



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

TEMA:

**EVALUACIÓN Y APLICACIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS PARA
LA REDUCCIÓN DE PESO EN EL CARENADO DE UNA MOTOCICLETA
ELÉCTRICA**

AUTORES: MARTÍNEZ JURADO DENNIS FABRICIO

PUENTE CALAPAQUI JIMMY GEOVANNY

DIRECTOR: ING. CARLOS MARCELO SEGOVIA TROYA MSc.

IBARRA, MAYO DE 2022

CERTIFICADO**ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR**

En calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es " Evaluación y aplicación de materiales compuestos para la reducción de peso en el carenado de una motocicleta eléctrica" presentado por los señores: Dennis Fabricio Martínez Jurado con número de cédula 040188911-8 y Jimmy Geovanny Puente Calapaqui con número de cedula 100378833-6, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 03 días del mes de junio del 2022

Atentamente



Ing. Carlos Marcelo Segovia Troya Msc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0401889118		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Martínez Jurado Dennis Fabricio		
DIRECCIÓN:	Calle Maldonado y Bolívar-Montufar		
EMAIL:	dfmartinezj@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0959733628

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003788336		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Puente Calapaqui Jimmy Geovanny		
DIRECCIÓN:	Calle Ibarra y Cristóbal Colón - Otavalo		
EMAIL:	jgpuentec@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0997543253

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	EVALUACIÓN Y APLICACIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS PARA LA REDUCCIÓN DE PESO EN EL CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA
AUTOR (ES):	Martínez Jurado Dennis Fabricio Puente Calapaqui Jimmy Geovanny
FECHA: DD/MM/AAAA	06/06/2022
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Carlos Marcelo Segovia Troya Msc.

2. CONSTANCIAS

Loa autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 06 días del mes de junio del 2022

AUTORES:



Martínez Jurado Dennis Fabricio
0401889118



Puente Calapaqui Jimmy Geovanny
1003788336

DEDICATORIA

El presente estudio está dedicado con mucho cariño a mis Padres por concederme la vida, especialmente a mi Madre quien ha forjado en mi ese instinto de excelencia y superación continúa con el fin de cumplir mis objetivos y metas.

A mi Tía Paoly por acogerme en su hogar y ser mi soporte y compañía, durante estos años.

A mí Hermana Odalis, mi Abuelita Marina y demás familiares por su anhelo de verme triunfar y cumplir mis sueños.

Finalmente, a tres pilares fundamentales de mi vida que se encuentran en el cielo a mi Mamita Elisa, Mi Papito José y Papito Alberto por ser mi mayor fuente de inspiración.

MARTÍNEZ JURADO DENNIS FABRICIO

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo está dedicado principalmente a Dios, por darme la fuerza para seguir adelante y continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres Alfonso y Guadalupe, quienes con su amor, paciencia, esfuerzo y sacrificio me han permitido llegar hasta aquí y cumplir hoy un sueño más en mi vida, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo, responsabilidad, perseverancia y valentía, para no temer a las adversidades y obstáculos de la vida porque Dios está siempre conmigo. Ha sido un orgullo y privilegio ser su hijo, son los mejores padres.

A mi novia Wendy por su amor, cariño y apoyo incondicional durante todo este proceso, y por estar conmigo en todo momento.

A mis hermanos por su cariño y apoyo en cada paso y decisión en mi vida.

A un ángel que tengo en el cielo, mi tío José, el cual fue un ejemplo de perseverancia y sacrificio que, con sus consejos, hicieron en mí la persona recta que soy hoy en día.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a toda mi familia que, con sus oraciones, y palabras de aliento hicieron de mí de una mejor persona y de una u otra forma me acompañaron en todos mis sueños y metas, siempre los llevo en mi corazón.

JIMMY GEOVANNY PUENTE CALAPAQUI

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi Padre Celestial por concederme la sabiduría, paciencia y constancia para culminar mis estudios, así también por regalarme una familia maravillosa la cual ha sido artífice de este logro.

Gracias a mi Madre por incentivar en mí, valores como la responsabilidad, respeto, constancia y superación, convirtiéndose en el ejemplo palpable de “Querer es Poder”, que en su condición de Maestra supo sembrar en mi corazón y en mi mente la disciplina y la excelencia que a ella la caracteriza.

Gracias a mi Padre por heredarme esta pasión por los autos, quien me encamino desde pequeño a seguir mis sueños y anhelos a base de su ejemplo y sabiduría.

Gracias a toda mi familia por ser mi sustento especialmente a mi Tía Paoly por apoyarme durante mi proceso de estudio, siendo mi amparo moral, económico y anímico, convirtiéndose en mi confidente y testigo de mis esfuerzos por cumplir mis sueños, estaré eternamente agradecido por acogerme en su hogar.

Gracias a mi Papi José y mi Mami Elisa, porque sus acciones en vida hicieron forjar mi personalidad y templanza, fueron, son y serán mi mayor motivación y allá en el reino de los cielos donde se encuentran estoy seguro de que se sienten muy orgullosos y satisfechos de verme cumplir una de mis metas propuestas.

Extiendo mi agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte y a su grupo de docentes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz especialmente al Ing. Carlos Segovia, MSc. Director de Tesis, Ing. Rommel Imbaquingo, MSc, y al Ing. Jorge Melo, MSC, que a partir de sus conocimientos, lineamientos y recomendaciones fueron pilar fundamental en el desarrollo de esta investigación.

Finalmente, agradezco a todas las personas de mi círculo social que estuvieron ahí con palabras de aliento y motivación, cambiando mi perspectiva de la vida y ayudándome a enfocarme en mis objetivos, demostrándoles que los sueños se cumplen si los anhelas con todo el corazón.

MARTÍNEZ JURADO DENNIS FABRICIO

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y la de toda mi familia, quienes están siempre presentes.

A mis padres, por su amor y sacrificio, me han apoyado incondicionalmente en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

De igual manera, mi profundo agradecimiento a la Universidad Técnica del Norte, a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas (FICA), sus autoridades y personal que conforman este establecimiento, a mis maestros quienes con su conocimiento y enseñanzas hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación, y apoyo incondicional.

Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento al MSc. Carlos Segovia y MSc. Rommel Imbaquingo, principales colaboradores durante todo este proceso, quien, con su dirección, conocimiento, enseñanza y asistencia permitieron el desarrollo y culminación este trabajo de titulación.

JIMMY GEOVANNY PUENTE CALAPAQUI

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	xix
ABSTRACT	xixi
INTRODUCCIÓN	xix
CAPITULO I	1
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1 Objetivos	1
1.1.1 Objetivo general	1
1.1.2 Objetivos específicos	1
1.2 Justificación	1
1.3 Alcance	3
1.4 Antecedentes	3
1.5 Materiales compuestos	5
1.6 Componentes de los materiales compuestos	5
1.6.1 Matriz	6
1.6.1.1 Tipos de Matriz	6
1.6.2 Resina epóxi	7
1.6.3 Refuerzo	8
1.6.3.1 Elementos Estructurales.	9
1.6.3.2 Refuerzo por Fibras	10
1.6.4 Cantidad y orientación de la fibra	11
1.6.5 Propiedades mecánicas de las fibras naturales	11
1.6.6 Fibras naturales en ecuador	12
1.6.6.1 Cabuya.	12
1.6.6.2 Abacá.	13
1.6.6.3 Yute.	13
1.6.6.4 Coco.	14
1.7 Estudio aerodinámico.	14
1.7.1 Fluidos: Fundamentos de la aerodinámica	14
1.7.2 Propiedades de los fluidos	15
1.7.2.1 Fuerza de Arrastre Aerodinámico	15
1.7.2.2 Coeficiente de Arrastre Aerodinámico	15
1.7.2.3 Presión	16
1.7.3 Aerodinámica del carenado de una motocicleta	16
1.7.4 Introducción a los carenados de motocicleta	17
1.7.5 Definición	19

