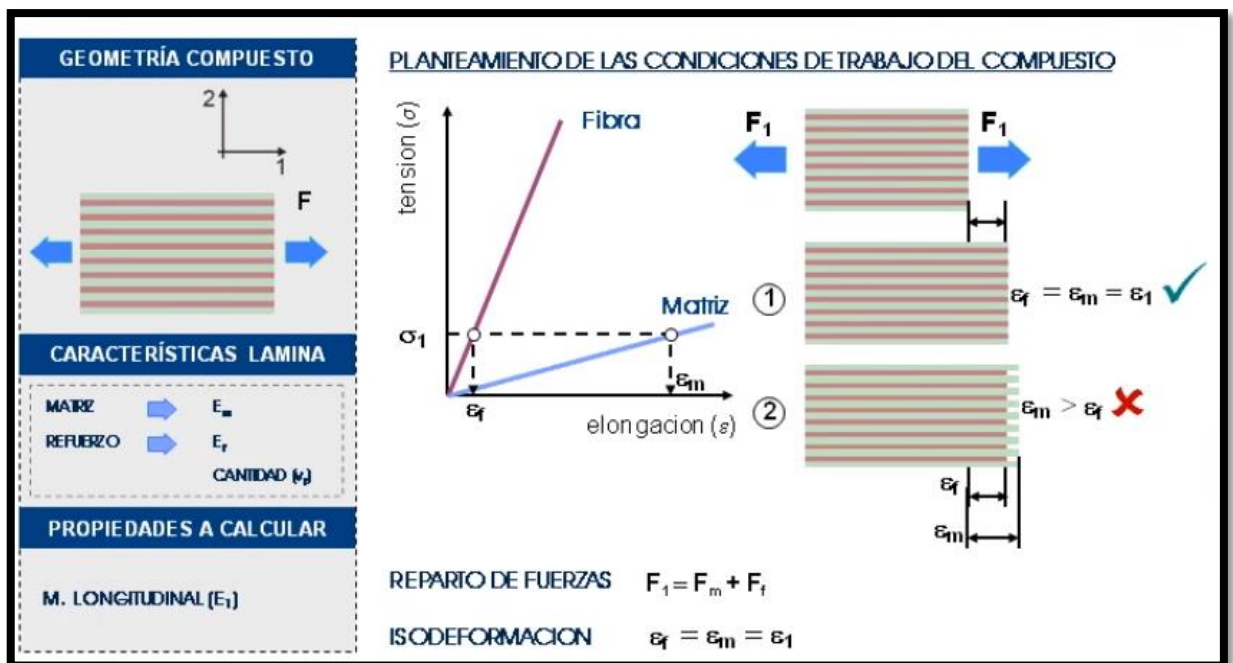


Figura 11-2. Cálculos de numero láminas de carbono

Fuente: (Kalpakjian, y otros, 2002)

MODULO LONGITUDINAL

REPARTO DE FUERZAS

$$f_1 = f_m + f_f \quad (1)$$

$$t = \frac{f}{A} \quad (2)$$

T= tensión

f= fuerza

$$A = \text{área} \quad t * a = f \quad t_1 * a_1 = t_m * a_m + t_f * a_f \quad (3)$$

$$t = E * e \quad (4)$$

t= tensión

E= modulo elástico

e= deformación

$$E_1 * e_1 * a_1 = E_m * e_m * a_m + E_f * e_f * a_f \quad (5)$$

VA A EXISTIR UNA ISODERFORMACION

$$e_1 = e_f = e_m \quad (6)$$

$$E_1 * A_c = E_f * A_1 + E_m * A_m$$

$$E_1 = E_f \frac{A_1}{A_c} + E_m \frac{A_m}{A_c}$$

ESTA FORMULA EN ESTE CASO SE UTILIZA PARA SACAR EL MÓDULO LONGITUDINAL

Como la matriz y la fibra tienen la misma longitud podemos decir:

$$\frac{V_f}{V_c} = \frac{A_f * L}{A_c * L} = \frac{A_f}{A_c} = V_f \quad (7)$$

$$\frac{V_m}{V_c} = \frac{A_m * L}{A_c * L} = \frac{A_m}{A_c} = V_m$$

$$E_1 = E_f * V_f + E_m * V_m$$

$$V_m + V_f = 1$$

$$E_1 = E_f * V_f + E_m(1 - V_f) \text{REGLA DE LAS MEZCLAS} \quad (8)$$

PARA CALCULAR EL MODULO EN LA DIRECCION TRANSVERSAL

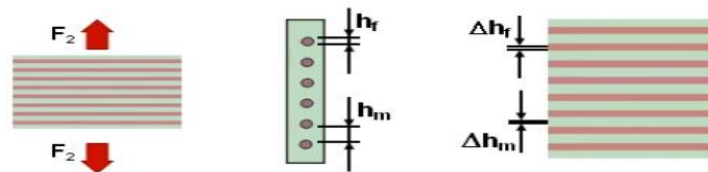


Figura 12-2 Deformaciones transversales

Fuente: (Kalpakjian, y otros, 2002)

$$F_2 = F_1 = F_m \quad t_2 = t_1 = t_m \quad (9)$$

$$\Delta h_c = \Delta h_f + \Delta h_m$$

$$e_2 * h_c = e_1 \Sigma h_f + e_m \Sigma h_m$$

$$t = E * e$$

$$\frac{t_2}{E_2} h_c = \frac{t_1}{E_1} \Sigma h_f + \frac{t_m}{E_m} \Sigma h_m$$

IGUALDAD DE TENSIONES

$$t_2 = t_f = t_m \quad (10)$$

$$\frac{1}{E_2} = \frac{1}{E_1} \left[\frac{\Sigma h_f}{h_c} \right] + \frac{1}{E_m} \left[\frac{\Sigma h_m}{h_c} \right]$$

$$\frac{1}{E_2} = \frac{V_1}{E_1} + \frac{V_m}{E_m}$$

$$E_2 = \frac{E_1 * E_m}{E_f * V_m + E_n * V_f}$$

$$E_2 = \frac{E_1 * E_m}{E_f (1 - V_f) + E_m * V_f}$$

2.15 Benchmarking

El benchmarking es un proceso continuo en el cual se toma como referencia los productos, procesos y servicios de las empresas líderes, para compararlos con el de su propia empresa u organización para realizar mejoras e implementarlas.

Este concepto puede ser aplicado a todo ámbito de la industria y también a la ingeniería en si puesto que se puede adaptar las buenas ideas a las condiciones propias de nuestro entorno y así realizar mejoras continuas. (Espinoza, 2017)

CAPÍTULO III

3. DISEÑO Y CONTRUCCIÓN

El diseño de un asiento deportivo es una parte de alta relevancia previo a su construcción, ya que se consideran parámetros que son necesarios en la pista, como el peso del conductor más las cargas producidas por la gravedad a alta velocidad, se debe tomar en cuenta que las fuerzas que debe soportar son dos y tres veces más que la de un asiento de serie.

Para la construcción propiamente dicha con el proceso hand lay-up se necesita de personal calificado en el tema, y un material acorde al tipo de condiciones que va a soportar la butaca y firewall, se debe considerar que la saturación de la fibra es importante ya que todo esto incide en la relación fibra resina además que las cantidades en peso son de relevancia con contenidos de una parte de endurecedor a tres de resina en este caso en particular epoxi ya que existen diferentes procesos que aligeran pesos y dan excelente porcentaje entre fibra resina, pero se necesita de maquinaria especializada con una bomba de vacío y un horno para el curado, este proceso permite más holgura en las tolerancias pero se sacrifica el peso puesto que subirá, también es necesario puntos claros para colocar los elementos de anclaje

3.1 Escáner 3D

Si se necesita una geometría con medidas similares a la real el proceso de escaneo es la vía más factible puesto a que servirá como guía para el croquizado, gracias a la facultad se obtiene el permiso y la asesoría para su uso, la interfaz Vx-element sirve para la visualización al momento del escaneo propiamente dicho.

3.1.1 Spaceclean

Software utilizado para visualizar distintos formatos y graficar desde el mismo así que se opta por esta herramienta gracias a su versatilidad. Logrando tener una geometría similar a la real del asiento y firewall para su posterior análisis con Ansys.

3.2 Parámetros del diseño

Para digitalizar un modelo real y obtener geometrías complejas para su posterior rediseño, se aconseja el uso del escáner 3D, al comenzar la fase de diseño se debe tener en cuenta múltiples factores como seguridad, ergonomía, confort y principalmente lo descrito en el reglamento de la fórmula SAE, partiendo de esto vamos a tener cada vez modelos más acordes con la realidad para su posterior análisis CAE.

En cuanto al diseño de nuestro asiento para el vehículo de competición fórmula SAE para el cual se está diseñando el asiento este tendrá características únicas en funcionalidad y estructura con lo cual se busca reducir su peso para aprovechar de mejor manera la disponibilidad del motor.

3.2.2 hipótesis nula:

La incidencia del peso en el rendimiento total del vehículo, a mayor peso, menor rendimiento.

3.2.3 hipótesis alterna:

La incidencia del peso en el rendimiento total del vehículo, a mayor peso, mayor rendimiento.

3.2.3 Diagrama de desarrollo firewall y asiento FSAE

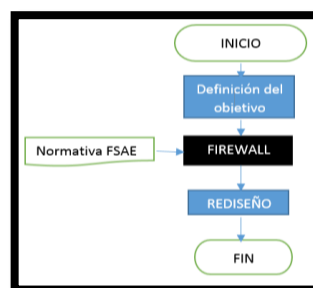


Figura 13-3 Diagrama de flujo firewall

Fuente: AUTORES, 2018.

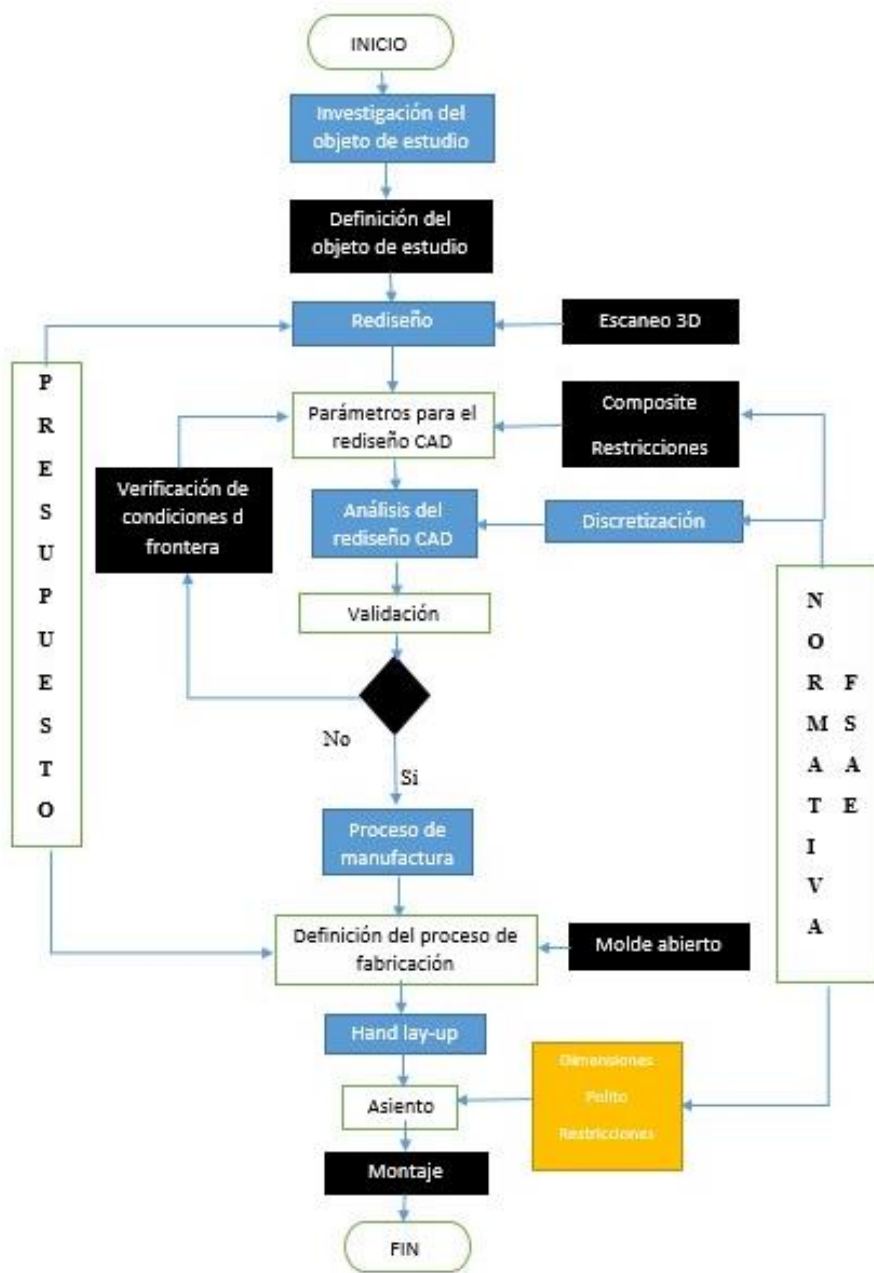


Figura 14-3. Diagrama de asiento FSAE

FUENTE: AUTORES, 2018.

3.3 Criterios de espacio

El espacio es un concepto muy importante a tomar en cuenta al momento de diseñar un asiento y mucho más si este va a formar parte de un vehículo de competición pues si este criterio no se toma de la manera adecuada traerá consigo problemas al momento de maniobrar el vehículo y en

la seguridad del ocupante que en caso de un siniestro el piloto debe evacuar la cabina lo más rápido posible.

- Debe haber un fácil acceso por parte del piloto en todo momento a la cabina del vehículo y a los demás componentes, además la ergonomía debe inferir directamente en la anatomía del piloto ya sea en pruebas o en la carrera propiamente dicha.
- Los elementos de seguridad deben estar colocados de una manera adecuada para que el piloto pueda conducir con relativa facilidad y actúen oportunamente

3.4 Cargas sobre el asiento y firewall

Todo sistema que forme parte de un vehículo de competición que va a estar sometido a movimiento va a estar sometido de una u otra manera a diferentes tipos de cargas, unos elementos en mayor proporción y otros en menor proporción.

Hablemos del caso específico de nuestro asiento que en caso de hallarse en movimiento va a estar sometido a diferentes cargas entre ellas: a la fuerza centrípeta, centrífuga, a la fuerza de oposición del aire (aerodinámica), la rigidez torsional, y en caso de sufrir impacto va a estar sometido a una alta fuerza de deformación

3.5. Análisis CAE (Computer Aided Engineering)

El análisis cae nos ayuda a identificar ciertas características de los materiales en este caso de estudio los compuestos, también se pueden analizar el comportamiento ya sean lineales o no, estas propiedades necesarias en casos de ingeniería, como es el la deformación total que no es más que el desplazamiento de los elementos así lo toma el software, identificar el factor de seguridad que es una referencia adecuada para los materiales o el esfuerzo máximo de los conjunto a analizar en este caso de estudio en particular el conjunto asiento firewall FSAE.

3.5.1 Análisis por tensión plana

Ansys 18.0 con su herramienta de análisis estático estructural permite realizar un estudio por tensión plana, de una u otra forma es lo más factible y confiable ya que se toman los elementos en 3D analizándolos en 2D de esta manera el gasto computacional es bajo y ya que las condiciones

de contorno dan facultades para ser analizadas con elementos sometidos a cargas axiales, tracción, flexión o tensiones, con respecto a la malla el número de elementos es menor.

3.6 Variables del diseño

3.6.1 Variables Independientes

Podemos mencionar como matriz polimérica a la resina epoxi y material de refuerzo a la fibra de carbono.

3.6.2 Variables Dependientes

Estarían definidas como las propiedades mecánicas.

3.6.3 Relación entre variables

El fin es obtener mejores propiedades para el material compuesto, lo que permitirá obtener el asiento formula SAE.

3.7 Desarrollo de las fases de diseño

3.7.1 Diseño Conceptual

En esta etapa se realiza dibujos y gráficos que representen lo que nosotros estamos buscando en el asiento, cabe recalcar que van a existir muchos gráficos preliminares que tal vez no contengan todo lo que necesitamos, esta etapa durará hasta que consigamos en el dibujo todo lo que buscábamos, a continuación se procederá a dibujar en el software el dibujo o gráfico final.

Para empezar con el diseño se debe tomar todos los datos ergonómicos y antropométricos del piloto además tomar muy en cuenta la reglamentación de la FSAE, como ya se ha mencionado en capítulos anteriores en lo que tiene que ver con seguridad, espacio, accesibilidad, etc.

Tenemos que tomar en cuenta el espacio disponible que tenemos para la ubicación del asiento dentro del monoplaza, también la ubicación del cinturón de seguridad de 5 puntos con sus respectivos anclajes al chasis.

3.7.2 Modelado del asiento asistido por software

Una vez que se ha realizado el diseño conceptual, se procede a la construcción del asiento utilizando un software CAD, cabe recalcar la importancia del software CAD ya que reduce tiempo en pruebas de construcción de prototipos y se puede corregir errores sobre la marcha, y nos permiten realizar un análisis estructural muy efectivo del elemento en cuestión, se puede mencionar que en esta fase también va a ser considerado las reglas y restricciones de la FSAE.

Cabe recalcar que las pruebas estructurales que se realicen al elementos en cuestión tanto en simulación como reales deben estar enfocadas a garantizar la seguridad del piloto en todo momento, para la construcción de este elemento se utilizara los software (Soliworks 2017) para el modelado 3D y en el software CAE ANSYS 16.1, y el respectivo análisis estructural del asiento ergonómico en conjunto con el firewall.

3.7.2.1 Modelado geométrico del asiento

Primero se realiza un croquis que nos dará la Figura del asiento este croquis se realiza de acuerdo a las reglamentaciones de la formula SAE. Esta líneas posteriormente pueden cambiar de acuerdo a los datos proporcionados por el piloto, por lo general para un monoplaza el peso máximo del piloto es de 77 kg. (170 lb).