1.7.6 Partes de un carenado	19
1.7.6.1 Carenado frontal	19
1.7.6.2 Carenado lateral	20
1.7.6.3 Quilla	20
1.7.6.4 Asiento	20
CAPITULO II	21
2. MATERIALES Y MÉTODOS	21
2.1 Proyecto de investigación	21
2.2 Determinación del proyecto metodológico	21
2.3 Peso de las probetas	22
2.3.1 Lamina del material compuesto de 30% de fibra natural de yute	22
2.3.2 Lamina del material compuesto de 40% de fibra natural de coco	23
2.3.3 Lamina del material compuesto de 40% de fibra natural de cabuya	23
2.4 Selección del material	24
2.4.1 Cálculo de la puntuación total de ponderación	25
2.4.2 Matriz de decisión para el material compuesto con 2 capas de fibra de yute y refuerzo con resina epoxi.	26
2.4.3 Matriz de decisión para el material compuesto con 3 capas de fibra de coco y refuerzo con resina epoxi.	26
2.4.4 Matriz de decisión para el material compuesto con 3 capas de fibra de cabuya y refuerzo con resina epoxi.	27
2.5 Selección del material compuesto	28
2.6 Características de la motocicleta eléctrica super soco tc max	29
2.7 Materiales y equipos	31
2.8 Proceso de diseño (CAD) y Simulación (CAE)	32
2.8.1 Diagrama de proceso	32
2.8.2 Perfilación de la motocicleta eléctrica Super Soco TC Max	32
2.8.2.1 Dimensionamiento	33
2.8.2.2 Digitalización	33
2.8.2.3 Renderizado	34
2.8.3 Alternativas de diseño de carenados	35
2.8.3.1 Alternativa de Carenado 1: Modelo Q	36
2.8.3.2 Alternativa de Carenado 2: Modelo R	37
2.8.3.3 Alternativa de Carenado 3: Modelo S	39
2.9 Simulación	40
2.9.1 Proceso de simulación de la motocicleta super soco tc max y alternativas Q, R, S	40
2.9.2 Proceso CFD	41

2.10 Fabricación del carenado de la motocicleta eléctrica mediante biocompuesto	48
2.10.1 Estratificación manual	48
2.10.2 Influencia la orientación de las fibras	50
2.10.3 Proceso de fabricación del prototipo	51
2.10.4 Materiales ha utilizar en la fabricación del carenado de la motocicleta eléctrica.	52
2.10.5 Diagrama metodológico	53
CAPÍTULO III	54
3. ANALISIS DE RESULTADOS	54
3.1 Descripciones generales	54
3.2 Resultados de la caracterización del material compuesto	55
3.2.1 Ensayo de tracción	55
3.2.2 Ensayo de impacto	57
3.3 Análisis de la simulación CFD	58
3.3.1 Condiciones de simulación	58
3.3.2 Resultados de la simulación, modelo original TC MAX a 60km/h	61
3.3.3 Resultados de la simulación, modelo “Q”, a 60km/h	63
3.3.4 Resultados de la simulación, modelo “R”, a 60 km/h.	66
3.3.5 Resultados de la simulación, modelo “S”,a 60 km/h,	68
3.3.6 Resultados de la simulación, modelo original TC MAX, a 100km/h	70
3.3.7 Resultados de la simulación, modelo “Q” ,a 100km/h	72
3.3.8 Resultados de la simulación modelo “R”, a 100 km/h	75
3.3.9 Resultados de la simulación modelo “S”,a 100 km/h	77
3.4 Eficiencia aerodinámica de las geometrías en base al número de reynolds	80
3.5 Comparativa entre modelo original TC Max y las tres alternativas	90
3.5.1 Coeficiente de arrastre aerodinámico	90
3.5.2 Fuerza de arrastre aerodinámico	92
3.5.3 Presión en la cara frontaL	93
3.6 Elaboración del prototipo	94
3.6.1 Proceso de manufactura para la obtención de moldes para el carenado frontal de la motocicleta eléctrica.	94
3.6.2 Procedimiento para la obtención del carenado de la motocicleta eléctrica con fibra de yute y resina epóxi.	96
3.6.2.1 Preparación de las fibras de yute	96
3.6.2.2 Preparación molde para la obtención de las piezas finales del carenado.	97
3.6.2.3 Obtención de las piezas finales del carenado de la motocicleta eléctrica.	98

3.6.2.4 Proceso de ensamblaje del carenado de fibra de yute en la carrocería de la motocicleta eléctrica	100
3.7 Comparación de propiedades físicas	100
CAPÍTULO IV	105
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	105
4.1 Conclusiones	105
4.2 Recomendaciones	107
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
ANEXOS	112

ÍNDICE DE TABLAS

NÚM. TABLA	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
1.1	Propiedades de la resina epoxi	7
1.2	Propiedades mecánicas de un grupo de fibras sintéticas y naturales	12
2.1	Pesos de Materiales utilizados en la fabricación de una lámina de material compuesto de fibra de Yute	22
2.2	Pesos de Materiales utilizados en la fabricación de una lámina de material compuesto de fibra de Coco	23
2.3	Pesos de Materiales utilizados en la fabricación de una lámina de material compuesto de fibra de Cabuya	23
2.4	Rangos de calificación para la Matriz de Decisión	24
2.5	Matriz de decisión para el material compuesto con 2 capas de fibra de yute y refuerzo con resina epoxi	26
2.6	Matriz de decisión para el material compuesto con 3 capas de fibra de coco y refuerzo con resina epoxi	27
2.7	Matriz de decisión para el material compuesto con 3 capas de fibra de cabuya y refuerzo con resina epoxi.	27
2.8	Especificaciones técnicas de la motocicleta Super Soco TC Max	30
2.9	Cantidad por capas de la resina epoxi en el carenado	51
2.10	Cantidad y Orientación de capas de la fibra de yute para el carenado	52
3.1	Resultados del ensayo a tracción del estudio de fibra de yute	56
3.2	Resultados del análisis de impacto de la probeta del material compuesto con fibra de Yute	57
3.3	Características del fluido (aire)	58
3.4	Resumen de la fuerza de arrastre aerodinámico (N) a 60 km/h y a 100 km/h de la simulación CFD	79
3.5	Resumen del coeficiente de arrastre aerodinámico a 60 km/h y a 100 km/h de la simulación CFD	79
3.6	Resumen de la presión en el área frontal de cada modelo a 60 km/h y a 100 km/h de la simulación CFD	80
3.7	Resumen de los resultados obtenidos del análisis de turbulencia formado por los modelos propuestos y el modelo original	90
3.8	Características del material ABS	102
3.9	Comparativa de las propiedades físicas de los materiales	104

ÍNDICE DE FIGURAS

FIG. NÚM.	DESCRIPCIÓN	PÁG.
1.1	Configuración de un material compuesto	5
1.2	Composición de un material compuesto	6
1.3	Material reforzado con partícula	8
1.4	Estructura de un material compuesto laminado	9
1.5	Estructura tipo sándwich	9
1.6	Tipos de Fibras	10
1.7	Orientación de Fibra en un material reforzado	11
1.8	Vehículo construido con fibra de yute	13
1.9	Fibra de coco	14
1.10	Resistencia del aire en carenados deportivos y turísticos de calle	17
1.11	Carenado de los años 50	18
1.12	Carenado motocicleta actual	18
1.13	Carenado frontal, Cúpula y retrovisores	19
1.14	Colín	20
2.1	Proceso metodológico del proceso de diseño y construcción de un carenado para una motocicleta eléctrica	21
2.2	Comparación del factor ponderado entre el material compuesto de fibra de yute, fibra de coco y fibra de cabuya	28
2.3	Identificación y Partes de Motocicleta Super Soco TC Max	30
2.4	Diagrama de flujo del proceso y simulación del modelo CAD-CAE	32
2.5	Plano de Motocicleta Super Soco TC MAX digitalizada en SolidWorks	34
2.6	Renderizado de Motocicleta Super Soco TC MAX	35
2.7	Plano y Digitalización de Modelo Q	36
2.8	Renderizado de Modelo Q	37
2.9	Plano y Digitalización de Modelo R	38
2.10	Renderizado de Modelo R	38
2.11	Plano y Digitalización de modelo S	38
2.12	Renderizado de Modelo S	40
2.13	Importación del modelo generado en 3D	42
2.14	Dimensiones del Dominio Computacional	42
2.15	Sección de entrada del fluido	43
2.16	Sección posterior de evacuación del fluido	43
2.17	Sección de contorno	44
2.18	Criterio de validación de malla	45
2.19	Mallado y Valores Skewness para modelo original	45
2.20	Mallado y Valores Skewness para modelo Q	45

2.21	Mallado y Valores Skewness para modelo R	45
2.22	Mallado y Valores Skewness para modelo S	46
2.23	Variable de Entrada (Velocidad)	47
2.24	Variable de Salida (Presión)	47
2.25	Fabricación de un domo por estratificación manual	49
2.26	Orientación de las fibras	50
2.27	Diagrama de flujo de la fabricación del careado en fibra de yute	53
3.1	Carenado modelo “S”	55
3.2	Área frontal del Modelo Original	59
3.3	Área frontal del Modelo Q	59
3.4	Área frontal del Modelo R	60
3.5	Área frontal del Modelo S	60
3.6	Análisis de la presión ejercida por el fluido en el careado del modelo original a 60 km/h	61
3.7	Análisis de la velocidad y comportamiento del fluido en el modelo original a una velocidad de 60 km/h	62
3.8	Análisis de la presión ejercida por el fluido en el careado del modelo “Q” a 60 km/h	64
3.9	Análisis de la velocidad y comportamiento del fluido en el modelo “Q” a 60 km/h	64
3.10	Análisis de la presión ejercida por el fluido en el careado del modelo “R” a 60 km/h	66
3.11	Análisis de la velocidad y comportamiento del fluido en el modelo “R” a 60 km/h	66
3.12	Análisis de la presión ejercida por el fluido en el careado del modelo “S”, a 60 km/h	68
3.13	Análisis de la velocidad y comportamiento del fluido en el modelo “R” a 60 km/h	68
3.14	Análisis de la presión ejercida por el fluido en el careado del modelo original a 100 km/h	70
3.15	Análisis de la velocidad y comportamiento del fluido en el modelo original a 100 km/h	71
3.16	Análisis de la presión ejercida por el fluido en el careado del modelo “Q” a 100 km/h	73
3.17	Análisis de la velocidad y comportamiento del fluido en el modelo “Q” a 100 km/h	73
3.18	Análisis de la presión ejercida por el fluido en el careado del modelo “R” a 100 km/h.	75
3.19	Análisis de la velocidad y comportamiento del fluido en el modelo “R” a 100 km/h	76
3.20	Análisis de la presión ejercida por el fluido en el careado del modelo “S” a 100 km/h	77

3.21	Análisis de la velocidad y comportamiento del fluido en el modelo “S” a 100 km/h	78
3.22	Análisis del comportamiento turbulento del fluido en el modelo original a 60 km/h	86
3.23	Análisis del comportamiento turbulento del fluido en el modelo original a 100 km/h	86
3.24	Análisis del comportamiento turbulento del fluido en el modelo “Q” a 60 km/h	87
3.25	Análisis del comportamiento turbulento del fluido en el modelo “Q” a 100 km/h	87
3.26	Análisis del comportamiento turbulento del fluido en el modelo “R” a 60 km/h	88
3.27	Análisis del comportamiento turbulento del fluido en el modelo “R” a 100 km/h	88
3.28	Análisis del comportamiento turbulento del fluido en el modelo “S” a 60 km/h	89
3.29	Análisis del comportamiento turbulento del fluido en el modelo “S” a 100 km/h.	89
3.30	Comparativa del Coeficiente de Arrastre	91
3.31	Efecto de reducción del coeficiente de arrastre aerodinámico en el consumo de combustible de un vehículo pesado	91
3.32	Comparativa de la Fuerza de Arrastre Aerodinámico	92
3.33	Comparativa de la presión en la cara frontal	93
3.34	Trazo del molde del carenado lateral	95
3.35	Molde del final para el lateral	95
3.36	Tela tipo sarga de fibra de yute	96
3.37	Medida de la cantidad de fibra de yute a utilizar	97
3.38	Preparación del molde del carenado	97
3.39	Aplicación de las capas de resina epoxi y fibra de yute	98
3.40	Piezas del carenado lateral en fibra de yute con fondo de relleno	99
3.41	Piezas con acabado superficial final listas para ser instaladas	99
3.42	Carenado modelo “S” finalizado e instalado en la motocicleta eléctrica	100
3.43	Medida del peso del carenado original de la motocicleta	101
3.44	Masa del Carenado Modificado – Modelo S	103

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN NÚM.	DESCRIPCIÓN	PÁG.
1	Ecuación de la fuerza de arrastre aerodinámico	15
2	Ecuación del coeficiente arrastre aerodinámico	15
3	Ecuación de la presión en la superficie frontal	16
4	Ecuación del Factor ponderado	25
5	Ecuación de la puntuación total de ponderación	25
6	Ecuación de la densidad del material compuesto	51
7	Ecuación del número de Reynolds	81
8	Ecuación de la densidad	102

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO NÚM.	DESCRIPCIÓN	PÁG.
1	Planos del Modelo alternativo S de la motocicleta Super Soco TC Max para posterior construcción	113
2	El aire y sus propiedades a 1 atm de presión	114

RESUMEN

La contaminación por residuos plásticos es un problema que afecta a la gran mayoría de países a nivel mundial. Actualmente en el Ecuador no existe un manejo adecuado del reciclaje de este tipo de materiales, por lo que, elementos como carenados de motocicletas, terminan en sumideros o quebradas generando una gran cantidad de contaminación. Es por ello que se han realizado estudios de materiales biodegradables que puedan sustituir a estos compuestos, uno de ellos es la presente investigación denominada “Análisis y aplicación de bio-compuestos orgánicos para la fabricación del carenado de una motocicleta eléctrica”, cuyo objetivo fue valorar las características mecánicas de distintos materiales compuestos y determinar la configuración más idónea para su aplicación en el diseño y manufactura del carenado de una motocicleta eléctrica. Siguiendo un proceso sistemático se realizó una indagación bibliográfica de materiales compuestos, en donde se analizó las propiedades físicas de tres tipos de bio-compuestos, y, utilizando el método de matrices de decisión, se determinó como idóneo el material compuesto por una matriz epóxica (70%) y refuerzo de fibra de yute (30%), con una orientación de 90° - 0° , ya que presenta buena resistencia mecánica a tracción (45,72 MPa), elasticidad (1493 MPa) e impacto (1,96J). Posteriormente se propuso tres modelos de carenados, de los cuales se evaluó el comportamiento aerodinámico en un simulador de caída libre generado por el programa ANSYS Workbench (CFD) a dos velocidades diferentes, donde el prototipo que mejores resultados presentó fue el modelo “S”, el cual demostró una mejoría del 12,85% en el C_d , un 25,69 % en la F_d y un promedio del 20,65% en la presión ejercida por el fluido con respecto al modelo original. Posterior a ello se procedió a la construcción del prototipo utilizando la técnica de estratificación manual. Finalmente se calculó las propiedades físicas del material ABS y el material compuesto de fibra de yute, se estableció una comparativa en función de la densidad, masa y volumen, donde se determinó que la masa del Modelo “S” en comparación con el Modelo Original es 1 kg más pesado, cuyo valor es poco relevante y no afecta al desempeño de la motocicleta en carretera.

Palabras clave: Plásticos, Bio-compuesto, Diseño, Manufactura, Carenado, Selección, Refuerzo, Resina Epoxi, modelado, Aerodinámica.

ABSTRACT

Plastic waste pollution is a problem that affects most countries worldwide. Currently in Ecuador there is no proper handling of the recycling of this type of materials, so elements such as motorcycle fairings, end up in sinkholes or streams generating a large amount of pollution. That is why studies have been carried out on biodegradable materials that can replace these compounds, one of them is the present research called "Analysis and application of organic bio-compounds for the manufacture of the fairing of an electric motorcycle", whose objective was to assess the mechanical characteristics of different composite materials and determine the most suitable configuration for application in the design and manufacture of the fairing of an electric motorcycle. Following a systematic process, a bibliographic investigation of composite materials was carried out, where the physical properties of three types of bio-compounds were analyzed, and, using the decision matrix method, the material composed of an epoxy matrix (70%) and jute fiber reinforcement (30%) was determined as suitable, with an orientation of 90° - 0° , as it has good mechanical tensile strength (45.72 MPa), elasticity (1493 MPa) and impact (1,961J). Subsequently, three models of fairings were proposed, of which the aerodynamic behavior was evaluated in a free fall simulator generated by the ANSYS Workbench (CFD) program at two different speeds, where the prototype that presented the best results was the "S" model, which demonstrated a 20.66% improvement in the Cd, 25.69% in the Fd and an average of 20.65% in the pressure exerted by the fluid with respect to the original model. After that, the prototype was built using the manual stratification technique. Finally, the physical properties of the ABS material and the jute fiber composite material were calculated, a comparison was established based on density, mass and volume, where it was determined that the mass of the Model "S" compared to the Original Model is 1kg heavier, whose value is little relevant and does not affect the performance of the motorcycle on the road.