3.7.3 Escenario de Simulación

El asiento es un elemento que se va a encontrar dentro del monoplaza del formula SAE, va a soportar cargas tanto internas como externas, las externas van a ser las producidas por la acción del propio movimiento del vehículo y las internas van a ser producidas por el peso del piloto.

Este asiento va a contar con un firewall que va a proteger al piloto de la temperatura del motor y en caso de incendios va a asilar al piloto., al momento de desplazarse el vehículo se van a producir muchas fuerzas entre ellas: fuerza de frenado, fuerza centrífuga las cuales van a actuar directamente sobre el piloto y el asiento estas van a producir deformaciones ya sean en pequeñas o grandes magnitudes las cuales van a poner a prueba la fiabilidad del material.

Si la velocidad y la geometría de la vía son extremas, las fuerzas que actúen sobre la butaca también van a ser mayores lo cual va a propiciar deformaciones en el material, de ahí la importancia de que el material se deforme hasta un cierto límite sin llegar a la fractura.

3.7.4 Asignación de las propiedades de la fibra de Carbono

Para realizar el análisis estático del asiento se utiliza el carbono en la selección del material, las propiedades de dicho material se obtuvieron por las mostradas en la tabla del material que se utilizó, posteriormente se utilizara estos datos en el programa de simulación ANSYS.

Tabla 7-3: Literatura técnica asiento FSAE de fibras de carbono.

| | |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Resistencia a la Tensión | 42750 kg/cm^2 4362 MPa. |
| Módulo de Tensión | 33.4x10 ⁶ psi, 230 GPa. |
| Elongación a la ruptura | 1.8 % |
| Densidad | 1.76 g/cm^3 |
| peso por m ² | 600 gr. |
| Resistencia ultima a la tensión | 1290 $\frac{Kg}{cm}$ de ancho de refuerzo VCF- 1800 |

Fuente: AUTORES, 2018.

3.8 Cálculos para la validación en Ansys

3.8.1 Fuerza de frenado del vehículo

$$F_f = m * a \quad (11)$$

m= masa del vehículo

a= aceleración del vehículo

$$F_f = 1113.35 N$$

3.8.2 Fuerza centrífuga producida por el piloto

$$F_c = \frac{m * V^2}{r} \quad (12)$$

V= velocidad típica de prueba

r= radio

$$F_c = \frac{(73.74) * (15.83 \frac{m}{s})^2}{2.3 m}$$

$$F_c = 803.40 N$$

$$F_{cx} = 802.91 N$$

$$F_{cy} = 28.03 N$$

3.8.2 Peso del piloto

$$W = m * g * k \tag{13}$$

$$W = (73.74) * (9.81) * 1.5$$

$$W = 1085.08 N$$

$$W_a = 1085.08 N * \cos 60$$

$$W_a = 542.54 N$$

$$W_c = 1085.08 * \sen 60$$

$$W_c = 939.74 N$$

3.8.3 Asignación del peso del conductor

$$P_c = \frac{W}{A_c} = \frac{989.71 N}{0.7281 m^2} = 1250.63 \frac{N}{m^2} \tag{14}$$

$$P_c = 1250.63 N$$

3.8.4 Asignación de la Torsión generada por la fuerza centrífuga

$$Mtx_{F_c} = F_{cx} * X \tag{15}$$

$$Mtx_{F_c} = (802.91 N) * (0.49 m)$$

$$Mtx_{F_c} = 833.43 N$$

$$Mty_{F_c} = (28.03 N) * (0.37 m)$$

$$Mty_{F_c} = 10.37 N.m$$

3.8.8 Momento de flexión generado por la fuerza de frenado Mt_{F_c}

$$Mt_{fy} = F_t * y \quad (16)$$

$$Mt_{fy} = (1113.5 \text{ N}) (0.37\text{m})$$

$$Mt_{fy} = 411.94 \text{ N}$$

$$X=0.12\text{m}$$

$$Y= -0.005\text{m}$$

$$Z= 1.08 \text{ m}$$

3.9 Rediseño y Análisis de conjuntos FSAE fibra de carbono y cabuya.

Para el obtener la figura se utiliza el software Solid Works 2017 por medio del croquis se puede obtener un superficie lo más cercana a la real, si se desea tener ideas claras del comportamiento de los asientos ya sea por análisis estático o mecánica de fluidos computacional lo más aconsejable sería comparar los asientos y corregir los pequeños errores que por el proceso siempre van a existir siempre, por eso está el termino postproceso que no es más que corregir ciertas fallas en el diseño original, con estas herramientas de Ansys 18.0 se puede notar claramente los problemas que sufran tanto el asiento como el firewall.

3.9.1 Geometría y posición original del conjunto asiento y firewall proporcionado por escáner 3D.

Para la obtención de una geometría acorde a la real se opta por el escaneo del conjunto asiento y firewall FSAE, gracias a que al facultad consta de la herramienta necesaria para el escaneo, a ayudados de spaceclaim se puede obtener un croquis fiable, para su posterior análisis en Ansys 18.0 con la herramienta static estructural.

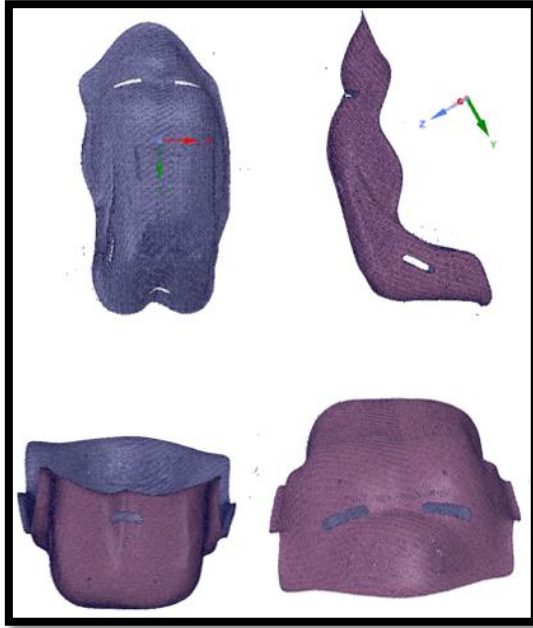


Figura 15-3. Asiento FSAE escaneado

Fuente: AUTORES, 2018.

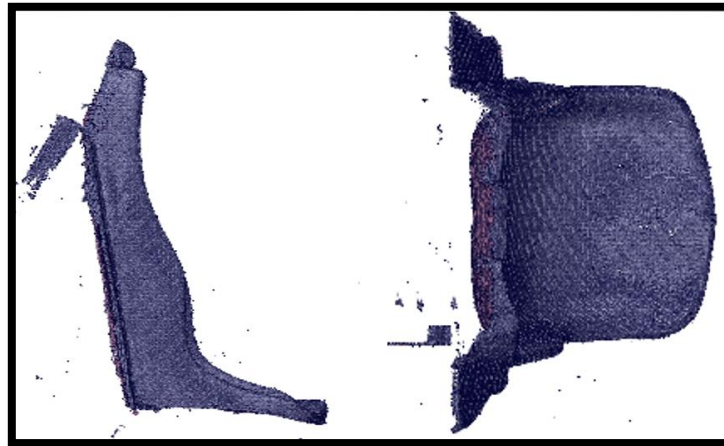


Figura 16-3. Firewall FSAE escaneado

Fuente: AUTORES, 2018.

3.9.2 Rediseño asiento FSAE con matriz de resina epoxi y refuerzo de fibras de vidrio y carbono.



Figura 17-3. Asiento FSAE de fibras de carbono, vidrio y resina epoxi.

Fuente: AUTORES, 2018.

3.9.2.1 Centro de gravedad asiento FSAE de resina epoxi y fibras de vidrio y carbono.

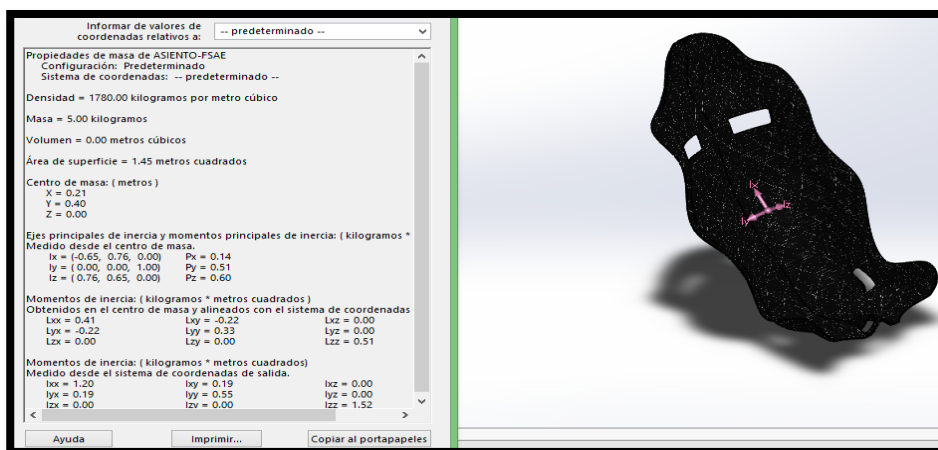


Gráfico 7-3. Centro de gravedad asiento FSAE de carbono

Fuente: AUTORES, 2018.

3.9.3 Rediseño del firewall de FSAE

Se corrige el firewall 10 grados en comparación con su base, dotando de una posición más deportiva al asiento FSAE con respecto a la posición original, logrando adaptar a la nueva disposición del conjunto. En la práctica se toma una referencia, se mide el ángulo nuevo, se realiza el corte con una amoladora y la ayuda de alguien con experiencia.

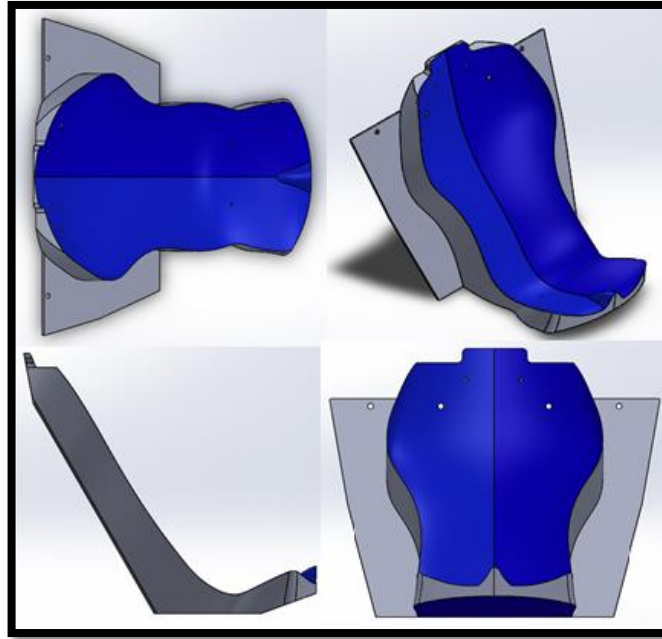


Figura 19-2. Firewall FSAE de resina de poliéster y fibra de cabuya

Fuente: AUTORES, 2018.

3.9.4 Nueva posición del conjunto asiento-firewall FSAE

En la figura se muestra el rediseño en forma de ensamble para tener un idea de cómo el conjunto se verá en realidad, gracias a todas las consideraciones que se tiene al inicio en el planteamiento del problema, con una solución a priori en el momento pero refutada por este caso de estudio.



Figura 20-3. Conjunto asiento FSAE de fibras de carbono, vidrio y resina epoxi y firewall de resina de poliéster y fibra de cabuya

Fuente: AUTORES, 2018.

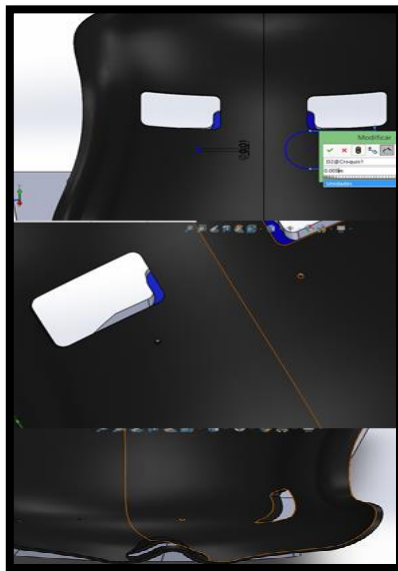


Figura 21-3. Asistente de taladro de 0.005 m de diámetro

Fuente: AUTORES, 2018.

3.10. Análisis aerodinámico

Considerando que el aire es un fluido el software ansys con su herramienta flued nos da una idea del comportamiento que tendrá el asiento FSAE, para realizar correcciones que sean necesarias para que la geometría sea aerodinámica, disminuyendo la resistencia al avance y aumentando el downforce, brindando seguridad y ahorrando energía química.

Todo esto hará que el conductor se sienta confiado de su integridad en curvas gracias al efecto lift negativo y al reducir el coeficiente drag de alguna forma sabe que se mueve con menor resistencia en el espacio.

3.10.1. Mecánica de fluidos computacional CFD

Es una herramienta de ansys 18.0 que detalla con más claridad los efectos que se produce en este proyecto de titulación ya que se puede adaptar a consideraciones de frontera, es decir que simula el comportamiento que tendrá, pegado la realidad, mostrando resultados más claro y conciso del comportamiento que del conjunto asiento, firewall FSAE.

3.10.1.1 Análisis del asiento de fibra de cabuya en relación a su posición y geometría original.

Al momento de analizar se necesita hacer una comparación de los dos conjuntos original y rediseño, para validar las mejoras ejercidas, con esto se quiere demostrar es estudio de este caso en particular que es el comportamiento estático estructural y aerodinámico, en los círculos se muestra donde se enfatizara en cambio el firewall de ángulo en la base y el asiento en la parte frontal que es una geometría que se debe rediseñar.

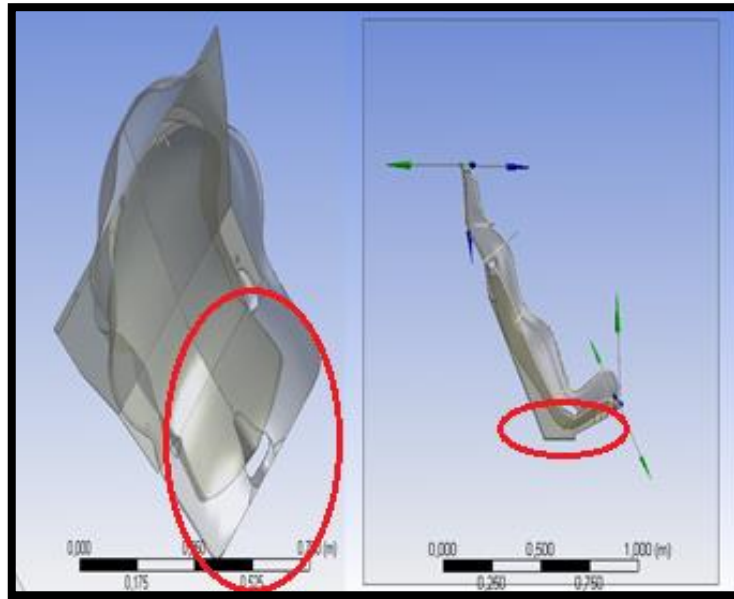


Figura 22-3. Asiento de fibra de cabuya en relación a su posición y geometría

Fuente: AUTORES, 2018.

3.10.1.2 Detalles de la simulación aerodinámica acerca del asiento FSAE fibra de cabuya.

El mallado es de relevancia alta, se elige el método tetraedros por su fácil adaptación a la forma de la geometría, se debe realizar varias configuraciones de mallados para llegar a un número equilibrado de elementos y nodos, para mantener el gasto computacional bajo, se elige la velocidad máxima que llega un FSAE que es de 35 m/s, se debe tomar en cuenta que si se extraerán los resultado de coeficientes C_L y C_D que es importancia para esta caso, se debe elegir la configuración k- ϵ , para las iteraciones se puede considerar 200 como un número bajo pero como se puede notar en los resultados las gráficas son adecuada.

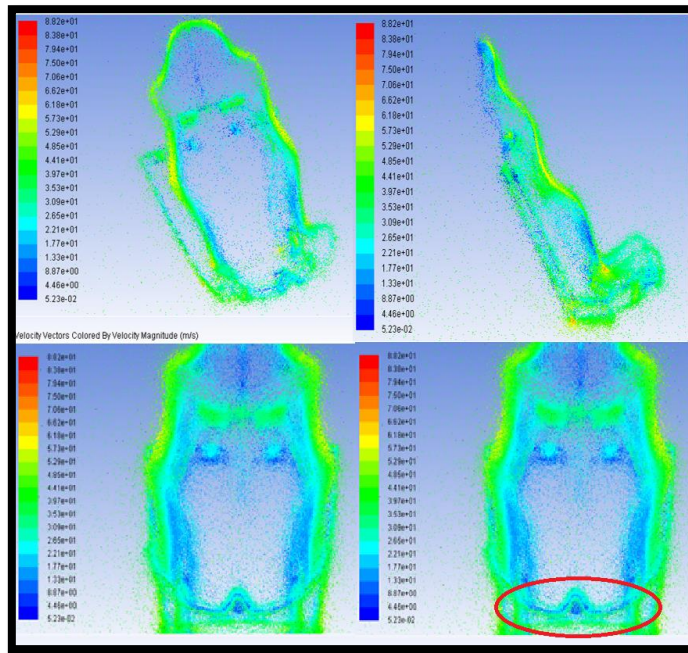


Gráfico 9-3. Velocidad sobre asiento FSAE de fibra de cabuya

Fuente: AUTORES, 2018

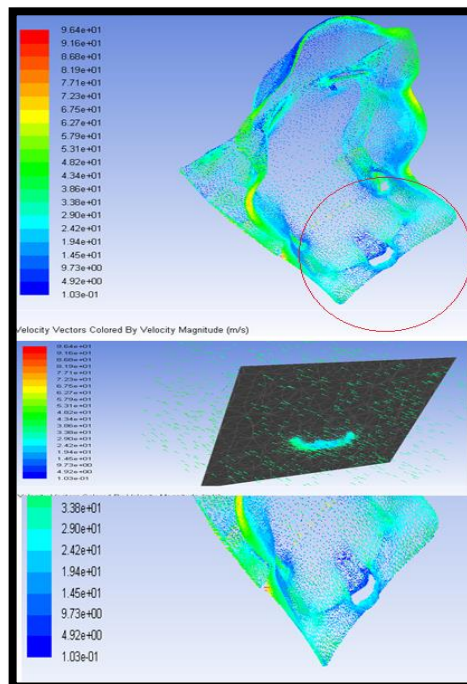


Gráfico 10-3. Consideración para rediseño

Fuente: AUTORES, 2018.