Keywords: Plastics, Bio-composite, Design, Manufacturing, Fairing, Selection, Reinforcement, Epoxy Resin, Modeling, Aerodynamics.

INTRODUCCIÓN

A nivel global, la tasa que corresponde al reciclaje de motocicletas es del 85%, que incluye solo la parte metálica. No obstante, el 15% sobrante, que se compone de una gama de materiales, como textiles, caucho y poli espuma, a menudo termina en vertederos como remanentes fragmentados, produciendo altos niveles de contaminación (Quesada López, 2006, pág. 1).

La OPS en una investigación titulada “Gestión de Residuos Sólidos en América Latina y el Caribe” que incluye una descripción de las estrategias y medidas que se están tomando para optimizar la gestión de residuos sólidos, menciona que: únicamente el 2,2% de la parte de los materiales recuperables es aprovechado de los residuos sólidos, correspondiendo el 0,3% a la materia orgánica y el 1,9% a la inorgánica (Zulia et al., 2006, pág. 128).

En la mayoría de los países de la región, como en el Ecuador, el reciclaje de plásticos, por su diversidad, se ha convertido en una diligencia complicada y la utilización en la construcción de autopartes especialmente para ciclomotores ha incrementado en el mercado ecuatoriano. (Silva & Aguilar, 2014, pág. 24), en su estudio afirma que en la actualidad no hay una gestión que contemple el reciclaje completo de vehículos en el país, solo se enfocan en reciclar la parte metálica de ciertas piezas, por otro lado (AME-INEC, 2018, pág. 14), en su trabajo indica: que elementos, como partes automotrices, abarcan el 11,4 % de los residuos plásticos, ocupando el segundo lugar después de los desechos orgánicos.

(Torres et al., 2018, p. 89) en su estudio determina que: en la actualidad se recolectan 120 toneladas de desechos al día, entre ellas 40 toneladas de materiales plásticos, correspondiente a 33,31% de la cantidad total de sólidos desechados diariamente en la ciudad de Ibarra.

Los medios de transporte eléctricos, especialmente las motos, se presentan como una propuesta de movilidad urbana eficiente, por ser vehículos limpios, no contaminantes y de bajo mantenimiento, convirtiéndose en una excelente alternativa dentro del mercado nacional, especialmente en la localidad de Ibarra, que, por cuestiones de renovación,

modificación o accidentes suelen arrojar las partes de careando al espacio libre complicando el problema medioambiental debido a su degradación (Torral, 2018, pág. 12).

Las motos eléctricas, al utilizar la electricidad como medio de propulsión se convierte en un vehículo novedoso en el país, por lo cual carecen de repuestos y actualmente no cuentan con la innovación tecnológica necesaria para su producción y procesamiento (Azuay & Tecnología, 2020, pág. 4). Esto provoca una serie de consecuencias negativas, como la salida de efectivo debido a las importaciones, incurriendo en mayores costos arancelarios que aumentan los gastos de reparación, sin mencionar el tiempo de inactividad asociado con la demanda de la pieza solicitada.

CAPITULO I

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir el carenado para la Motocicleta Eléctrica Super Soco TC Max.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una investigación bibliográfica acerca de los materiales compuestos empleados en el carenado de motocicletas eléctricas.
- Proponer varias alternativas de modelos de carenados a partir de datos geométricos y diseños previos para la motocicleta eléctrica Super Soco TC Max.
- Evaluar el comportamiento aerodinámico del carenado de la motocicleta eléctrica mediante el análisis por elementos finitos para determinar la funcionalidad de cada modelo a distintos modos de conducción.
- Construir un carenado mediante moldeo por estratificación manual con una matriz de resina epoxi y fibras Biodegradables.

1.2 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad, uno de los principales problemas es el material del que está compuesto el carenado de una motocicleta eléctrica (polímeros), el cual, al desecharse, forma parte de los residuos sólidos, que, en el Ecuador, hacen parte del segundo lugar en cuanto a contaminación ambiental después de los residuos orgánicos y que tardan mucho en descomponerse (AME-INEC, 2018, pág. 14).

Este estudio surge de la necesidad de indagar la incorporación de materiales biodegradables en componentes fabricados con materiales compuestos, con el objetivo de valorar, diseñar y producir carenados, preferentemente utilizando fibras vegetales como refuerzo, para optimizar su estructura, su diseño aerodinámico y disminuir su peso.

Ecuador, es uno de los países que está impulsado el desarrollo productivo a través de la base de recursos renovables y no renovables existentes en la nación, es así que mediante el plan nacional del buen vivir “TODA UNA VIDA 2017 - 2021”, el objetivo 5 garantiza: “Impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sostenible de manera redistributiva y solidaria” (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2017, pág.79), y en su política 5,2 hace referencia a: “Promover la productividad, competitividad y calidad de los productos nacionales, como también la disponibilidad de servicios conexos y otros insumos, para generar valor agregado y procesos de industrialización en los sectores productivos con enfoque a satisfacer la demanda nacional y de exportación”(Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2017, pág. 80).

Siguiendo con el propósito de esta investigación, se ha encontrado como punto fundamental “la transformación y diversificación de la matriz productiva energética, la cual se enfoca en rescatar la producción nacional, priorizando el talento humano y dándole un valor agregado a los productos para que sean competitivos a escala nacional e internacional” (Albán Pucha, 2016, pág. 17). Esto le permitirá al Ecuador superar el actual modelo de generación de riquezas: concentrador, excluyente y basado en recursos naturales, por un modelo democrático, incluyente y fundamentado en el conocimiento y las capacidades de las y los ecuatorianos para mejorar su sistema de vida y la economía (Albán Pucha, 2016, pág. 17-20).

Para el avance de este estudio se ocupara el REGLAMENTO (UE) No 168/2013 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, en cuanto a la certificación de vehículos de dos o tres ruedas y de vehículos de cuatro ruedas, y la vigilancia del mercado de dichos vehículos, donde se encuentren parámetros de la vía pública, incluidos los diseñados y fabricados en una o varias etapas, así como sistemas, componentes y separación unidades tecnológicas fabricados para dichos vehículos (Parlamento Europeo & Consejo Europeo, 2013, pág. 1).

1.3 ALCANCE

La presente investigación abarcará todas las etapas del diseño, comenzando con la investigación bibliográfica, el análisis y la selección del mejor material compuesto para el desarrollo del carenado, así como el diseño computacional detallado y la simulación por elementos finitos (CFD), la cual, nos permitirá evaluar el comportamiento de las cargas aerodinámicas en el carenado, para finalmente concluir con la construcción de un prototipo implementado en una motocicleta eléctrica urbana.

Para la metodología de desarrollo de este estudio se aplicarán las estrategias estándar necesarias para llegar a la solución más adecuada al problema planteado, se analizarán las características y se evaluará el diseño mediante un estudio comparativo que permita evidenciar una relación de las similitudes cinéticas y factores aerodinámicas entre el modelo original y las alternativas propuestas.

1.4 ANTECEDENTES

La presente investigación se basa en el estudio e implementación de materiales compuestos y su aplicación en el diseño del carenado para una motocicleta eléctrica con la finalidad de reducir el peso y mejorar su diseño aerodinámico.

En el artículo Científico (López Vidal, 2018, pág. 60), basado en la investigación de un material a base de fibras biodegradables que se utilizó como material de construcción de un carenado, se determinó que las propiedades mecánicas del material compuesto a partir de fibras vegetales (fibra de yute), puede aplicarse con una baja sollicitación mecánica, como es el caso del carenado de una motocicleta, donde los requerimientos mecánicos son exclusivamente los producidos por las fuerzas aerodinámicas.

(Miranda, 2014, pág. 13), en su estudio “Caracterización de materiales compuestos con matriz foto polimérica reforzados con fibras de abacá y cabuya mediante impresión 3D”, describe un análisis experimental de esfuerzos mecánicos en fibras naturales para la posterior fabricación de probetas mediante impresión 3D, obteniendo como resultados que

el esfuerzo máximo a flexión de los compuestos reforzados con abacá (77,534 MPa) y cabuya (83,256 MPa) disminuyeron con respecto al material matriz (92,77 MPa), por otro lado el módulo de elasticidad a la flexión que presentaron compuestos reforzados con abacá (2211,33 MPa) y cabuya (1806,03 MPa) aumentaron con respecto al material matriz (1689,64 MPa) lo que se traduce en un aumento en la rigidez de los materiales ensayados.