3.10.1.4 Presión asiento de fibra de cabuya.

Con respecto a la presión sobre la geometría original, se puede decir que existen partes que aumentan dicho valor, ya sea por rugosidad del material o errores de construcción, así que para disminuir esa presión excesiva o remanente, de alguna manera se debe contrarrestar ya sea por geometría o un material de acabado superficial adecuado sin mayor rugosidad.

Con esto hace que el fluido circule sin mayor restricción, ese parámetro es esencial si se busca geometrías aerodinámicas y el asiento FSAE no está alejado de una forma adecuada, pero como se ve en la figura 10-3 la parte frontal es donde sufre más.

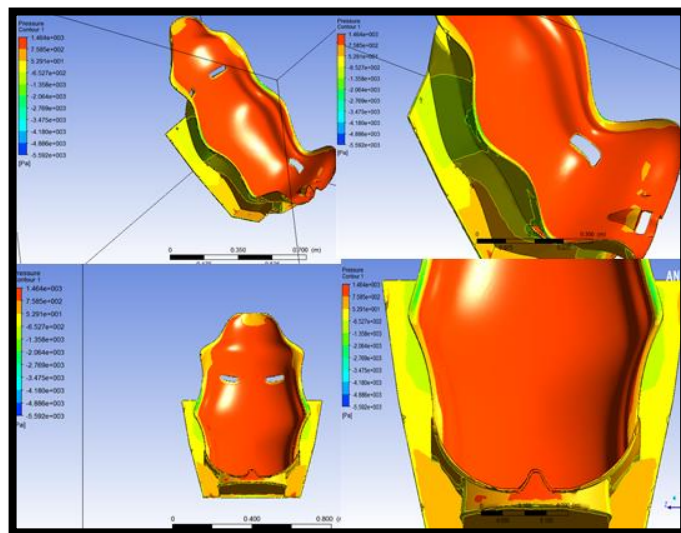


Gráfico 11-3. Presión sobre el conjunto de fibra de cabuya.

Fuente: AUTORES, 2018.

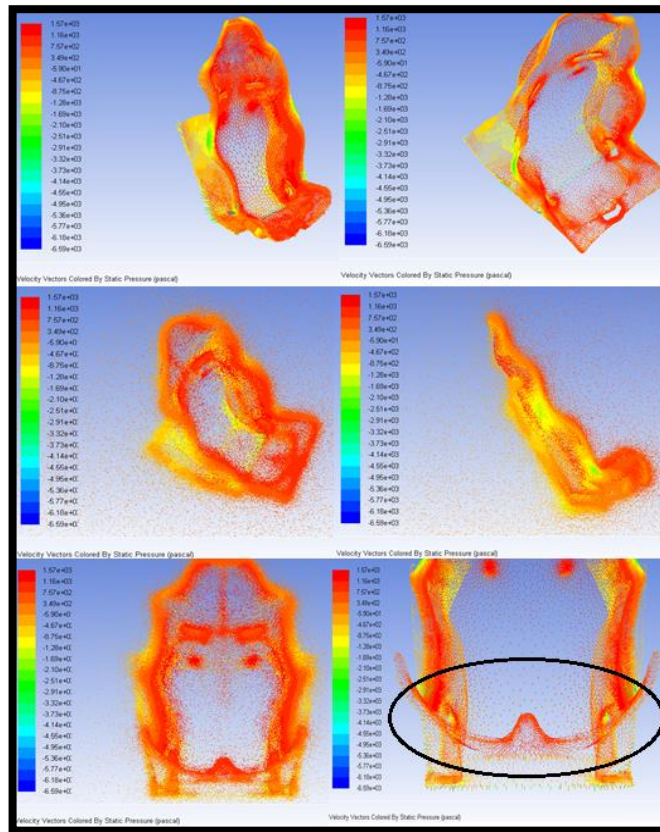


Gráfico 12-3. Presión sobre el asiento de fibra de cabuya

Fuente: AUTORES, 2018.

Tabla 8-3: Tabla de resultado de simulación aerodinámica.

| | Asiento de fibra carbonoo | Asiento de fibra cabuya |
|------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| Velocidad máxima [m/s] | 81 | 65 |
| Velocidad mínima [m/s] | 4 | 1 |
| Presión máxima [Pa] | 900 | 1464 |
| Presión mínima [Pa] | -7850 | -5592 |
| Coefficiente litf | -1.5 | -1.2 |
| Coefficiente drag | 0.35 | 0.58 |

Fuente: AUTORES, 2018.

3.10.1.5 Análisis del asiento de fibra de carbono basados en el rediseño.

Es necesario el realizar el análisis con las respectivas correcciones después de verificar en la simulación anterior, los datos son para validar y corroborar ciertas características de ingeniería que son importantes porque exponen situaciones que podría pasar después de realizar los cambios mencionados la posición de firewall realizando un corte de 10 grados en la base para cambiar la posición y el centro de gravedad del asiento.

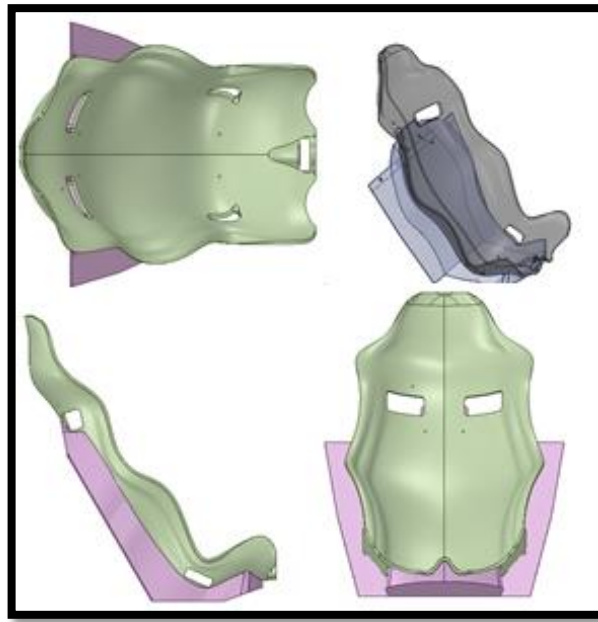


Figura 23-3. Asiento FSAE de resina epoxi y fibras de vidrio y carbono rediseñado.

Fuente: AUTORES, 2018.

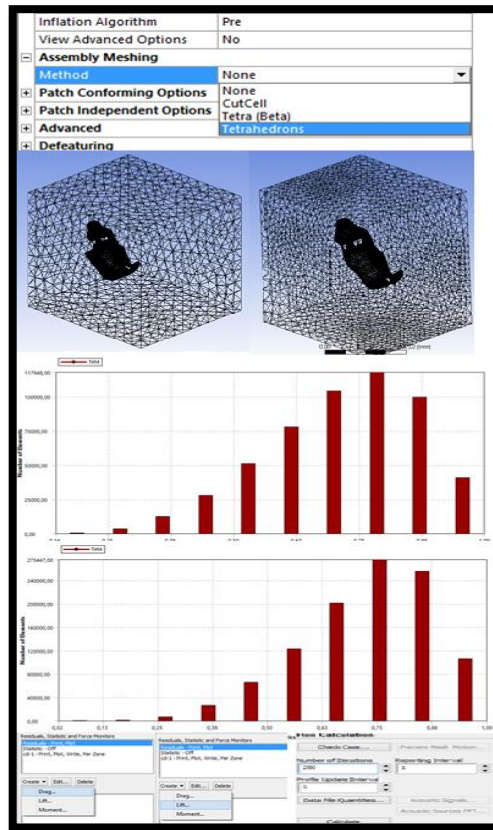


Gráfico 13-3. Consideraciones para el conjunto y asiento FSAE.

Fuente: AUTORES, 2018.

3.10.1.6 Presión de aire sobre el asiento FSAE fibra de carbono.

Los valores en rojo son secciones que expresan mayor cantidad de presión sobre la geometría, pero si podemos comparar con la presión atmosférica 101.000 Pa, mayores presiones expresan alto contacto del aire sobre la geometría o superficies con rugosidad alta, se puede considerar altas presiones cuando superen la atmosfera de presión, ya que se estaría expresando la velocidad del aire se acercó a 0 m/s

La geometría puede revelar el valor máximo de 633 Pa que es igual a 0.006 atm. Y valor mínimo de -4633 Pa. Todo esto resulta que no existen presiones de alta consideración.

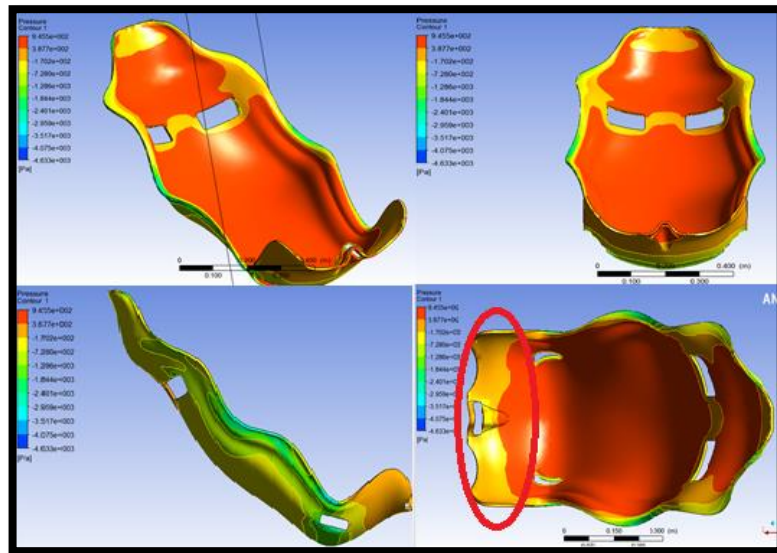


Gráfico 14-3. Presión sobre el asiento FSAE de fibra de carbono.

Fuente: AUTORES, 2018.

3.10.1.7 Velocidad del aire sobre el conjunto asiento-firewall y asiento FSAE de fibra de carbono.

Se puede notar claramente donde existe mayor velocidad del aire en la geometría, ya que los colores describen máximas velocidades 71.09 m/s y mínimas 0 m/s, los resultados son favorables para el asiento FSAE, ya que hay espacios considerables donde al aire pasa a gran magnitud esto quiere decir que se ajusta a una geometría aerodinámica.

Gracias a bordes redondeados se puede realizar autopartes acorde con a la aerodinámica, y si son de peso ligero, son formas de ahorrar energía química, como resultado menor contaminación ambiental, adoptando estos conceptos en el trabajo de titulación presente.

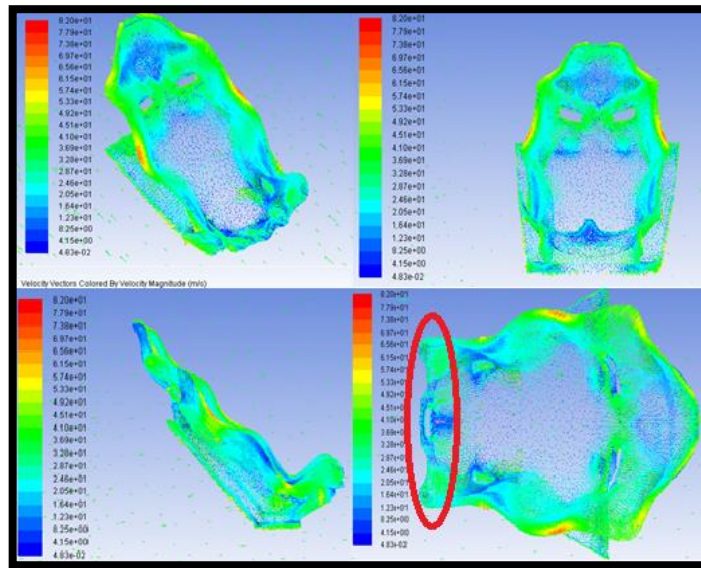


Gráfico 15-3. Velocidad sobre el asiento y firewall FSAE de fibra de carbono.

Fuente: AUTORES, 2018.

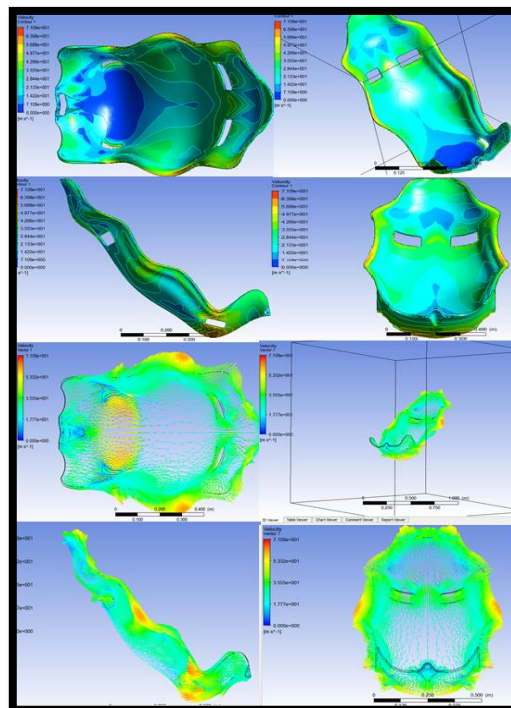


Gráfico 16-3. Velocidad sobre el asiento FSAE de fibra de carbono

Fuente: AUTORES, 2018.

3.10.1.8 Turbulencia cinética

Para valorar la turbulencia cinética se debe tener referencia así que entre 200 y 400 es un número estable, entre 100 y 50 son valores bajos y adecuados por que reflejan que la geometría es aerodinámica sin que se pierda la capa límite, y si marcó una turbulencia cinética baja como es el ejemplo, todo esto es favorable para trabajo de titulación presente, puesto a que las consideraciones ha dado excelentes resultados.

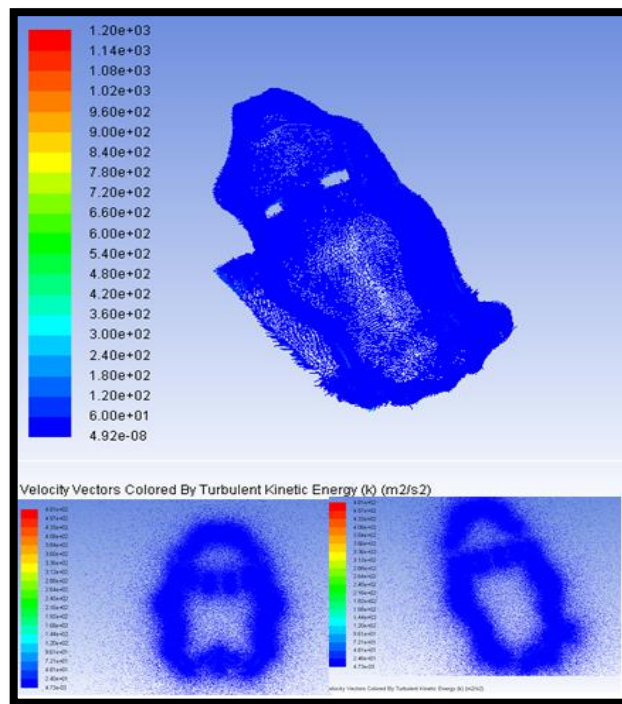


Gráfico 17-3.Turbulencia cinética sobre el asiento y firewall fsae de fibra de carbono.

Fuente: AUTORES, 2018.

3.11 Análisis estático asiento FSAE matriz de resina epoxi y refuerzo de fibras de vidrio y carbono.

Aquí se puede definir las consideraciones como cargas, puto fijos y el centro de gravedad del conjunto que es un parámetro de mucha importancia, ya que es un punto donde se transmiten las fuerzas consideradas en la discretización, en la práctica la discriminación es el planteamiento del problema, se debe considerar todos los aspectos de la vida real para tener un resultado más acorde y fiable, ya que si no se consideran existirán errores al momento de la simulación.

Se considera valores como módulo de Young, módulo de corte, carga máxima etc. Y el cambio de posición mas no de ángulo del asiento rediseñado con respecto al anterior estudio que era de un asiento ergonómico, los cambios son elementales pero de gran significancia para el objetivo dotar de una posición deportiva logrado cambiar ciertas características del conjunto como son el ángulo de firewall, la reducción de coeficiente drag, que se demuestra en el análisis aerodinámico y el valor es de 0.35.

3.11.1 Discretización

3.11.1.1 Centro de gravedad.

El centro de gravedad es muy importante puesto que es donde se van a concentrar las carga, y ya que estas son al encargadas de deformar al conjunto de una u otra forma ya sea por momentos flectores, tozores, fuerza de frenado, presión del piloto ect.es donde se debe colocar las fuerzas en la simulación.