En el estudio denominado “Selección de materiales y procesos de manufactura para el carenado de un vehículo de tracción humana”, el modelado y construcción de un carenado representa un trabajo arduo y multifacético, donde es importante analizar los temas de estudio por elementos finitos en fluidos alrededor de cuerpos tridimensionales para llegar al desarrollo y fabricación de una forma que mejore el coeficiente de arrastre aerodinámico, así como también temas acerca de factores estructurales que permitan la sujeción correcta el carenado y garantice su rigidez a la hora de conducción. Como punto de vital importancia a tomar en cuenta, son los materiales implicados en su fabricación, ya que, sin la necesidad de optar por la materia prima más costosa del mercado, sea viable tener un carenado que optimice el rendimiento del ciclomotor (Alvarez, 2016, pág. 26-27).

La integración de herramientas tecnológicas y digitales, como softwares de simulación, en la industria han sido de vital importancia para su evolución en el campo tecnológico y transformación digital de procesos de producción. Según (Villegas López & Tous, 2019, pág. 10), menciona: la implementación tecnológica en los canales de producción mediante softwares de simulación, diseño y modelación, al igual que impresión 3D, permiten mejorar los tiempos de fabricación de moldes de piezas a gran escala para la elaboración de modelos en materiales compuestos a nivel industrial permitiendo así la optimización de procesos y creación de diseños con más alto nivel de complejidad.

El modelado del carenado para una motocicleta también involucra limitarse a varios factores externos que restringen el diseño y fabricación del modelo del render original debido a su funcionalidad en la vida real. Uno de los estudios relacionados con el comportamiento aerodinámico de diseños a velocidades considerables, es el de (Garía et al., 2015, pág. 3), en el cual menciona “ el parámetro principal en el cual se debe basar la creación del diseño de un carenado, es que debe tener una alta precisión geométrica, sobre todo en el área frontal, ya que esta es la que mayor contacto de flujo de aire tiene en

comparación al resto de la motocicleta, y es la parte que se debe tomar en cuenta para diseños de extractores de calor para una buena refrigeración del motor”.

1.5 MATERIALES COMPUESTOS

El concepto general de materiales compuestos establece que es un conjunto de alternativas de combinación de materiales monofásicos con características diferentes, adoptando las propiedades comunes de sus componentes, de tal modo que mejore sus cualidades y características (Callister & D., 2017, pág. 30).

1.6 COMPONENTES DE LOS MATERIALES COMPUESTOS

Un material compuesto está constituido por dos fases diferentes, cuya unión suministra mejores cualidades al material, en comparación a las características de los materiales que lo constituyen independientemente.

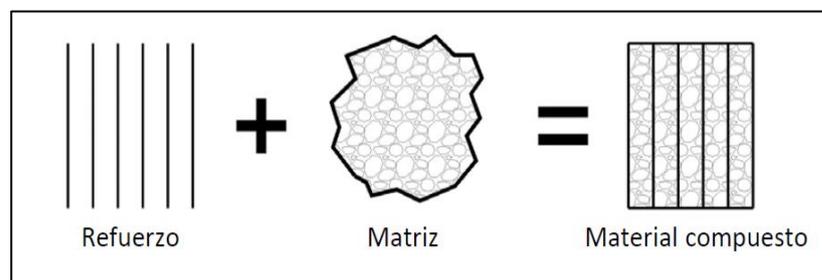


Figura 1.1 Configuración de un material compuesto

Fuente: (Mazumdar, 2002, pág. 5).

En la Figura 1.1. se muestra la conformación fundamental de un material compuesto reforzado con fibras.

Específicamente, el material que constituye un material compuesto se denomina: refuerzo y matriz, entretanto el medio de conexión de estas dos se lo llama interfaz, como se visualiza en la siguiente Figura 1.2.

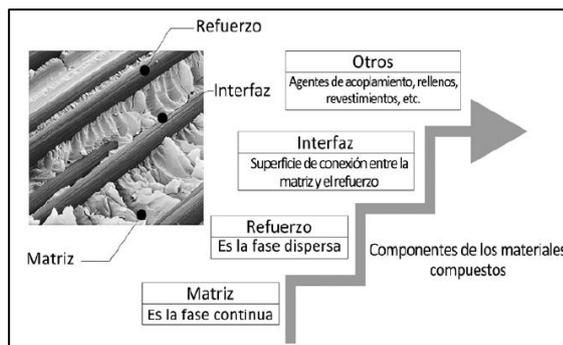


Figura 1.2 Composición de un material compuesto

Fuente: (Dávila et al., 2011, pág. 50).

En la Fig. 1.2 se muestra detalladamente la composición de un material compuesto.

1.6.1 MATRIZ

La matriz ejerce varias funciones en un material compuesto. Principalmente la fase continua es la que contiene y soporta los elementos de refuerzo, proporcionando continuidad y estabilidad al material (Dávila et al., 2011, pág. 15).

1.6.1.1 Tipos de Matriz

- **Matrices Metálicas**

Este tipo de matrices se caracteriza por contener entre un 20 y 50% de refuerzo, por lo tanto son usados en trabajos que requieran rigidez, resistencia mecánica, dureza y resistencia a temperaturas elevadas, por este motivo son de gran interés para trabajos de ingeniería (Askeland, 2009, pág. 11).

- **Matrices Cerámicas**

Las matrices cerámicas son menos densas en comparativa con las metálicas y mejoran sus propiedades a altas temperaturas (Diez, 2011, pág. 22).

- **Matrices Poliméricas**

En la actualidad este tipo de matrices es de gran uso debido a sus características que lo hacen ser más versátil, liviano y de bajos costos de producción.

1.6.2 RESINA EPOXI

La resina epoxi, además de tener un gran número de aplicaciones, es muy versátil gracias a su amplia gama de propiedades, como; adherencia de 13,8 MPa dándole la característica de poseer buena resistencia a impacto, tenacidad, buena transferencia, resistencia térmica elevada y una vida útil de mínimo 2 años, la cual, reforzadas por fibras, se ha convertido en una de las mejores elecciones para su uso en el campo de la automoción, siendo mejor que la resina poliéster (Naranjo Santiana, 2021, pág. 14), por lo que es un material apropiado para trabajar con refuerzos vegetales, que, aunque es costosa, posee buenas propiedades mecánicas, excelente impermeabilidad, y una buena adhesión a una amplia variedad superficies.

Tabla 1.1 Propiedades de la resina epoxi.

Propiedad	Detalle
Esfuerzo de tensión (MPa)	56 - 130
Esfuerzo fluencia (MPa)	126
Resistencia al impacto (J/M)	5,4 - 52
Módulo de elasticidad a tensión (GPa)	2,9 – 4,3
Densidad (Kg/m ³)	1201 - 1300
Contracción de curado (%)	1 - 6

Fuente: (Naranjo Santiana, 2021, pág. 14-15).

En la Tabla 1.1 se visualiza las propiedades mecánicas de la resina epoxi, así como también la máxima temperatura que puede resistir.

1.6.3 REFUERZO

(Diez, 2011, pág. 271), en su estudio menciona que el refuerzo es el elemento del material compuesto que contribuye mejorando sus propiedades. La función primordial del refuerzo es soportar cargas y contribuir a mejorar su composición, por ejemplo; estabilidad térmica, eléctrica y estructural. Los refuerzos suelen ser estructuras, fibras o partículas.

1.6.3.1 Refuerzo por partículas

Los elementos reforzados con partículas se usan en sociedad con matrices poliméricas, cerámicas y metálicas. Un ejemplo bastante claro es el concreto donde el cemento es la matriz, mientras que la arena las partículas.