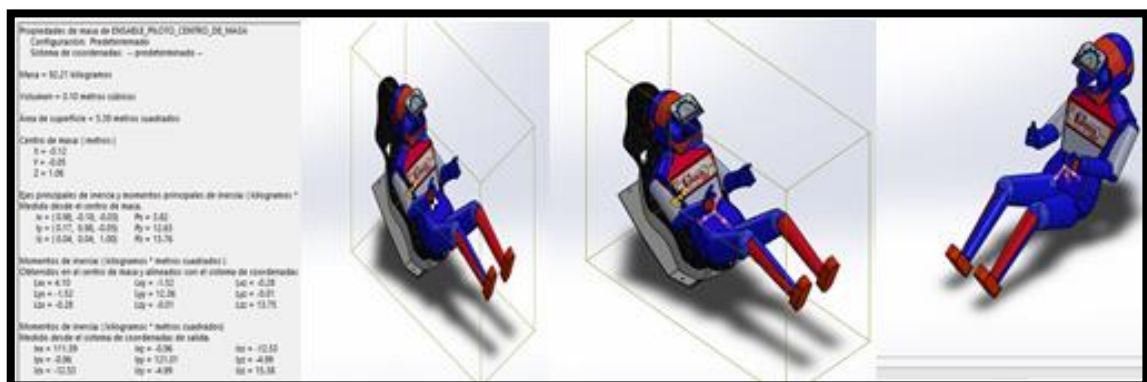


Gráfico 18-3. Centro de gravedad asiento, piloto y conjunto

Fuente: AUTORES, 2018.

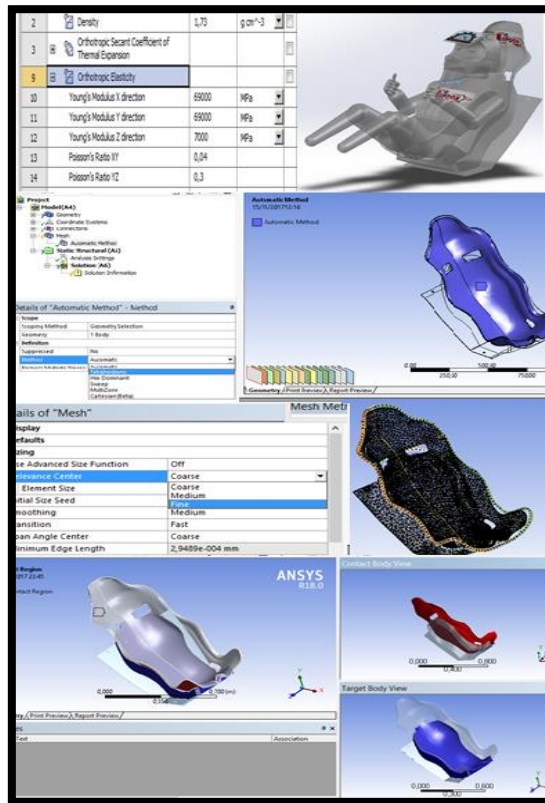


Gráfico 19-3. Asiento y firewall FSAE de fibra de carbono detalle de la simulación.

Fuente: AUTORES, 2018.

3.11.1.2 Asignación de soportes fijos.

Para la simulación estática estructural es necesario efectuar soportes fijos, ya que será un punto de referencia donde el mallado estará fijo de alguna manera, ayudando a validar el análisis, se debe tomar en cuenta que es un parámetro importante delimitar puntos fijos en la discretización del problema.

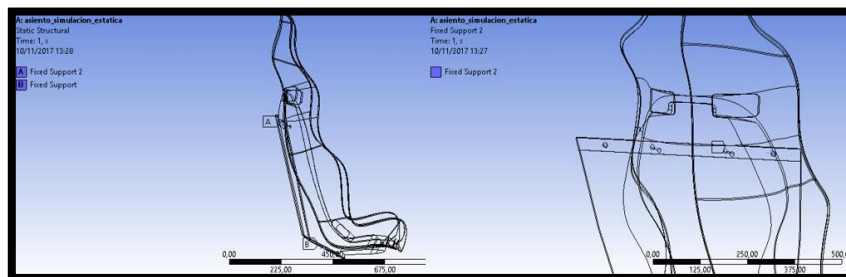


Figura 24-3. Soportes fijos

Fuente: AUTORES, 2018.

3.11.1.3 Fuerza de frenado del vehículo.

La fuerza de frenado es un aspecto importante al momento de validar los datos ya que es una carga que siempre estará presente al monto de las competencias, y se calcula con un valor promedio de peso, respaldados por el percentil 95, que indica un peso de 70 kg, tomando los valores de referencia al estudio anterior del asiento FSAE de fibra de cabuya con matriz de poliéster.

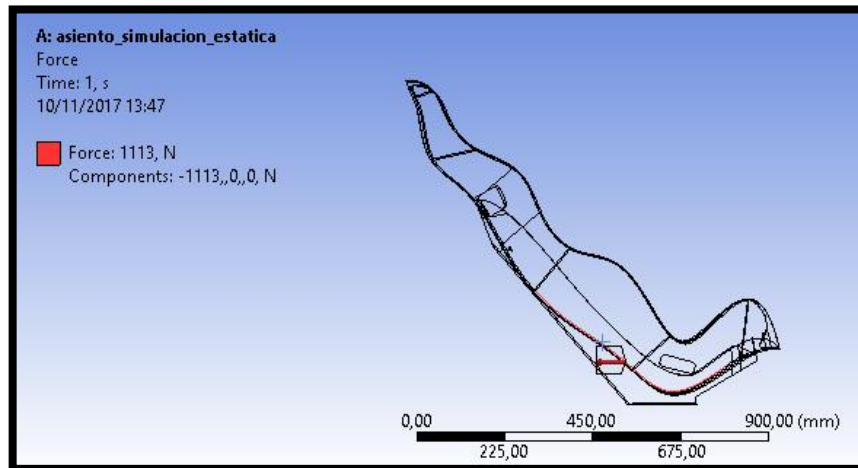


Figura 25-3. Fuerza de frenado.

Fuente: AUTORES, 2018.

3.11.1.4 Fuerza centrífuga

Al momento de tomar la curvas con aceleración alta se sentirá la fuerza centrífuga, que intentará hacer que al automotor se incline hacia fuera, tomando en consideración la suspensión se comprime unos dos grados con respecto al eje, haciendo que sea un fuerza de relevancia para el análisis estático.

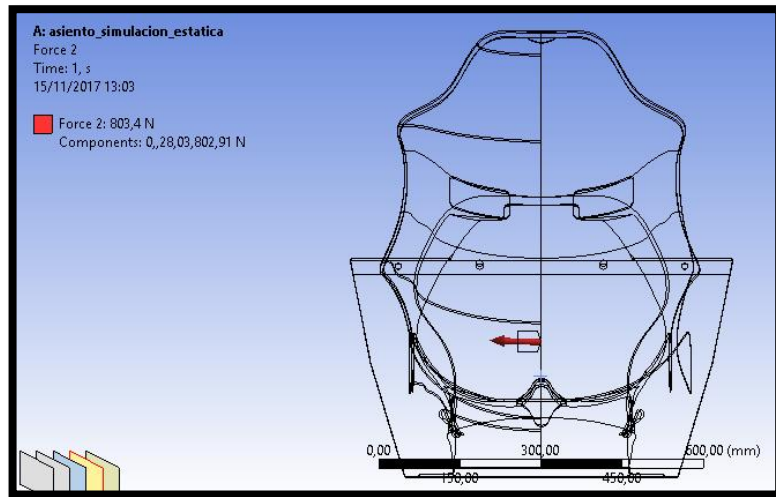


Figura 26-3. Fuerza centrífuga.

Fuente: AUTORES, 2018.

3.11.1.5 Peso ejercido por el piloto

La fuerza que ejerce el piloto hacia al centro de gravedad de la tierra es un valor importante ya que siempre estará presente al momento de la carrera, es decir que es un elemento de vital importancia para el cálculo de estático, así e se obtendrá valores cercanos la deformaciones totales reales, todo esto hará que los resultados se manifiesten de mejor manera gracias a las consideraciones de ingeniería que es la dizcretzacion.

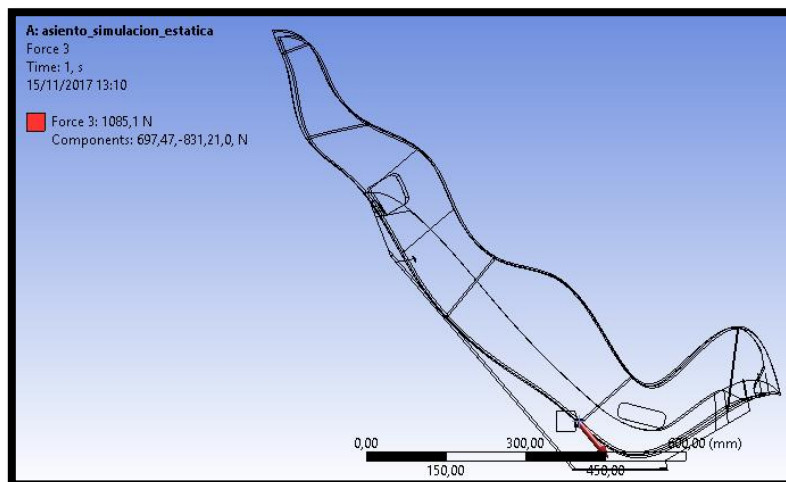


Figura 27-3. Peso ejercido por el piloto

Fuente: AUTORES, 2018.

3.11.16 Presión ejercido por el piloto

La fuerza que ejerce el piloto sobre un área de contacto, es decir el peso aplicado a la superficie del asiento, se debe asignar dicha fuerza ya que es un valor que siempre estará presente gracias a la presión y la gravedad sobre la superficie del asiento FSAE.

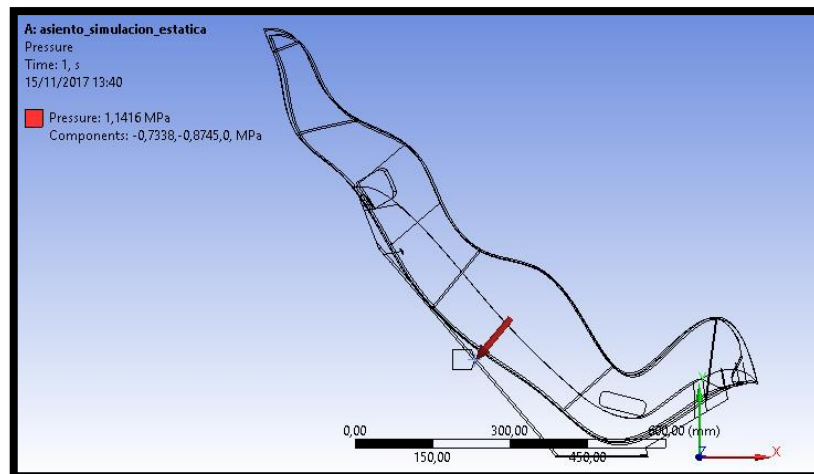


Figura 28-3. Presión ejercido por el piloto.

Fuente: AUTORES, 2018.

3.11.17 Momento torsor generado por la fuerza centrífuga.

El momento es generado por la fuerza centrípeta y la distancia perpendicular creando un momento torsor al eje de referencia, haciendo que se susciten ciertos puntos de deformaciones que hasta el momento no se consideran, llevándonos más al resultado real.

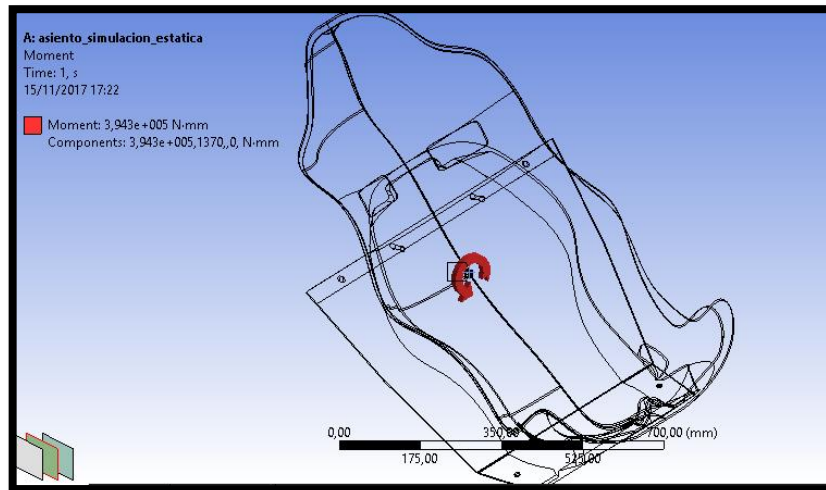


Figura 29-3. Momento torsor generado por la fuerza centrífuga.

Fuente: AUTORES, 2018.

3.11.1.8 Momento creado por fuerza de frenado (momento flector).

El momento flector esta generado gracias a la fuerza de frenado y la distancia perpendicular al eje de referencia logrando deformar más al ensamble asiento y firewall, esta consideración es importante puesto a que dicha fuerza siempre ejercerá el momento eso depende mucho del peso del piloto.

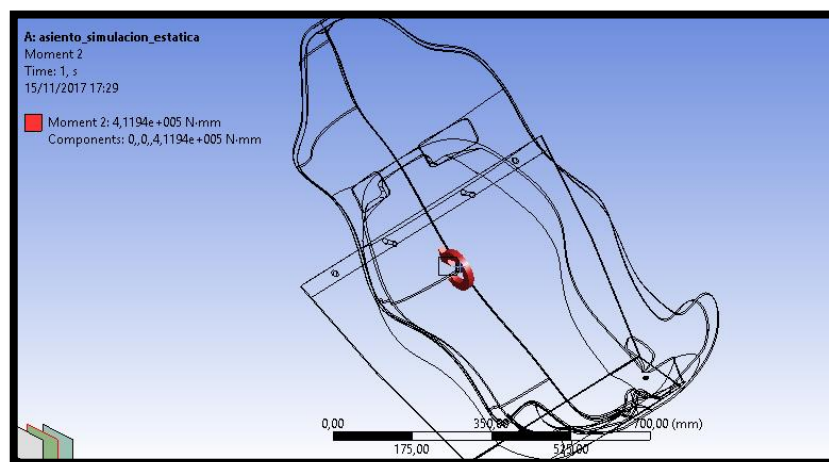


Figura 30-3. Momento creado por fuerza de frenado (momento flector).

Fuente: AUTORES, 2018.

3.11.1.9 Temperatura externa del motor.

La temperatura transmitida es un parámetro importante para el caso de estudio presente, puesto a que el firewall siempre estará recibiendo calor desde el motor, ayudando más a la deformación total de dicho elemento, con esto en la discretización se detalla de una forma acorde a la real.

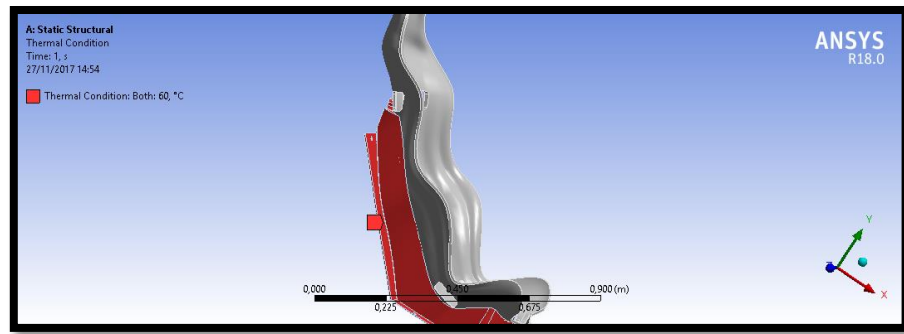


Figura 31-3. Temperatura externa del motor.

Fuente: AUTORES, 201

3.12 Simulación

Para tener una idea cercana a la realidad del comportamiento del asiento FSAE sometido a cargas externas, existen herramientas para resolver este tipo de problemas como Static Structural en Ansys 18.0 que utiliza el MEF para ver al desplazamiento de la malla, es de mucha utilidad en ingeniería ya que se puede virtualizar los resultados en un ordenador, teniendo números similares a los encontrados en los laboratorios de comportamiento de asientos que son muy costosos.

Para el análisis aerodinámico se utiliza la herramienta fluid flow (fluent) de Ansys 18.0 que sirve para mostrar variables como velocidad, presión etc. del aire sobre un sólido dando a relucir donde existen puntos de presión con la geometría y la velocidad en dichos puntos en colores que claramente dan una idea más detallada de lo que se busca inicialmente donde existen mayores presiones y menores velocidades.

3.12.1 Resultados del análisis con la herramienta static structural.

La importancia de interpretar los resultados es vital para el desarrollo de los proyecto, ya que delataran esfuerzos máximos, deformaciones totales y zonas críticas que deberán ser eliminadas

con al momento de la manufactura y los más impórtate el factor de seguridad que es un número que describe cuan resistente es el elemento sometido a cargas, en este de estudio el asiento FSAE.

3.12.2 Resultados del análisis con la herramienta fluid flow (fluent).

Se detalla básicamente las presiones y velocidades del aire sobre la geometría describiendo donde sufre más, para recudir los coeficientes drag y aumentar el coeficiente lift, para crear autopartes aerodinámicamente apropiadas, expresando en forma gráfica y numérica los valores a calcular, limitando parte de la geometría para su debido tratamiento de corrección.

3.13 Deformación total asiento FSAE matriz de resina epoxi y refuerzo de fibra de vidrio y carbono.

Para tener una idea cercana a la real se puede escoger distintos resultados de ingeniería que muestran como es la deformación total, que indica de manera gráfica y numérica donde se debe reforzar el material, ya sea en espesor o contenido de carbono, en la (Figura 49). Representado el valor máximo de 0.00037 m minio 4.2067e-5 m, en forma gráfica en consecuencia se opta por dar refuerzo de una capa extra de carbono de 300g transversal al eje principal ayudando a disminuir la deformación significativamente en el asiento FSAE.

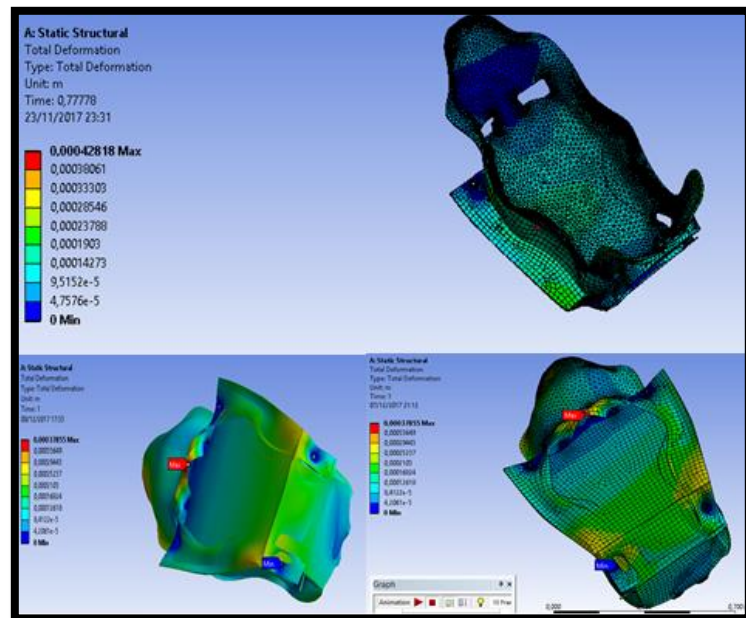


Gráfico 20-3. Deformación total asiento FSAE

Fuente: AUTORES, 2018.

3.13.1 Análisis estático estructural al elevar sus cargas en 10.

Si se necesita saber que partes de la geometría sufren mayores esfuerzos y deformaciones se puede elevar las cargas sobre el asiento, en este caso en particular se eleva por 10, para tener una idea clara de donde se necesita reforzar previo a la construcción, logrando resultados satisfactorios en el análisis.

Se refuerza la parte baja del asiento ya que sería obvio ya que el centro de gravedad disminuyo, haciendo que las fuerzas y deformaciones cambien, para corregir la deformación total se utiliza para el trabajo de titulación presente una capa extra de carbono, con dichas correcciones lograra dar mayor resistencia al asiento FSAE, así resguardando la integridad del piloto en todo momento y en casos de un colisión.

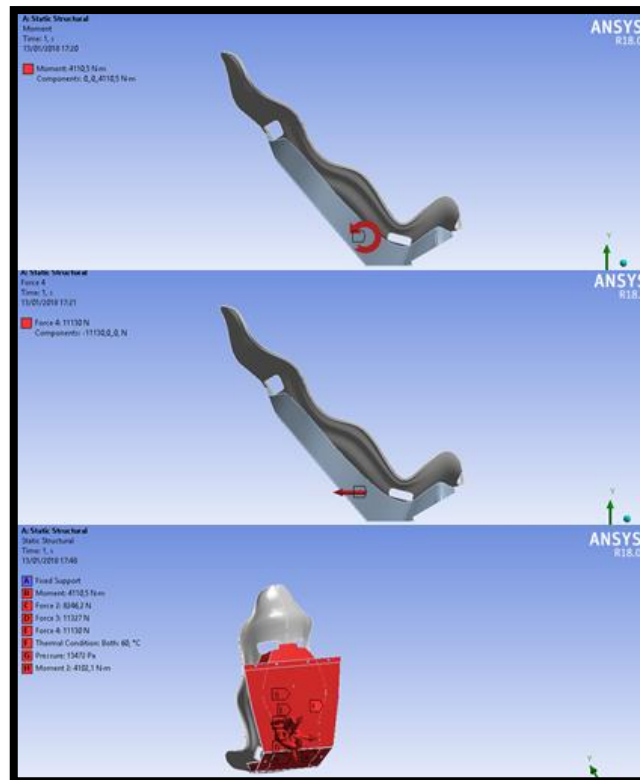


Figura 32-3. Cargas sobre asiento elevadas en 10

Fuente: AUTORES, 2018.

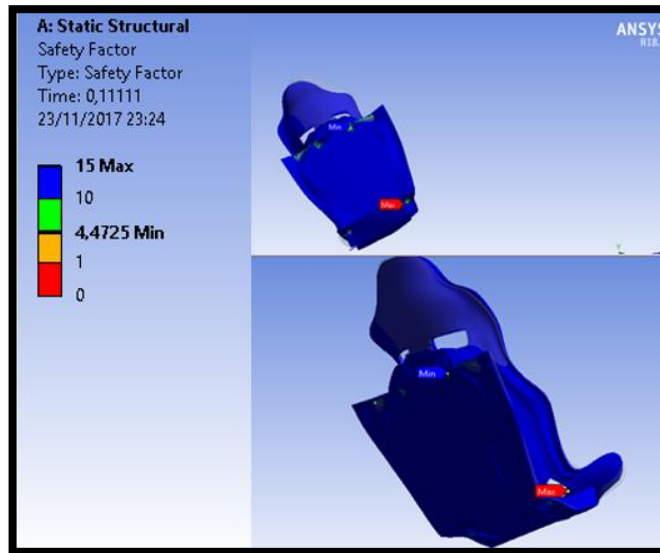


Gráfico 22-3. Factor de seguridad

Fuente: AUTORES, 2018.

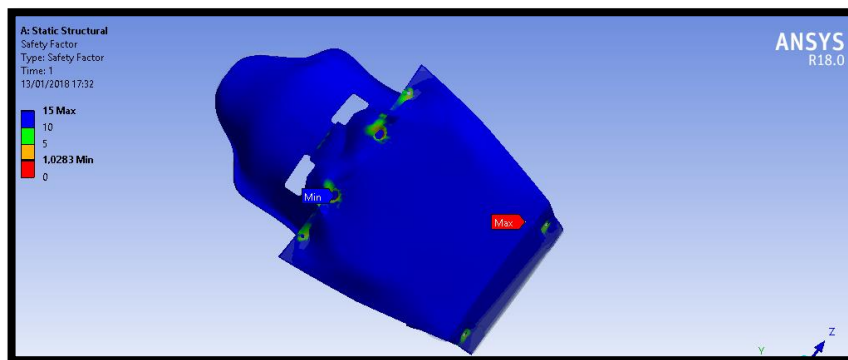


Gráfico 23-3. Factor de seguridad al elevar sus cargas en 10.

Fuente: AUTORES, 2018.

3.15 Stress equivalente asiento FSAE matriz de resina epoxi y refuerzo de fibra de vidrio y carbono.

El valor expresado por el cálculo de diseño Von mises especifica de forma gráfica donde sufre la geometría (Figura 55). Más esfuerzos, el valor máximo es de 0.4 GPa y el valor mínimo 452.1 Pa. Como resultado el desplazamiento en la malla, expresando de forma virtual puntos específicos donde necesita reforzar el conjunto en el trabajo de titulación presente.

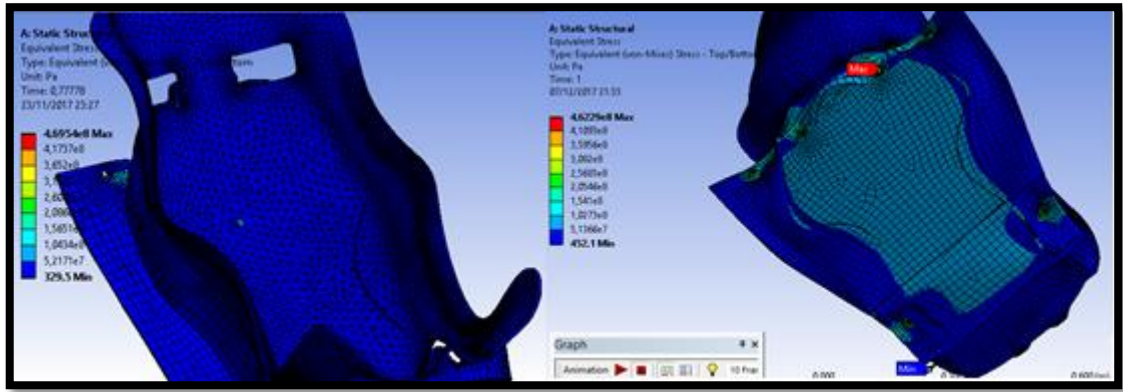


Gráfico 24-3. Stress equivalente asiento FSAE matriz de resina epoxi y refuerzo de fibra de vidrio y carbono.

Fuente: AUTORES, 2018.

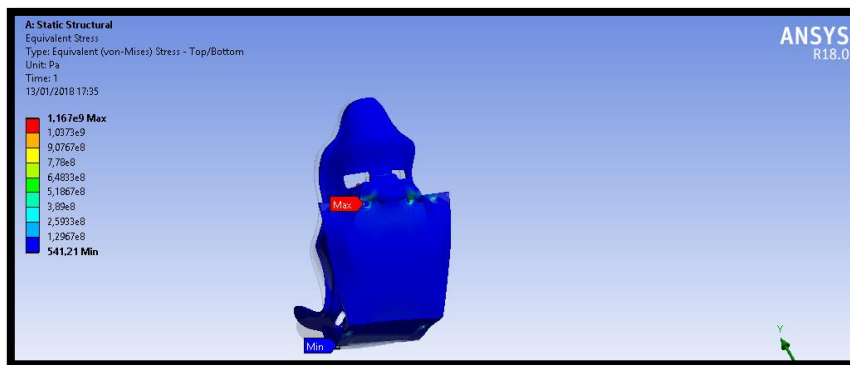


Gráfico 25-3. Stress equivalente al elevar sus cargas en 10.

Fuente: AUTORES, 2018.

3.16 Diagrama esfuerzo máximo asiento FSAE matriz de resina epoxi y refuerzo de fibra de vidrio y carbono.

Se hace la comparación con el límite de fluencia del material compuesto en la (Figura 57). Expresando los valores máximos y mínimos dando como resultado donde sufre mayor esfuerzo la geometría demostrando una vez más donde se necesita de alguna forma reforzar al material si los esfuerzos son significativos.

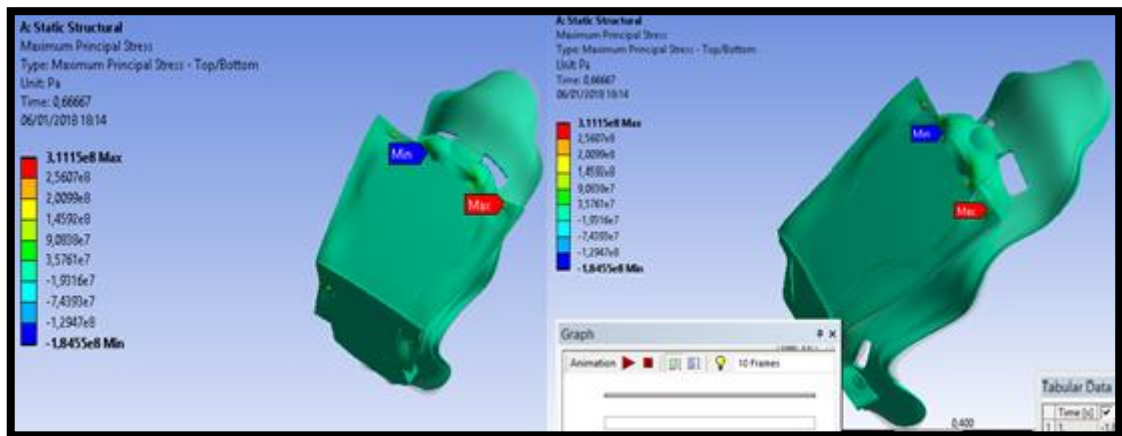


Gráfico 26-3. Diagrama de esfuerzo máximo.

Fuente: AUTORES, 2018.

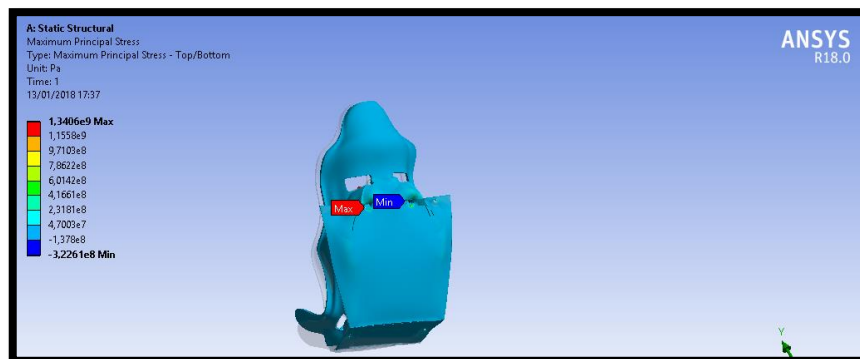


Gráfico 27-3. Diagrama de esfuerzo máximo al elevar sus cargas en 10.

Fuente: AUTORES, 2018.

3.17 Construcción del equipo

3.17.1 Selección del material de refuerzo para la matriz

Para la fabricación de asientos para vehículos de competencia existen algunos materiales, entre ellos podemos mencionar a la resina poliéster o viniléster con refuerzo de fibra de vidrio o de carbono. En este caso en particular se escogió a la fibra de carbono por las características mecánicas que posee además por su densidad, es decir aporta menos peso a todo el conjunto subiendo su resistencia mecánica de esta manera reduciéndose la relación peso-potencia.

Para demostrar que el material que se usa en el presente proyecto de investigación es superior al utilizado en investigaciones anteriores, se realizan ensayos en el laboratorio de resistencia de

materiales que nos proporcionaran datos necesarios para nuestra investigación y para comprobar que el material usado es superior.

3.17.2 Obtención del negativo

Para la obtención de este asiento con matriz de resina epoxi y refuerzo de fibra de carbono y de vidrio se parte de la obtención del molde o el negativo que se denomina a su vez, para esto se realiza un copiado del diseño final del elemento utilizando cera ya que es una sustancia en la cual la resina epoxi no se va a pegar, posteriormente se procede a aplicar la primera capa de fibra de carbono de que va a ser la capa base en donde se va a colocar las capas restante de fibra de carbono y de vidrio de acuerdo al diseño inicial.

3.17.1 Manufactura del Asiento FSAE

3.17.1.1 Definición y selección del proceso de Manufactura

En la industria automotriz para la fabricación de elementos con materiales compuestos básicamente existen 2 procesos: a molde abierto, a molde cerrado.

Con respecto al molde cerrado existen numerosos procesos entre los cuales los más usados son: el moldeo por compresión e inyección laminar de compuestos y continuo de pultrisión; destacamos que las ventajas de los procedimientos antes mencionados son muchos peros en cuanto a la producción en serie se refiere.

Si nos referimos al método de molde abierto consiste de 4 etapas son los cuales son el de la unión manual, pulverizado, bobinado de filamentos, embolsado al vacío y autoclave.

Entre los métodos antes mencionados podemos destacar el método hand lay-up que es un proceso por unión manual y es más sencillo para construir elementos con matriz y material de refuerzo; este proceso consta de 3 etapas: impregnación, laminado y solidificación del materiales el proceso más factible desde el punto de vista de disponibilidad el cual se usara en el presente trabajo de titulación.

3.18 Proceso de Manufactura Asiento FSAE

3.18.1 Obtención del molde base o negativo

Para la obtención del molde base se parte del asiento anterior para obtener la geometría del mismo, para esto se realiza un copiado del molde recubriendo el asiento anterior con una capa de cera, puesto que la resina epoxi no se va a pegar a la superficie del asiento propiamente dicho, una vez curado el material en una espera de 24 horas por seguridad se va a proceder a retirar con relativa facilidad obteniendo un copiado muy exacto de la figura, enseguida se procede a saturar la fibra de carbono con la resina epoxi.

Se procede a colocar los fragmentos de fibra de carbono con resina epoxi y a darle forma manualmente al asiento sin permitir que se formen burbujas de aire, cabe recalcar que la resina anteriormente ha sido mezclada con un catalizador que va a facilitar su secado como se muestra en la figura 33.



Figura 33-3. Obtención del negativo

FUENTE: AUTORES, 2018.

3.18.2 Impregnación o saturación de lámina de carbono

Una vez obtenido el negativo del asiento en base a la geometría del asiento ya existente, se procede a colocar un refuerzo de fibra de carbono de acuerdo al criterio de ANSYS que nos indica un punto de deformación en la base del asiento, en la práctica se conoce como el embebido que

es al salutación total de la lámina de carbono que consta en impregnar de resina y endurecedor en peso de una parte de endurecedor a tres de resina con una proporción resina fibra adecuada, Se opta por una capa extra de carbono de 600 gr en la parte base del como se muestra en la figura 34.

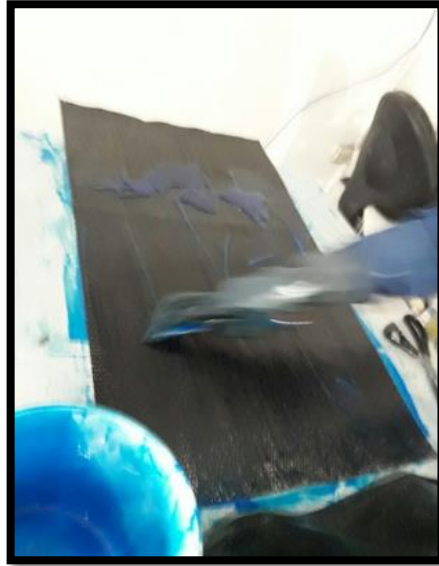


Figura 34-3: saturación de fibra.

Fuente: AUTORES, 2018.

3.18.3 Capa con fibra de vidrio de 600 g

El propósito inicial para la utilización de la capa de fibra de vidrio es proporcionar inercia gradual y espesor con el fin de proporcionar al composite un porcentaje de elongación alto en la caracterización del material, refutado con los resultados mostrados en los ensayos.

Al momento de la construcción del nuevo asiento con matriz de resina epoxi y refuerzo de fibra de vidrio se llegó a la conclusión de que el material necesitaba un segundo material de refuerzo, puesto que la fibra de carbono que utilizamos estaba conformada por tejidos en una sola dirección y esto no favorecía su integridad estructural.

Por este motivo se colocó una capa de fibra de vidrio para reforzar de mejor manera la estructura como se observa en la figura 35.



Figura 35-3: Capa de fibra de vidrio para proporcionar espesor y elongación alta.

Fuente: AUTORES, 2018.

3.18.4 *Capa de refuerzo*

Para el laminado se tomó muy en cuenta que en la primera fase se colocó fibra de carbono en un sentido, para el laminado de la posterior capa se colocó el mismo carbono pero en sentido perpendicular que el de la primera capa para que cuando el asiento este sometido a esfuerzos pueda comportarse de una mejor manera que si las fibras de carbono estarían en un solo sentido.