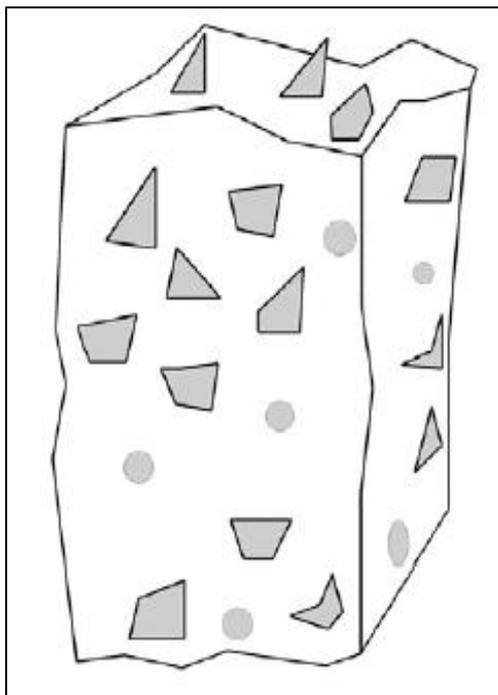


Figura 1.3 Material reforzado con partículas.

Fuente: (Dávila et al., 2011, pág. 56).

En la Figura 1.3 se indica una columna de concreto, un claro ejemplo de matriz reforzado con partículas.

1.6.3.2 Elementos Estructurales.

Este grupo de refuerzos se caracteriza por no depender solamente de las propiedades de sus materiales, sino de la disposición geométrica de sus componentes estructurales. Los más comunes son los laminares y estructuras tipo sándwich (Sataloff et al., 2011, pág. 2).

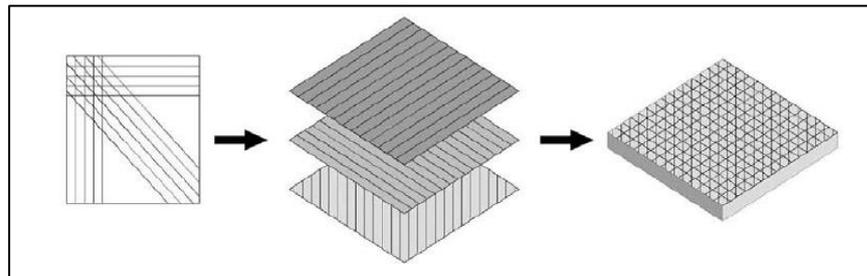


Figura 1.4 Estructura de un material compuesto laminado

Fuente: (Dávila et al., 2011, pág. 57).

En la Figura 1.4. se muestra la estructura de un compuesto laminado constituido por láminas de alta resistencia con dirección preferencial.

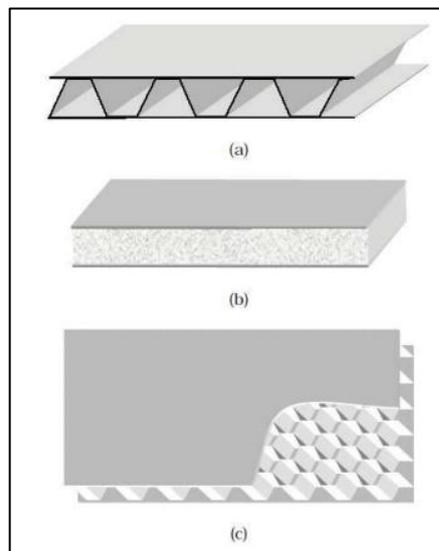


Figura 1.5 Estructura tipo sándwich

Fuente: (Dávila et al., 2011, pág. 58).

En la Figura 1.5 se muestra una estructura tipo sándwich constituido por dos laminas que contienen al núcleo; ni el revestimiento, ni el relleno poseen propiedades de resistencia y rigidez, pero en conjunto logra poseer ambas características (Estructura et al., 2017, pág. 102).

1.6.3.3 Refuerzo por Fibras

Esta investigación se basará en este tipo de refuerzos por fibras, debido a su cantidad, disponibilidad y fácil manipulación en nuestra región, convirtiéndose en un refuerzo de material compuesto de gran interés para la Industria, por sus cualidades de flexibilidad, resistencia y contribución con el medio ambiente (Sataloff et al., 2011, pág. 2).

Se clasifican en los siguientes grupos:

- Alambres
- Fibras
- Whiskeros

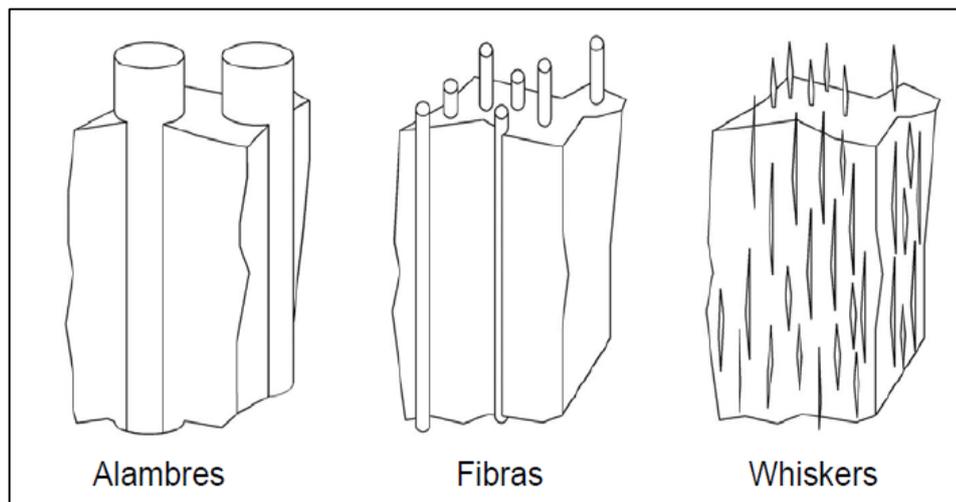


Figura 1.6 Tipos de Fibras

Fuente: (Dávila et al., 2011, pág. 57).

En la Figura 1.6 se muestra los tres grupos de fibras, los whiskers son mono-cristales muy finos por consiguiente poseen un grado de perfección muy alto, libre de defectos, pero con un costo excesivo.

Las fibras son materiales amorfos o poli-cristalinos, tienen gran longitud y diámetros pequeños (Dávila et al., 2011, pág. 57). Este grupo abarca también a las fibras naturales como el coco, abacá y cabuya, integrándolos como medios de refuerzo en una matriz polimérica (Diez, 2011, pág. 34). En cuanto a los alambres poseen diámetros particularmente grandes, generalmente estos materiales son tungsteno, molibdeno y el

acero (Dávila et al., 2011, pág. 57). Son utilizados en gran medida en la fabricación estructural de neumáticos.

1.6.4 CANTIDAD Y ORIENTACIÓN DE LA FIBRA

Según (Askeland, 2009, pág. 522), el índice máximo de volumen de fibras no debe sobrepasar el 80%, debido a que la matriz no logra rodear en su totalidad a las fibras. En cuanto a la orientación, se puede variar su disposición y por ende sus propiedades.

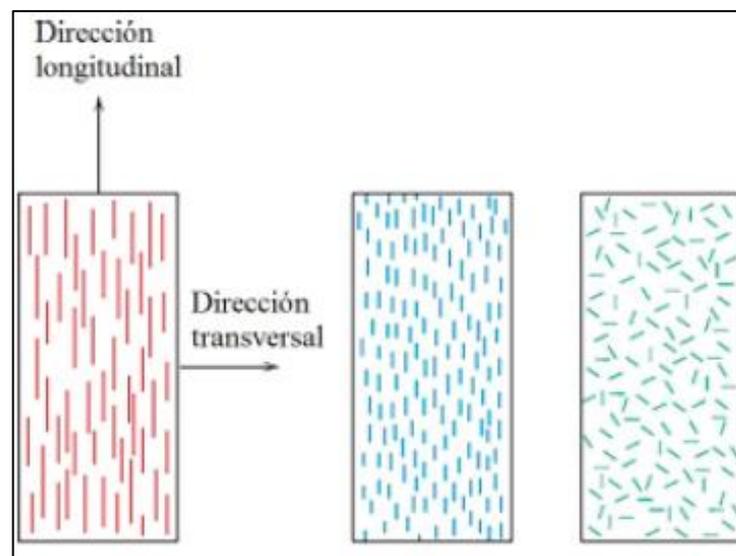


Figura 1.7 Orientación de Fibra en un material reforzado

Fuente: (Callister & D., 2017, pág. 636).

En la Figura 1.7 se indica las variantes de orientación en un material reforzado con fibras.

1.6.5 PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS FIBRAS NATURALES

Las Fibras Naturales adquieren propiedades específicas como resistencia a esfuerzos de flexión, tracción, impacto y compresión, por tal motivo son frecuentemente usados como refuerzos de matrices compuestas (Joffre Marcelo & Vistín Bastidas, 2015, pág. 20). Pevio a estudios se puede tabular resultados experimentales que permiten determinar las propiedades de cada fibra natural como se muestra en la Tabla 1.2.