De la misma manera se puso primero una mano de resina epoxi con catalizador, posteriormente se realizó el embebido de la fibra de carbono y acto seguido se usó el procedimiento hand lay-up como se muestra en la figura 36 que es un procedimiento manual.



Figura 36-3: Capa de refuerzo.

Fuente: AUTORES, 2018.

3.18.5 *Reticulación o Curado*

Posteriormente después de haber colocado la segunda capa de fibra de carbono se procede a colocar una capa de paste para rellenar las imperfecciones que se producen por el mecanizado al que ha estado sometido el asiento, esto se coloca manualmente y se espera alrededor de una hora para que se puede secar como se muestra en la fig:37



Figura 37-3. Reticulación de 24 horas

FUENTE: AUTORES, 2018.

3.18.6 *Colocación de endurecedor*

Al tener una suelda catalítica no completa se opta por rellenar los agujeros don endurecedor 100 gramos de endurecedor con 100g de resina para lograr un refuerzo en los bordes, proporcionado excelentes resultados para el producto final, pero se debe considerar hacer un pulido ya que el endurecedor proporciona aristas vivas, que podrían afectar la integridad al manipular el asiento propiamente dicho.



Figura 38-3: Relleno con endurecedor.

Fuente: AUTORES, 2018.

3.18.7 Perforación de agujeros para el cinturón de 5 puntos

La colocación de agujeros es una parte muy importante del asiento ya que su ubicación y correcta perforación está diseñado para ubicar un cinturón de seguridad de 5 puntos para este propósito se utilizó una herramienta de corte eléctrica y también una amoladora pequeña, como se indica en la figura 39.



Figura 39-3: Perforación para de cinturón puntos.

Fuente: AUTORES, 2018.

3.18.8 Contornos

Para que los contornos del asiento queden bien definidos primero se procedes a quitar las rebabas que quedan por la colocación de las capas de refuerzo para esto se quita los excesos con una herramienta de corte, posterior a eso se coloca una pasta para relleno en los contornos, esperamos que se seque de una a 2 horas y posterior a eso pulimos los filos dando el acabado final a los contornos como se muestra en la figura 66.

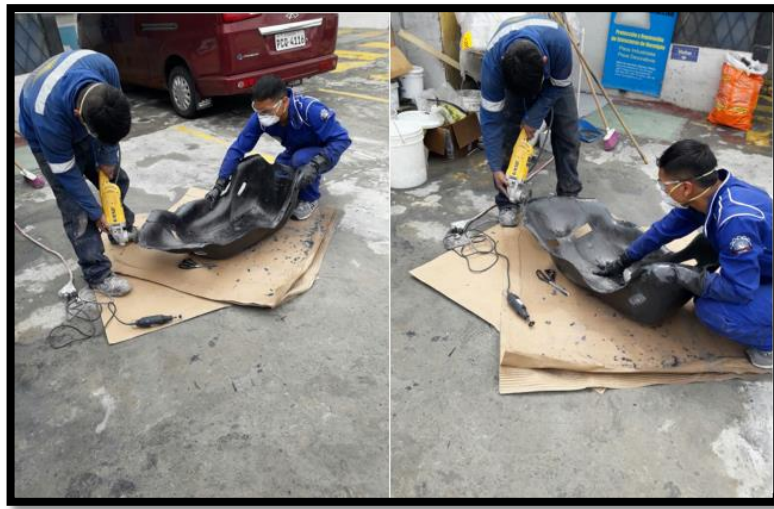


Figura 40-3: Corrección de arista vivas.

Fuente: AUTORES, 2018.

3.18.9 Comprobación de la reducción del peso del Asiento

Los principales objetivos de este tema de titulación son reducir el peso del asiento y aumentar la resistencia con el uso de un material como la fibra de Carbono, al realizar el proceso de diseño y construcción se enfocaron los esfuerzos en cumplir dicho objetico, al realizar la comprobación del peso final del asiento se comprobó que el objetico de reducir el peso se ha cumplido como se muestra en la Figura 67.



Gráfico 28-3. Comprobación del peso.

Fuente: AUTORES, 2018.

NOTA: Como podemos ver se redujo el peso del asiento final en 1.20 Kg en términos de porcentaje un 23 %. Puesto que el asiento original pesa de 5,20 Kg.

3.19 Pruebas y funcionamiento

3.19.1 Caracterización del material

Los ensayos que necesita para la caracterización de la resina epoxi con refuerzo de fibra de carbono se realizan bajos la NORMA ASTM, donde se muestra los datos en tablas de los ensayos realizados, esto mostramos a continuación en tablas.

3.19.1.1 Desarrollo de las probetas según la norma ASTM D790

Para el desarrollo de los ensayos que darán lugar a la caracterización de nuestro material tenemos que desarrollar las probetas en base a las normas ASTM D90, la cual no da un conjunto de característica de forma y longitud que deben tener las probetas sometidas a los diferentes ensayos.

Las probetas que van a ser sometidas a los diferentes ensayos deben cumplir con las exigencias mecánicas que exige la FSAE.

Para desarrollar los ensayos pertinentes al presente proyecto de titulación se tomó como referencia al trabajo de titulación “ APLICACIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS PARA LA FORMACION DE GUARDABARROS Y TAPAS LATERALES DE UNA MOTO DE 125CC A 4 TIEMPOS” de los autores Tixe Subina Jofre Marcelo, Vistin Bastidas Jhonathan David, a continuación se muestra los datos obtenidos por los mismos.

3.20 Caracterización del material

La etapa de la caracterización del material es muy importante puesto que con ello se describa más exactamente las propiedades mecánicas que tiene el mismo, para ello se recurre a pruebas de resistencia de materiales como son: resistencia a la tracción, flexión, e impacto o Charpy.

Los respectivos ensayos para la caracterización del material se han realizado bajo la norma ASTM D3039-2015.

3.20.1 Desarrollo de probetas según la norma ASTM D790

Las probetas para la caracterización del material se desarrollan bajo la norma ASTM D790 para materiales compuestos puestos que el material a ser caracterizado tiene que cumplir con especificaciones propias de la FSAE.

Las probetas se desarrollaran a partir de las características de materiales con matriz de resina epoxi con refuerzo de fibra de carbono.

3.21 *Ensayo de resistencia a la tracción*

El ensayo de resistencia a la tracción para materiales compuestos de matriz de resina epoxica con refuerzo de fibra de carbono se ha desarrollado con el empleo de la norma ASTM D3039-2015 en la siguiente tabla se detallan los datos obtenidos de este ensayo.

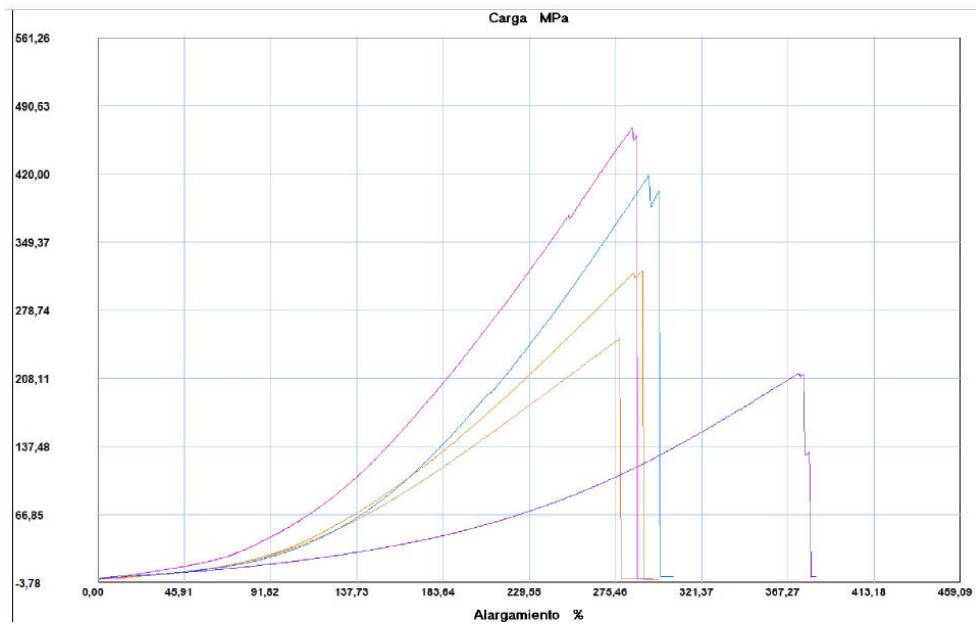


Gráfico 29-3. Curva esfuerzo deformación en porcentaje ensayo de tracción

Fuente: AUTORES, 2018.

NOTA: Probeta 1 naranja, 2 café, 3 púrpura, 4 rosa, 5 celeste.

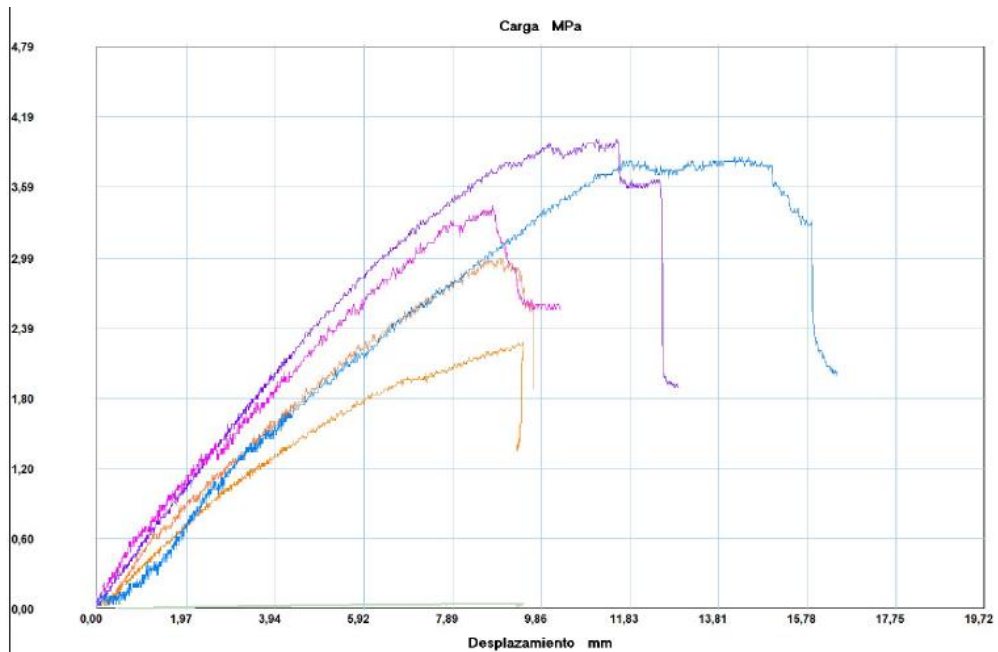


Gráfico 30-3. Curva esfuerzo deformación ensayo de tracción

Fuente: AUTORES, 2018.

NOTA: Probeta 1 naranja, 2 café, 3 púrpura, 4 rosa, 5 celeste.

Tabla 9-3: Resultados de ensayo de resistencia a la tracción.

| Probeta | Fuerza Máxima (N) | Esfuerzo Máximo Tracción (MPa) | Módulo de Elasticidad Calculado (MPa) | %de Elongación Calculado | Tipo de falla evaluado |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 30570.01 | 319.38 | 6126.93 | 5.21 | LAT |
| 2 | 29542.86 | 249.50 | 4989.90 | 5.00 | LAT |
| 3 | 16327.15 | 212.64 | 3146.66 | 6.76 | LAT |
| 4 | 31808.59 | 467.71 | 9139.34 | 5.12 | LAT |
| 5 | 27624.25 | 418.31 | 7929.91 | 5.28 | LAT |
| Promedio | 27174.57 | 333.52 | 6266.55 | 5.47 | |
| Desviación estándar | 6254.61 | 108.49 | 2366.58 | 0.73 | |
| Coefficiente de variación | 23.02 | 32.53 | 37.77 | 13.26 | |

Fuente: AUTORES, 2018

NOTA: L lateral, A en el origen, T parte superior.

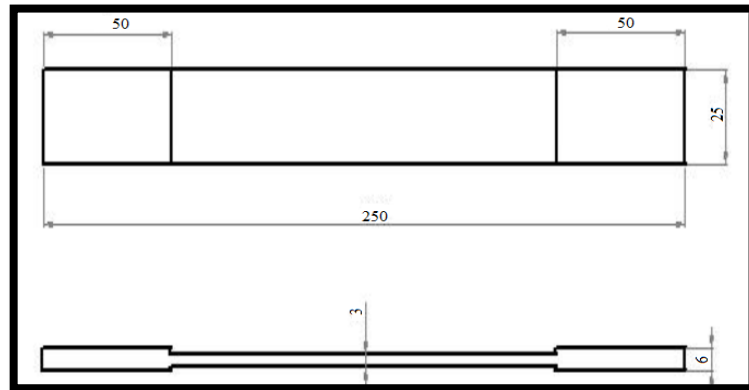


Gráfico 31-3. Dimensiones de Probeta para Ensayo de Tracción.

Fuente: ASTM D3039/08

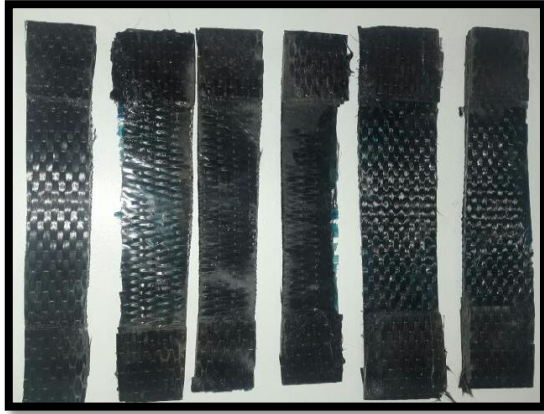


Figura 41-3: Probetas para Ensayo de Tracción.

Fuente: AUTORE, 2018.

3.22 Ensayo de resistencia a la flexión

Para el desarrollo del ensayo de resistencia a la flexión de la misma manera utilizamos una probeta normalizada que va a ser sometida a deformación plástica para el cual utilizaremos la norma ASTM D7264-2015.

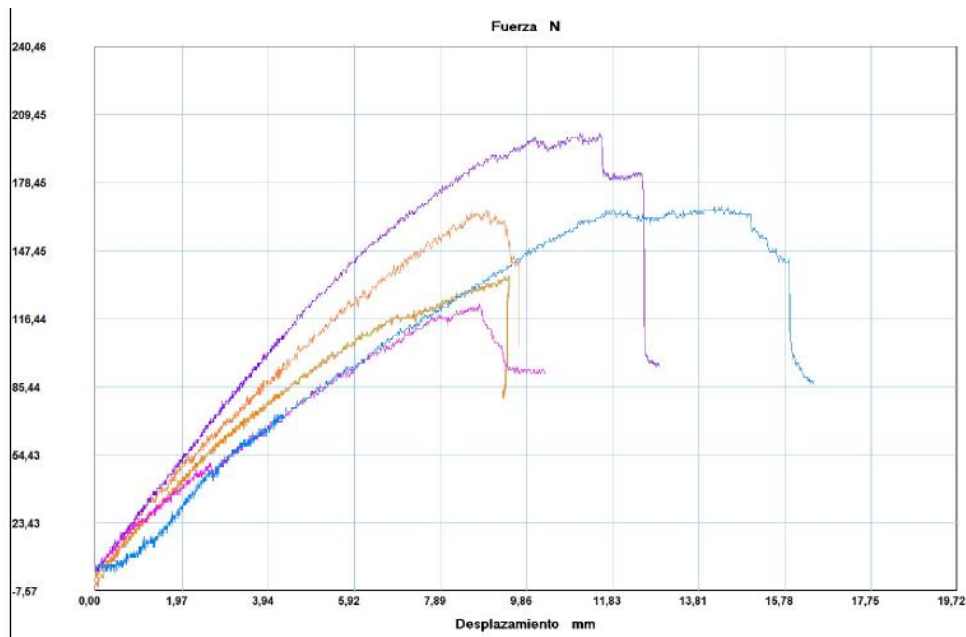


Gráfico 32-3 Esfuerzo deformación ensayo de flexión

Fuente: AUTORE, 2018.

NOTA: Probeta 1 naranja, 2 café, 3 púrpura, 4 rosa, 5 celeste.

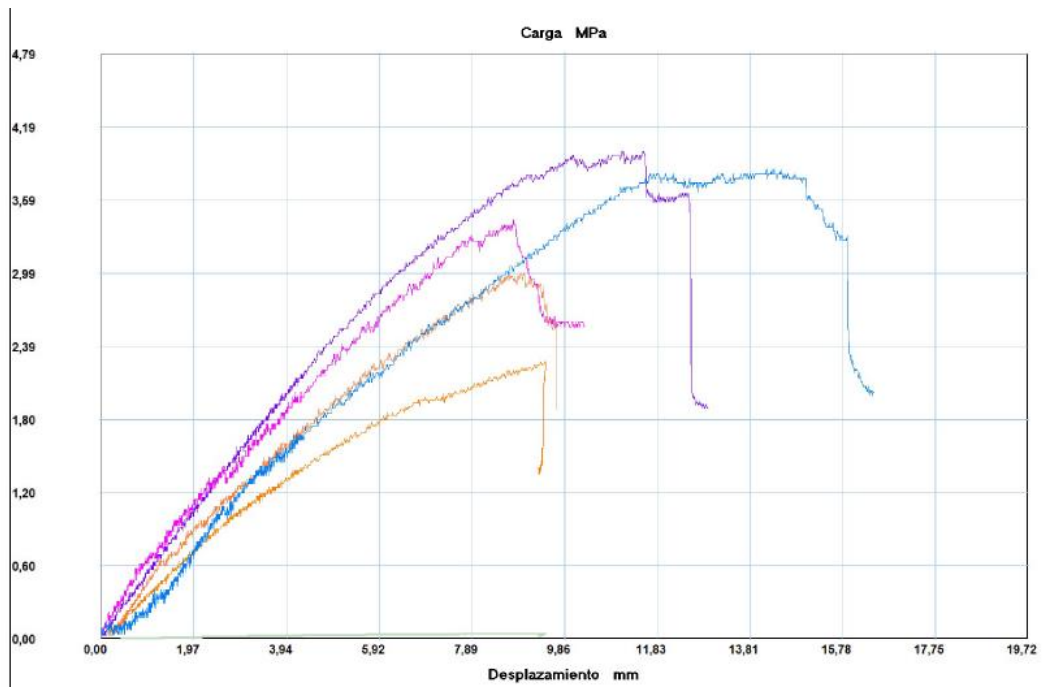


Gráfico 33-3. Esfuerzo deformación ensayo de flexión

Fuente: AUTORE, 2018.

NOTA: Probeta 1 naranja, 2 café, 3 púrpura, 4 rosa, 5 celeste.

Tabla 10-3: Resultados de ensayo obtenidos en el ensayo de resistencia a la flexión.

| Probetas | Fuerza máxima (N) | Deflexión (mm) | Esfuerzo máximo de flexión (MPa) | Módulo de elasticidad secante de flexión (MPa) | Deformación máxima (%) | Tipo de falla evaluada |
|----------------------------------|-------------------|----------------|----------------------------------|------------------------------------------------|------------------------|------------------------|
| 1 | 135.69 | 9.359 | 98.10 | 4221.50 | 2.32 | OAB |
| 2 | 165.67 | 8.591 | 145.62 | 7698.16 | 1.89 | OAB |
| 3 | 200.18 | 11.073 | 201.89 | 8611.19 | 2.34 | OAB |
| 4 | 123.67 | 8.773 | 127.27 | 6511.48 | 1.95 | OAB |
| 5 | 167.25 | 14.162 | 194.44 | 6484.55 | 3.00 | OAB |
| Promedio | 158.41 | 10.39 | 153.46 | 6704.98 | 2.30 | |
| Desviación estándar | 3034 | 2.32 | 44.27 | 1648.97 | 0.44 | |
| Coefficiente de variación | 19.09 | 22.37 | 28.84 | 24.59 | 19.13 | |

Fuente: AUTORES, 2018.

NOTA: O otros, A en el punto de carga, B en el punto de carga.

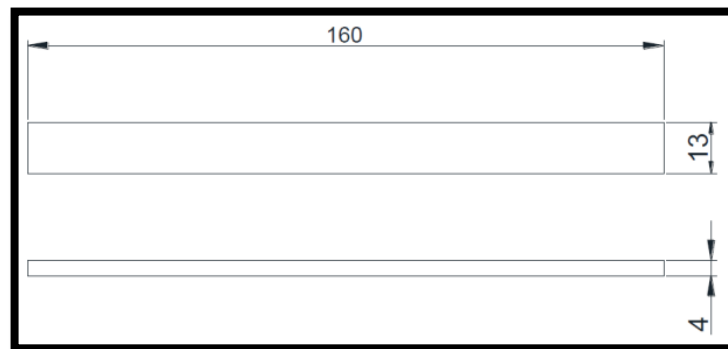


Gráfico 34-3. Dimensiones de la Probeta para ensayos para Flexión.

Fuente: AUTORE, 2018.

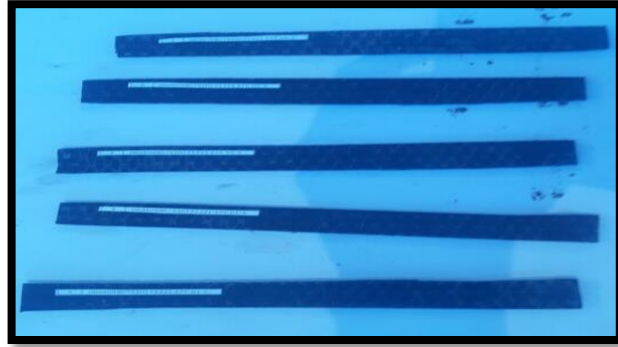


Figura 42-3. Probetas de Ensayo para Flexión

Fuente: AUTORE, 2018

3.23 Ensayo de impacto

Este tipo de ensayo destructivo se realiza para la caracterización del material para obtener datos de cómo se comporta el material con respecto a resistencia lateral, y zona dúctil. Este tipo de ensayo se desarrolló bajo la norma ASTM D61-10.

Tabla 11-3: Datos obtenidos del ensayo de impacto

| Ensayo de Impacto | | | |
|-----------------------------------------------|---------|----------------|--------------------------------------|
| Resina epoxi con refuerzo de fibra de Carbono | | | |
| Pobretas | péndulo | Energía (J) | Resistencia en KJ//m ² |
| 1 | 22.5 J | 1.01 | 28.30 |
| 2 | 22.5 J | 0.92 | 25.86 |
| 3 | 22.5 J | 1.02 | 28.61 |
| 4 | 22.5 J | 0.91 | 25.55 |
| 5 | 22.5 J | 0.88 | 24.65 |
| Promedio | | 0.95 | 26.60 |
| Desviación estándar | | 0.3 | 1.75 |

Fuente: AUTORE, 2018

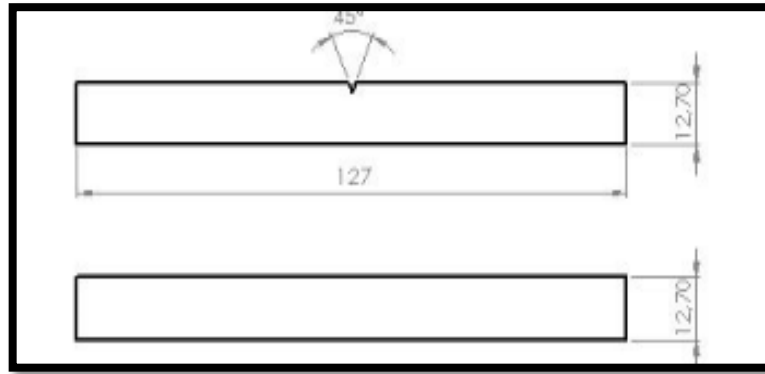


Gráfico 35-3. Dimisiones de la Probeta de Impacto

Fuente: Norma ASTM D-6110.

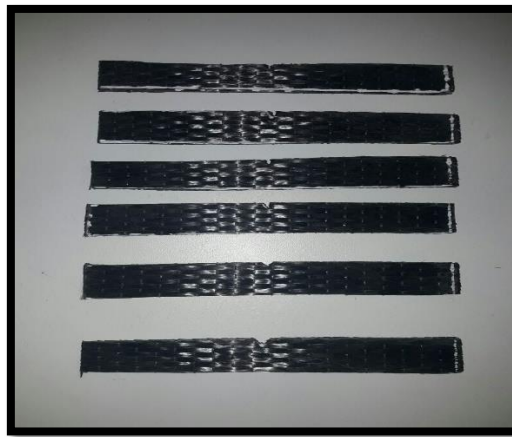


Figura 43-3. Probetas de Impacto

Fuente: AUTORES, 2018.

Para comparar la resistencia del material objeto de nuestro investigación se realiza un ensayo no normalizado con dos tipos de metales ligeros (aluminio y un acero A36) obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 12-3: Datos obtenidos con el ensayo de aluminio.

| Ensayo de impacto | | | |
|---------------------|---------|----------------|--------------------------------------|
| Aluminio | | | |
| Probetas | Péndulo | Energía (J) | Resistencia en KJ//m ² |
| 1 | 22.5 | 1.38 | 38.76 |
| 2 | 22.5 | 0.81 | 22.87 |
| 3 | 22.5 | 1.00 | 27.99 |
| 4 | 22.5 | 0.78 | 21.99 |
| 5 | 22.5 | 0.80 | 22.68 |
| Promedio | | 0.95 | 26.86 |
| Desviación estándar | | 0.25 | 6.75 |

Fuente: AUTORES, 2018.

Tabla 13-3: Datos de ensayo acero A36.

| Ensayo de Impacto | | | |
|---------------------|---------|----------------|--------------------------------------|
| Acero A36 | | | |
| Probetas | Péndulo | Energía (J) | Resistencia en KJ//m ² |
| 1 | 22.5 | 5.25 | 147.64 |
| 2 | 22.5 | 4.99 | 140.37 |
| Promedio | | 5.12 | 144.01 |
| Desviación estándar | | 0.18 | 5.01 |

Fuente: AUTORES, 2018.

En la siguiente figura se muestra de manera global el ensayo de los 3 materiales incluida la fibra de carbono, del ítem 1 al 5 mostramos el ensayo del Aluminio, del ítem 6 al 10 mostramos el ensayo de la fibra de carbono, el ítem 11 se refiere a 2 probetas unidas de nuestro material (fibra de Carbono) y e; ítem 12 y 13 se refiera al ensayo del acero A36.

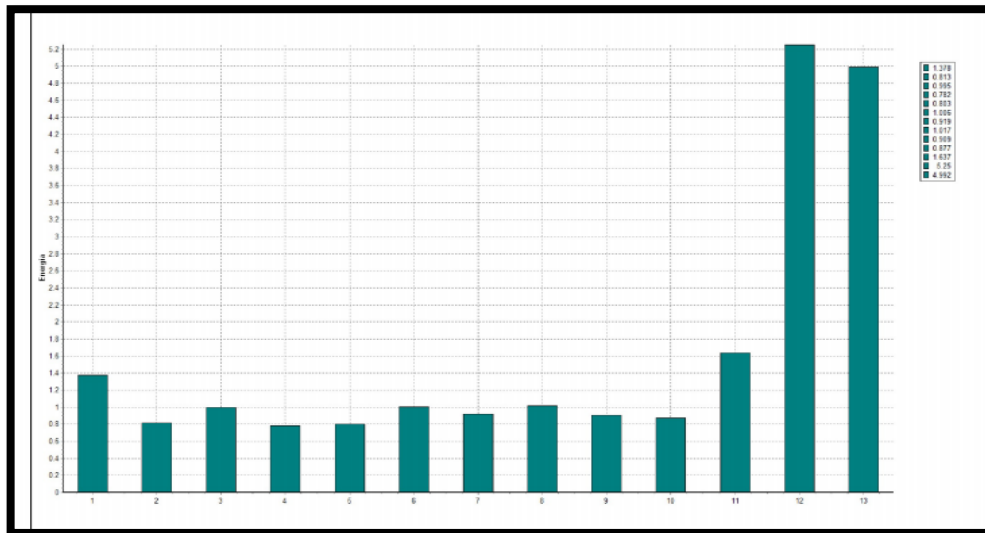


Gráfico 36-3. Ensayo de Impacto de materiales ligeros y fibra de Carbono.

Fuente: AUTORES, 2018.

Tabla 14-3: Datos obtenidos de los ensayos materiales ligeros y fibra de Carbono

| Probeta | Energía (J) | Resistencia en KJ/m^2 |
|---------|-------------|-------------------------|
| 1 | 1.38 | 38.76 |
| 2 | 0.81 | 22.87 |
| 3 | 1.00 | 27.99 |
| 4 | 0.78 | 21.99 |
| 5 | 0.80 | 22.58 |
| 6 | 1.01 | 28.30 |
| 7 | 0.92 | 25.66 |
| 8 | 1.02 | 28.61 |
| 9 | 0.91 | 25.55 |
| 10 | 0.88 | 24.65 |
| 11 | 1.64 | 46.03 |
| 12 | 5.25 | 147.64 |
| 13 | 4.99 | 140.37 |

Fuente: AUTORES, 2018.

NOTA: la probeta número 1 hasta 5 aluminio comercial, de 6 a 11 material de caracterización (composite), 12 y 13 acero A36. Se puede llegar a la absorción de la energía si se dobla el número de capas para lograr lo resultado de A36, ya que al aluminio es superior en un 22%.

Tabla 15-4 Datos obtenidos del Ensayo de Charpy de fibra de cabuya.

| Probeta | Energía j | Resistencia KJ/m^2 | Espesor mm |
|---------------------|--------------|-------------------------|---------------|
| 1 | 0.27 | 1.08 | 1.3 |
| 2 | 0.21 | 0.81 | 2 |
| 3 | 0.32 | 1.26 | 2.25 |
| 4 | 0.12 | 0.45 | 2.26 |
| 5 | 0.09 | 0.36 | 2.4 |
| 6 | 0.11 | 0.32 | 2.3 |
| Promedio | | 0.79 | |
| Desviación estándar | | 0.27 | |

Fuente: AUTORES, 2018.

Nota: Los valores 1-3 descritos de esta tabla se refiere a probetas obtenidas de la carrocería del fórmula SAE (ESPOCH) y los valores 4-6 de probetas obtenidas del asiento del fórmula SAE (ESPOCH).

| | |
|-------------|--------------------|
| Referencia | CABUYA |
| Código | |
| Cantidad | |
| Operario | adrian |
| Norma | estn D5110 |
| Fecha | 28/01/2018 |
| Hora | 18:09:12 |
| Temperatura | 24.3 |
| H.R. % | 68.7 |
| Pedido | 060429807920180123 |

Gráfico 37-4 condiciones de ensayo cabuya.

Fuente: AUTORES, 2018.

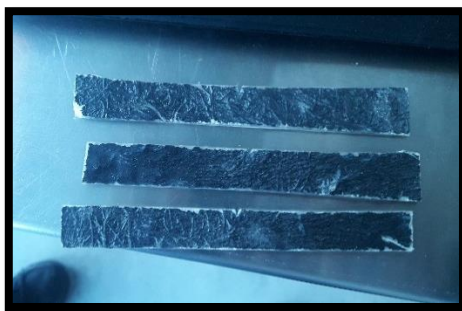


Figura 44-4 Probetas de Fibra de Cabuya normalizadas carrocería

Fuente: AUTORES, 2018.



Figura 45-4 Probetas de Fibra de Cabuya normalizadas asiento.

Fuente: AUTORES, 2018.



Figura 46-4 Patrones de rotura normalizados carrocería y asiento FSAE.

Fuente: AUTORES, 2018.

Nota: Las probetas 1, 2, 3 carrocería de cabuya y 4, 5, 6 asiento cabuya FSAE, analizados en las mismas condiciones de probetas del rediseño.

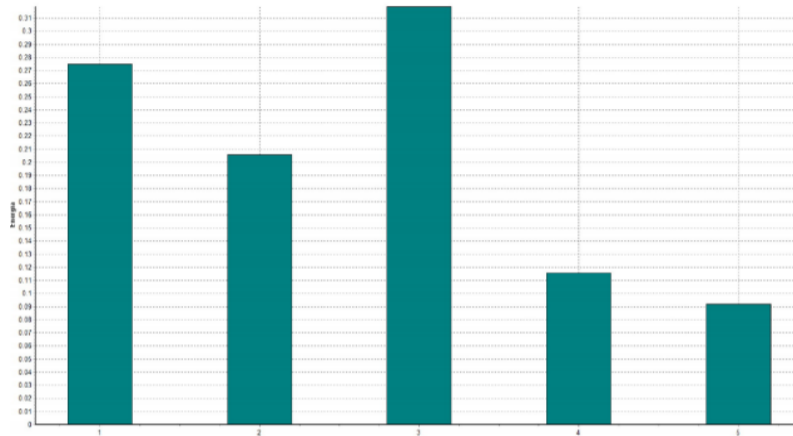


Gráfico 38-4. Ensayo de Charpy sometido a la fibra de cabuya.

Fuente: AUTORES, 2018.

Tabla 16-4: Comparación de resultados de ensayo Charpy entre el material compuesto y fibra de cabuya tomando los 5 valores más altos para caracterizar.

| FIBRA DE CARBONO | | | FIBRA DE CABUYA | | |
|------------------|--------------|----------------------------------|-----------------|----------------------------------|-------------------------------------------|
| P | ENERGÍA J | RESISTENCIA KJ/m ² | ENERGÍA J | RESISTENCIA KJ/m ² | % VARIACION CARBONO VS CABUYA |
| 1 | 1.01 | 28.3 | 0.27 | 1.08 | 73.26 |
| 2 | 0.92 | 25.66 | 0.21 | 0.81 | 77.17 |
| 3 | 1.02 | 28.61 | 0.32 | 1.26 | 68.62 |
| 4 | 0.91 | 25.55 | 0.12 | 0.45 | 86.81 |
| 5 | 0.88 | 24.65 | 0.09 | 0.36 | 89.77 |

Fuente: AUTORES, 2018.

3.24 Análisis de resultados

Tabla 17-3: comparación del material compuesto y fibra de cabuya.

| COMPARACION ENTRE FIBRA DE CARBONO Y FIBRA DE CABUYA | | | | |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|---------------|-------------------------------------|
| MATERIALES COMPUESTOS | Tracción Esfuerzo máximo (MPa) | Flexión Esfuerzo máximo (MPa) | Charpy (J) | Resistencia (kJ/m ²) |
| 1.- FIBRA DE CARBONO | 333.52 | 194.44 | 0.95 | 28.3 |
| 2.- FIBRA DE CABUYA | 35.82 | 97 | 0.20 | 1.08 |
| % de variación 1 vs 2 | 89 | 50 | 78 | 73.26 |

Fuente: AUTORES, 2018.

Se puede destacar como principal resultado la disminución total del peso del asiento, así como también el incremento significativo de la resistencia con respecto a los diferentes esfuerzos que se pueden producir al momento que el vehículo se encuentre en competencia, también en el caso de sufrir un siniestro o choque actuara de mejor manera el material implementado en la presente investigación.

Se puede destacar también como resultado que el presente trabajo de investigación ha motivado a que la EIA de la ESPOCH se atreva a construir partes y vehículos con este tipo de material como es la fibra de Carbono lo que dará mayor experiencia, conocimientos en el área de los materiales compuestos y en el desarrollo en sí de la ingeniería.

3.25 Relación peso potencia del prototipo FSAE

Para la el cálculo y el porcentaje de reducción de la relación peso potencia se necesita valores específicos del prototipo FSAE como el peso del conjunto chasis y bastidor, más el conjunto asiento firewall, los caballos de vapor que produce el motor, tanto del prototipo original y rediseño para la comparación previa.