Tabla 1.2 Propiedades mecánicas de un grupo de fibras sintéticas y naturales.

Fibra	Densidad (g/cm³)	Resistencia a tracción (MPa)	Módulo elasticidad (GPa)	Elongación a la fractura (%)	Absorción de humedad (%)
Cabuya	1,30	305,15	7,50	4,96	---
Yute	1,30	393 – 773	26,50	1,50 – 1,80	12
Coco	1,20	1,75 – 220	4 – 6	15 – 30	10
Abacá	1,30	400 – 1289	45	2,70	8 – 10

Fuente: (Tamayo, 2012, pág. 30).

En la Tabla 1.2 se representa las fibras naturales más comunes en nuestro medio con sus respectivas propiedades mecánicas.

1.6.6 FIBRAS NATURALES EN ECUADOR

Las fibras sintéticas según estudios poseen un tiempo de degradación de aproximadamente 500 años, incrementando el interés hacia la industrialización de fibras naturales (Loza & Pila, 2017, pág. 15).

Las aplicaciones de fibras en Ecuador son variadas, ya que cuenta con una población de 25 mil especies de estas, 25 tipos son de uso comercial (Loza & Pila, 2017, pág. 16). La cabuya, coco, abacá, yute hacen parte de ese grupo por sus propiedades.

1.6.6.1 Cabuya.

En Ecuador este tipo de planta es originaria de la región interandina, suele crecer de forma esporádica en laderas y zonas rurales. Dentro del uso se encuentra: trajes de vestimenta, utensilios, cuerdas, etc. La demanda es gracias a sus propiedades de flexibilidad y resistencia (Barragán & Carpio, 2009, pág. 57).

1.6.6.2 Abacá.

Este tipo de plantas suele crecer en regiones cálidas húmedas, sus aplicaciones se basan en utensilios, cuerdas, papel moneda. Ecuador es uno de los productores de mayor envergadura con una producción anual de 10000 toneladas.

1.6.6.3 Yute.

Propio de climas húmedos y cálidos, también llamada “fibra dorada” por su aspecto. El Instituto Tecnológico de Aeronáutica en Brasil logro la construcción de un vehículo con su carrocería totalmente de fibra de yute, disminuyendo significativamente el peso y logrando ahorrar el consumo de combustible hasta en un 15% (Dávila et al., 2011, pág. 221).



Figura 1.8 Vehículo construido con fibra de yute

Fuente: (Dávila et al., 2011, pág. 221).

En la Fig. 1.8 se muestra el vehículo cuya carrocería está construida totalmente en fibra de yute resultado de la investigación elaborada en el Instituto Tecnológico de Aeronáutica en Brasil.

1.6.6.4 Coco.

Tipo de fibra que se obtiene del fruto de coco, específicamente de su cobertura o cascara. Suelen crecer en las riberas de mar y zonas arenosas con altos niveles de salinidad. Por otro lado, en cuanto a sus aplicaciones, son usadas en fabricación de cuerdas, artesanías, tapizados, etc. (Dávila et al., 2011, pág. 255).



Figura 1.9 Fibra de coco

Fuente: (Loza & Pila, 2017, pág. 17).

En la Fig. 1.9 se muestra la fibra de coco previo un procesamiento de secado para su respectivo tratamiento.

1.7 ESTUDIO AERODINÁMICO.

Las fuerzas aerodinámicas de arrastre, sustentación y momento, al igual que en un avión; tienen influencia en el movimiento de un vehículo automotor ya que este enfrenta un flujo de aire que varía de acuerdo a su velocidad (Garcia et al., 2015, pág. 1).

1.7.1 FLUIDOS: FUNDAMENTOS DE LA AERODINÁMICA

El término fluido se puede definir como un tipo de medio continuo, cuyo comportamiento frente a un esfuerzo cortante es el de deformarse de forma continua mientras perdure el esfuerzo aplicado (Huarte Martínez, 2017, pág. 21).

1.7.2 PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS

1.7.2.1 Fuerza de Arrastre Aerodinámico

Es la fuerza paralela y en sentido contrario al movimiento, cuyo fenómeno ocasiona resistencia al paso de un cuerpo dentro del fluido, viene dado por:

$$F_d = \frac{1}{2} \rho v^2 A C_d \quad [1]$$

Donde:

F_d = Fuerza de Arrastre Aerodinámico

ρ = Densidad del fluido

v = Velocidad del fluido

A = Área de contacto con el fluido

C_d = Coeficiente de arrastre

1.7.2.2 Coeficiente de Arrastre Aerodinámico

Representa una unidad adimensional que determina la resistencia de un cuerpo en movimiento sometido a un fluido, ya sea líquido o gas. Este factor esta dado en función a una superficie determinada del objeto y viene definido por:

$$C_d = \frac{2(F_d)}{\rho v^2 A} \quad [2]$$

Donde:

C_d = Coeficiente de arrastre aerodinámico

F_d = Fuerza de resistencia Aerodinámica

ρ = Densidad del fluido (aire)

v = Velocidad del fluido (aire)

A = Área de contacto con el fluido

1.7.2.3 Presión

Dentro del estudio aerodinámico se determina a la Presión como una variable física que actúa perpendicularmente a la superficie frontal que se encuentra en contacto con el fluido, esta se mide en Pascales (Pa) por el Sistema Internacional (SI) y está definida por:

$$P = \frac{F}{A} \quad [3]$$

Donde:

P = Presión

F = Fuerza de arrastre aerodinámico

A = Área de contacto con el fluido

1.7.3 AERODINÁMICA DEL CARENADO DE UNA MOTOCICLETA

La dimensión, el diseño y el piloto incurren en la aerodinámica de una motocicleta, siendo afectada por parámetros como, la resistencia aerodinámica, sustentación y agarre (Albán Pucha, 2016, pág. 17-20). Al igual que en otro tipo de vehículos de 4 ruedas como: autobuses, camiones, automóviles, camionetas, entre otros que se mueven a alta velocidad, el estudio del comportamiento aerodinámico del carenado de la motocicleta es muy importante, ya que influye en la estabilidad y el paso del aire a grandes velocidades, por tanto se debe tomar en cuenta varios parámetros, como la inclinación de la motocicleta en curvas, la zona de cambio de ataque del viento cuando este se impacta lateralmente y no de manera frontal, por ende, forma parte del desempeño y la seguridad del piloto al conducir este tipo de vehículos.



Figura 1.10 Resistencia del aire en carenados deportivos y turísticos de calle

Fuente:(Albán Pucha, 2016, pág. 17).

En la Fig. 1.10 se muestra la dirección y fluidez del viento a través del carenado de una motocicleta, ya sea turística de calle o deportiva, resistencia, comportamiento e influencia, que afectan de manera directa al desempeño y estabilidad de esta.

1.7.4 INTRODUCCIÓN A LOS CARENADOS DE MOTOCICLETA

En la actualidad, la mayoría de los carenados de las motocicletas de calle son fabricados completamente de materiales compuestos laminados: fibra de vidrio, fibra de carbono o arámida; y en otros casos con acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) o poli estireno de alto impacto (HIPS) inyectado en moldes, debido a su alta capacidad de producción en serie, bajo costo de producción, ligereza y alta resistencia a impactos (Camilo et al., 2019, pág. 30).



Figura 1.11 Carenado de los años 50

Fuente: (Mentutuk, 2020).

En la Fig. 1.11 se muestra el diseño de un carenado a base de fibra de vidrio de una motocicleta de competencia de los años 50, cuyo diseño cumple con los requerimientos de una motocicleta de alto desempeño.



Figura 1.12. Carenado motocicleta actual

Fuente: (Honda, 2021).

En la Fig. 1.12 se muestra el diseño de un carenado a base de fibra de carbono de una motocicleta de competencia actual, cuyo material de construcción y diseño obedece tanto a aspectos estéticos, como funcionales, proporcionándole ligereza y alto desempeño en aceleración y conducción, capaz de alcanzar altas velocidades, y brindar la mejor percepción de confort al conducirla (Morales García, 2016).