3.25.1 *Cálculo de relación peso potencia prototipo FSAE original*

Peso original total= 450 kg

Potencia= 49 CV

$$\text{Relacion peso potencia original} = \frac{450 \text{ kg}}{49 \text{ CV}} \quad (17)$$

$$\text{Relacion peso potencia original} = 9.18 \frac{\text{kg}}{\text{CV}}$$

3.25.2 Cálculo de relación peso potencia prototipo FSAE original

Peso rediseño total = 448 kg

Potencia= 49 CV

$$\text{Relacion peso potencia rediseño} = \frac{445 \text{ kg}}{49 \text{ CV}} \quad (18)$$

$$\text{Relacion peso potencia rediseño} = 9.08 \text{ kg/CV}$$

3.25.3 Razón de reducción

$$\text{Relacion peso potencia rediseño} = \frac{9.08}{9.12} \quad (19)$$

$$\text{Relacion peso potencia rediseño} = 0.98 - 1 = 2\%$$

CAPÍTULO IV

4.-ESTUDIOS DE COSTO

4.1 Análisis de costos

En el presente proyecto de titulación se planteó como objetivo la construcción de un asiento en fibra de Carbono debido a esto todo el análisis de costos va a ser realizado pensando en la ejecución de dicho asiento y en los costos y recursos que se empleó.

4.1.2 *Costos Directos*

En los gastos empleados para la realización de nuestro proyecto de titulación de manera directa se puede destacar los costos de: mano de obra, material, materia prima en la siguiente tabla se mencionara los gastos incurridos en la construcción de los negativos del asiento.

En la siguiente tabla se detalla los gastos de los negativos del asiento.

Tabla 18-4: Materiales y costos de los negativos del asiento.

| Descripción | Cantidad | Costo (USD) |
|---------------------------|------------|-------------|
| Fibra de vidrio (m^2) | 2 m^2 | 300.00 |
| Resina epóxica | 2 galones | 30.00 |
| Cera | 3 cojines | 9.00 |
| Guantes de caucho | 6 pares | 7.2 |
| Brochas | 4 unidades | 6.00 |
| TOTAL | | 352.2 |

Fuete: AUTORES, 2018.

Tabla 19-4: Materiales y costos realizados en la construcción del Asiento en Fibra de Carbono.

| Descripción | Cantidad | Costo |
|----------------------------|----------|---------|
| Fibra de carbono (m^2) | 3 | 900.00 |
| Resina epóxica (gal) | 3 | 150.00 |
| Fibra de vidrio (m^2) | 2 | 200.00 |
| Guantes | 8 | 10.00 |
| Endurecedor (g) | 1 | 25.00 |
| Sellador (ml) | 1 | 15.00 |
| Brochas | 4 | 10.00 |
| TOTAL | | 1310.00 |

Fuete: AUTORES, 2018.

Tabla 20-4: Lista de costos y precios de forro de cuero del asiento

| Descripción | Cantidad | Costo |
|--------------------------------------|----------|--------|
| Forro protector de cuero | 1 | 120.00 |
| Acolchado fino | 4 | 4.00 |
| Bordado de letras en forro protector | 2 | 3.00 |
| TOTAL | | 127.00 |

Fuete: AUTORES, 2018.

NOTA: Para que el asiento tenga una estética adecuada se realizaron otros gastos mostrados en la tabla siguiente

Tabla 21-4: Costos de construcción.

| Descripción | Costo por hora | Cantidad de Horas | Costos (USD_ |
|------------------|----------------|-------------------|--------------|
| Amoladora | 1 | 10 | 10 |
| Rotaflez | 1 | 10 | 10 |
| Pistola de calor | 1 | 10 | 10 |
| Taladro | 1 | 8 | 8 |
| TOTAL | | | 38.00 |

Fuete: AUTORES, 2018.

NOTA: Equipos y Costos empleados en la construcción

Tabla 22-4: Costo de ensayos.

| Descripción | Cantidad | Costo |
|-------------------------------------------|----------|---------------|
| Pruebas para caracterización del material | 1 | 109.20 |
| TOTAL | | 109.20 |

Fuete: AUTORES, 2018.

NOTA: Ya que el laboratorio de resistencia de materiales de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH no se encuentra disponible se realizó las pruebas para la caracterización del material en el CENTEO DE FOMENTO PRODUCTIVO DE Ambato lo que implico costos adicionales.

Tabla 23-4: Costo de manufactura.

| Descripción | Cantidad | Costo (USD) |
|--------------|----------|-------------|
| Mano de obra | 1 | 200 |
| Asesoría | 1 | 150 |
| TOTAL | | 350 |

Fuete: AUTORES, 2018.

NOTA: Para el desarrollo y la construcción del asiento en Fibra de Carbono se ha empleado mano de obra y también asesoría que se detalla a continuación:

4.1.3 Costos Indirectos

Los costos que se mencionara a continuación no se les toma en cuenta de manera directa pero si influyen en el costos total del presente trabajo de titulación como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 24-4: Costos Indirectos.

| Descripción | Costos (USD) |
|-----------------------------------|--------------|
| Transporte alimentación y estadía | 250 |
| Documentación | 150 |
| Imprevistos | 280 |
| TOTAL | 680 |

Fuete: AUTORES, 2018.

4.1.4 Costos totales del Proyecto

Tabla 25-4: Costos totales del Proyecto.

| Costos Directos | |
|---------------------------------------------------------|--------------------|
| Descripción | Costos(USD) |
| Materiales de construcción de los negativos del asiento | 352.20 |
| Materiales y costos construcción del asiento | 1310.10 |
| Costos de forro de cuero del asiento | 127.00 |
| Equipos y costos empleados en la construcción | 38.00 |
| Costos de Pruebas para caracterización del material | 109.20 |
| Costos de mano de obra y asesoría | 350 |
| TOTAL DE COSTOS DIRECTOS | 2286.5 |
| Costos Indirectos | |
| Total de costos indirectos | 680.00 |
| Costos Totales | 2966.50 |

Fuete: AUTORES, 2018.

NOTA: Para obtener el valor total del proyecto se suman todos los gastos que se ha realizado y que se han detallado anteriormente.

4.2 VALOR ACUMULADO NETO (VAN)

Tabla 26-4. Valores primer, segundo y tercer año

| AÑO | FLUJO BENEFICIO | FLUJO COSTO | FLUJO NETO |
|------------|------------------------|--------------------|-------------------|
| 1 | 1500 | 800 | 700 |
| 2 | 2200 | 400 | 1800 |
| 3 | 3000 | 2450 | 550 |

Fuete: AUTORES, 2018.

INVERSION INICIAL = 3000

TASA DE INTERES = 15 %

$$VAN = - \frac{INVERSION}{INICIAL} + \frac{FN_1}{(1+I_1)^1} + \frac{FN_2}{(1+I_2)^2} + \frac{FN_3}{(1+I_3)^3} \quad (20)$$

$$VAN = -3000 + \frac{700}{(1 + 0.15)^1} + \frac{1800}{(1 + 0.15)^2} + \frac{550}{(1 + 0.15)^3}$$

$$VAN = -668.6$$

4.3 Tasa de interna de retorno (TIR)

I=115%

$$VAN = -3000 + \frac{700}{(1+1.15)^1} + \frac{1800}{(1+1.15)^2} + \frac{550}{(1+1.15)^3} \quad (21)$$

$$VAN = -2329.68$$

I=120%

$$VAN = -3000 + \frac{700}{(1 + 1.2)^1} + \frac{1800}{(1 + 1.2)^2} + \frac{550}{(1 + 1.2)^3}$$

$$VAN = -2258.27$$

$$\frac{115 - 120}{-2329.68 - (-2258.27)} = \frac{115 - TIR}{-2329.68}$$

$$\frac{-5}{-71.41} = \frac{115 - TIR}{-2329.68}$$

$$11648.4 = -8212.15 + 71.41TIR$$

$$TIR = \frac{3436.25}{71.41}$$

$$TIR = 41.12$$

4.4 CONCLUSIONES

Se obtuvo información sobre la fibra de carbono, sus tipos, métodos de fabricación, beneficios, así como también la matriz que puede ser empleada en este material, las aplicaciones de este material son diversas en el ámbito de la ingeniería por sus propiedades mecánicas al momento de someterle a esfuerzos de diferente tipo hecho que se ha corroborado en las distintas publicaciones científicas de las que ha sido objeto este material.

Se diseñó el asiento en fibra de carbono utilizando el software Solidworks 2017 y Ansys Workbench 2017 hecho que sirvió para corregir parámetros de forma y utilidad en el asiento así como puntos críticos de deformación por esfuerzos, lo que nos sirvió para su posterior construcción y refuerzo de zonas críticas.

Se construyó el asiento en fibra de carbono utilizando el método hand lay-up, dando excelentes resultados con respecto a sus propiedades mecánicas, reduciendo su peso en un porcentaje satisfactorio llegando a obtener los resultados que se planteaba como objetivos en este proyecto de investigación.

Se caracterizó el material en los laboratorios del Centro de Fomento Productivo y Metal Mecánico Carrocero de la ciudad de Ambato sometiendo el material a pruebas de tracción, flexión, y Charpy. Obteniendo como datos promedio en tracción: 333.52 MPa. En flexión 153.46 MPa y en Charpy 1.06 J de absorción de energía. Con estos valores el asiento cumple satisfactoriamente las normas y reglamentos exigidos por la formula SAE en cuanto a resistencia.

4.5 RECOMENDACIONES

Se recomienda en primer lugar revisar la normativa de la formula SAE en cuanto a lo que tiene que ver con asientos y las restricciones que debe cumplir en cuanto a medidas, adaptación de sistema de seguridad y material del que va a ser hecho. También se debe conocer de antemano el tipo de material que se va a utilizar en la fabricación del asiento; como en este caso la fibra de carbono, métodos de construcción, cantidad exactas de resina que se aplica por metro cuadrado de carbono, etc.

También se debe considerar de antemano las características físicas y mecánicas del material a ser utilizado, así como también la accesibilidad de este material en el mercado local.

Es muy recomendable al momento de manipular y estar en contacto con la fibra de carbono utilizar equipo de protección puesto que esto puede afectar a las vías respiratorias, piel y vista por ser un material que al ser sometido a cualquier tipo de mecanizado desprende partículas muy pequeñas.

Al momento de trabajar con la resina epoxi tener mucho cuidado puesto que es un material abrasivo y hacerlos siempre en ambientes abiertos para que no haya peligro de incendio.

BIBLIOGRAFÍA

Shetty , N Sciencedirect. [En línea] 6 de junio de 2017. [Consultado: el: 26 de septiembre de 2017.] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/>.

SANCHEZ , Anayelit . *Antropometría*. [En línea] 14 de marzo de 2015. [Consultado: el: 28 de julio de 2017.] Disponible en: <https://sites.google.com/site/ergonomiasanchezriveraanayelit/1-2-definicion-de-antropometria>.

ARQUITECTURA.*Conceptos de Espacio*. [En línea] 23 de octubre de 2005. [Consultado el: 03 de octubre de 2017.] Disponible en : <http://www.arqhys.com/arquitectura/antropometria-historia.html>.

AUTOScout24. *Asientos y tipos*. [En línea] 16 de enero de 2017. [Consultado el: 17 de octubre de 2017.] Disponible en: <http://ww2.autoscout24.es/glosario/asientos-deportivos/193760/>.

AUTOScout24.*Tecnología del Automovil*. [En línea] 2017. [Citado el: 26 de septiembre de 2017.] Disponible en: <http://www.autoscout24.es/tematicas/tecnologia-del-automovil/traccion-coche/relacion-peso-potencia/>.

Bradley. *NEWCOMB*. [En línea] 17 de octubre de 2017. [Consultado: el: 01 de 09 de 2017.] Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359835X16303451?via%3Dihub>.

Arevalo, O. *Caracterización de materiales compuestos reforzados con fibra de carbono*. Madrid-España. Jimenes. 2014., pp. 538-545.

CARBONCONCRETE. *Materiales Compuestos*. [En línea] 15 de diciembre de 2016. [Consultado el: 11 de 10 de 2017.] Disponible en: <http://www.carbonconcrete.es/HTML/es/Material%20Compuesto.html>.

CRUZ, Sandra. *La fibra de carbono en la industria automotriz*. [En línea] 14 de Enero de 2017. [Consultado: el: 13 de Septiembre de 2017.] Disponible en : http://web.archive.org/web/*/https://ingenierosantacruz.wordpress.com/2016/01/04/la-fibra-de-carbono-en-la-industria-automotriz/.

Dong, J. ScienceDirect. [En línea] 06 de Junio de 2017. [Consultado: el: 14 de septiembre de 2017.] Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0266353817306668>.

EcurRed. *Fibra de Carbono*. [En línea] 04 de noviembre de 2015. [Consultado: el: 13 de septiembre de 2017.] Disponible en: https://www.ecured.cu/Fibra_de_carbono.

ESCOM. *Propiedades de la fibra de Vidrio* [En línea] 12 de noviembre de 2016. [Citado el: 16 de 10 de 2017.] Disponible en: <http://www.atescom.es/fibra-vidrio-propiedades-aplicaciones/>.

Espinoza, R. BEBCHMARKING . [En línea] 06 de junio de 2017. [Consultado: el: 22 de 11 de 2017.] Disponible en : <http://robertoespinosa.es/2017/05/13/benchmarking-que-es-tipos-ejemplos/>.

FIBRADECARBONO.Tipos y Procesos de Construcción. [En línea] 07 de enero de 2017. [Consultado: el 03 de octubre de 2017.]Disponible en:
<http://www.fibradecarbono.es/articulos/tipos-de-fibra-de-carbono/>.

Fibrenamics.Fibras Inorgánicas. [En línea] 16 de enero de 2015. [Consultado el: 20 de octubre de 2017.]Disponible en:
<https://www.web.fibrenamics.com/es/conocimiento/las-fibras/fibras-inorganicas/>.

Gonzalez,K. *Fibras sintéticas I* . [En línea] 02 de agosto de 2014. [Consultado: el: 19 de octubre de 2017.] Disponible en: <http://fibrologia.blogspot.com/2013/04/fibras-sinteticas.html>.

Grover, M . *Fundamentos de Manufactura Moderna ,D.F.-Mexico* : Mc Grawhill, 2010.pp145-158.

IBAÑEZ.Asientos . [En línea] 23 de Enero de 2016. [Consultado: el: 26 de Septiembre de 2017.] Disponible
en:http://web.archive.org/web/*/https://www.xataka.com/automovil/tecnologia-para-el-coche-asientos-avanzados.

Maseyver, J&Brib, A. 2011. *Aerodinámica Básica* . Madrid-España : Ibergateza, 2011.pp14-26.

Shigley,J & Hischke,Ch. *Dieño en ingeniería Mecánica .D.F- México* : Mc Graw Hill,, 2005.pp 110-125.

Kalpakjian,S & Schmid, S . *Manufactura, ingeniería y tecnología.D.F- México* : PEARSON EDUCACIÓN, 2002.pp 234-245

Manotoa, William&Carcia, Hector.

Diseño y construcción de un asiento ergonómico en fibra natural aplicado a un vehículo de competencia tipo fórmula SAE para la ESPOCH. [En línea].ESPOCH, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Automotriz. Riobamba, Ecuador.2016.pp.80-102[Consultado: el10 de noviembre de 2017]Disponible en:
<http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/5850/1/65T00195.pdf>

Mercedes,Y & Morales ,R. Instituto mexicano de transporte. [En línea] 10 de enero de 2014. [Consultado: el: 28 de septiembre de 2017.]Disponible en:
<http://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt412.pdf>.

MOTORGIGA.Relación Peso-Potencia. [En línea] 05 de abril de 2016. [Consultado: el: 2017 de 09 de 2017.] Disponible en:
<https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/peso-potencia-definicion-significado/gmx-niv15-con195116.htm>.

MOTORPACION. Selección Correcta de Asientos [En línea] 04 de abril de 2016. [Consultado: el: 26 de septiembre de 2017.] Disponible en:

<https://www.motorpasion.com/espaciotoyota/el-asiento-del-coche-es-una-obra-de-ingenieria-infravalorada-asi-es-como-influye-en-su-funcionamiento>.

FIBRAS NATURALES. *Fibras y Tipos*. [En línea] 27 de junio de 2013. [Consultado: el: 19 de octubre de 2017.] Disponible en : <http://www.naturalfibres2009.org/es/fibras/>.

LUQUE,Pablo& ALVAREZ,Daniel. Ingeniería del Automóvil.Madrid-España:Ediciones Paraninfo. , 2012,pp.37-45.

PLÁSTICOS. *Tecnología de los Plásticos* . [En línea] 23 de febrero de 2013. [Consultado el: 17 de noviembre de 2017.]Disponible en: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/11/moldeo-manual-de-materiales-compuestos.html>.

QuimiNet. *Resinas y Tipos* [En línea] 25 de Octubre de 2012. [Consultado: el: 13 de Septiembre de 2017.] Disponible en: <https://www.quiminet.com/articulos/resinas-tipos-de-resinas-y-aplicaciones-18443.htm>.

RACING. *Hlstory of Formula SAE*. [En línea] 2015. [Consultado: el: 28 de septiembre de 2017.] Disponible en:<http://seedracing.tecnun.es/formula-student/history/>.

SAE international. SAE. [En línea] 11 de 04 de 2016. [Consultado: el: 28 de septiembre de 2017.] Disponible en: <http://www.fsaeonline.com/content/2017-18%20fsae%20rules%209.2.16a.pdf>.

Shackelford,J. Introduccion a la ciencia de materiales para ingenieros. Madrid-España : PEARSON EDUCACIÓN , 2005,pp55-62.

Smith, M ScienceDirect. [En línea] 21 de julio de 2017. [Consultado: el: 05 de noviembre de 2017. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0034361717303454>.

TECNOLOGÍA. *Fibra de Vidrio*. [En línea] 26 de marzo de 2017. [Consultado: el: 12 de diciembre de 2017.]Disponible en: <http://www.areatecnologia.com/materiales/fibra-de-vidrio.html>.