1.7.5 DEFINICIÓN

Se denomina carenado de una motocicleta al revestimiento externo fabricado en plástico o fibra de vidrio y en algunas ocasiones en fibra de carbono que se adapta al chasis y envuelven a la motocicleta, permitiendo que el aire se deslice suavemente mejorando la penetración aerodinámica sin oponer mucha resistencia al avance afectando a su desempeño (Sarmiento Bayona & Delgado Rodríguez, 2009, pág. 27).

1.7.6 PARTES DE UN CARENADO

1.7.6.1 Carenado frontal

Sirve de alojamiento para el faro delantero y de soporte para la cúpula. Este se encuentra situado en la parte delantera de la motocicleta, que en conjunto con la cúpula sirve de protección del aire de la parte frontal a la parte superior del piloto.

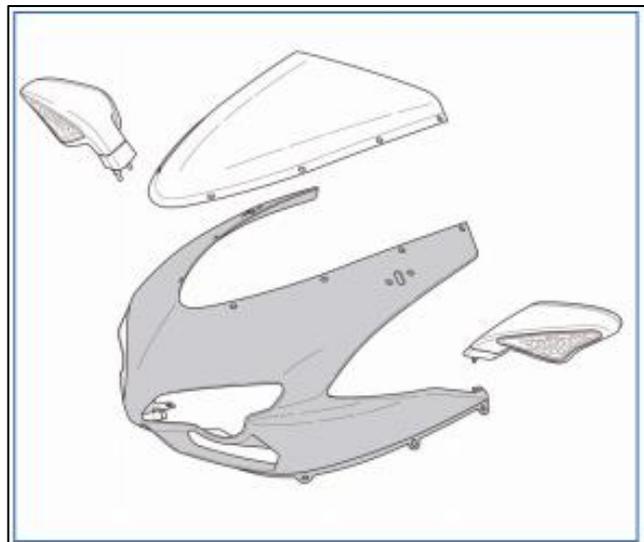


Figura 1.13 Carenado frontal, Cúpula y retrovisores

Fuente: (Casajús, 2013, pág. 6-9).

En la Fig. 1.13 se visualiza la parte frontal del carenado, cúpula y retrovisores, la cual sirve de protección para el conductor y cuyo diseño depende del estilo y función de la motocicleta.

1.7.6.2 Carenado lateral

La función principal de esta parte del carenado es proteger del viento a las piernas de piloto y de guarnecido del motor. Se ubica en los laterales de la parte delantera de la moto y en ocasiones forma una sola pieza con el carenado frontal o con la quilla.

1.7.6.3 Quilla

Su función principal es dirigir el viento a la parte inferior de la motocicleta. se encuentra ubicada en la parte inferior del vehículo, delante del motor y detrás de la rueda delantera.

1.7.6.4 Asiento

Es el elemento donde se ubica el conductor. Se encuentra en conjunto o por separado del asiento del pasajero.

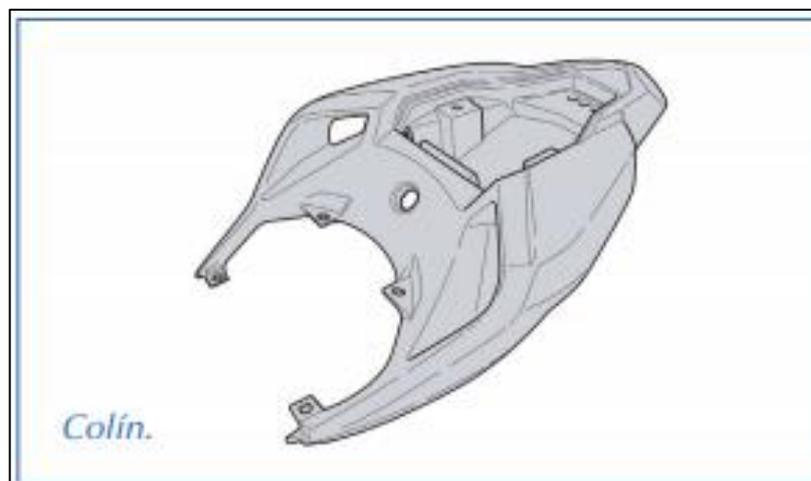


Figura 1.14 Colín

Fuente: (Casajús, 2013, pág. 6-9).

En la Fig. 1.14 se observa el colín del carenado de la motocicleta, el cual aloja el asiento del conductor, cuyo diseño cumple la función de brindar confort y estabilidad a los pasajeros.

CAPITULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El objetivo principal del presente trabajo de titulación es deducir la metodología adecuada para la fabricación y reducción de peso de un carenado para la motocicleta eléctrica Super Soco TC Max en base a la indagación bibliográfica de diferentes caracterizaciones de material compuesto con fibras vegetales, cuyas propiedades mecánicas sean ideales para la fabricación y sustitución del carenado de polipropileno de un ciclomotor, fáciles de reparar y amigable con el medio ambiente con un diseño vanguardista que mejore las condiciones aerodinámicas a las que se ve expuesto en la carretera.

2.2. DETERMINACIÓN DEL PROYECTO METODOLÓGICO

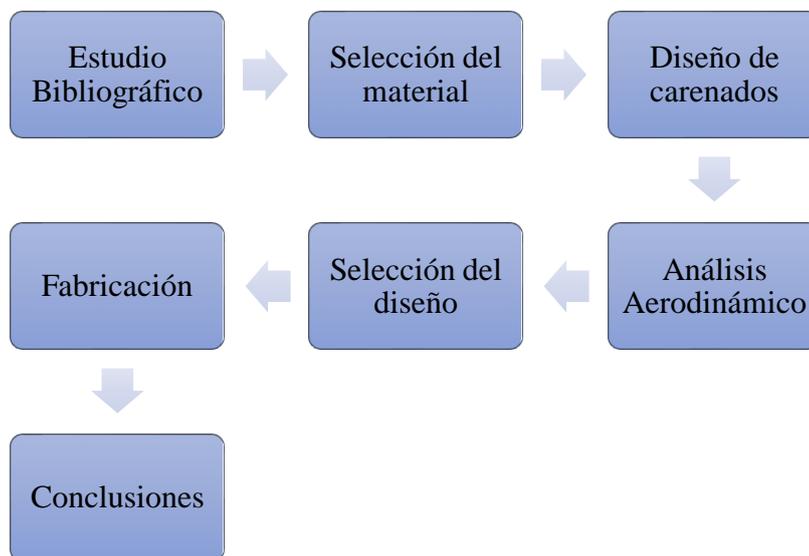


Figura 2.1 Proceso metodológico del proceso de diseño y construcción de un carenado para una motocicleta eléctrica

El desarrollo que conlleva este estudio metodológico es claro, sistemático y cronológico, como se puede evidenciar en la figura 2.1 en donde se visualiza un organizador gráfico que detalla el proceso de investigación a seguir, además, permite una mejor comprensión de las secuencias de este.

2.3. PESO DE LAS PROBETAS

Según la metodología aplicada en esta investigación, el peso del material compuesto fue un factor de suma importancia a la hora de elegir el material idóneo para la construcción del carenado de la motocicleta eléctrica debido a la influencia directa que tiene en el consumo de batería y protección de los elementos motrices internos en condiciones normales de funcionamiento, por lo que se procedió a realizar un análisis de peso de las probetas del material compuesto que son objeto de estudio de este trabajo de investigación.

2.3.1. LAMINA DEL MATERIAL COMPUESTO DE 30% DE FIBRA NATURAL DE YUTE

Los materiales utilizados en la composición de la probeta del material compuesto con el 30% de fibra de Yute con sus respectivos pesos en gramos, dentro de un volumen de 6,12cm³ serán detallados a continuación en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Pesos de Materiales utilizados en la fabricación de una lámina de material compuesto de fibra de Yute.

Lámina del Material Compuesto de 30% de Fibra Natural de Yute	
Matriz resina epoxi	6,74 g
Fibra de Yute	2,43g
Total	9,17g

Fuente:(Naranjo Santiana, 2021, pág. 20-21)

2.3.2. LAMINA DEL MATERIAL COMPUESTO DE 40% DE FIBRA NATURAL DE COCO

Los materiales utilizados en la composición de la probeta del material compuesto con el 40% de fibra de coco con sus respectivos pesos en gramos, dentro de un volumen de $11,25\text{cm}^3$ serán detallados a continuación en la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Pesos de Materiales utilizados en la fabricación de una lámina de material compuesto de fibra de Coco.

Lámina del Material Compuesto de 40% de Fibra Natural de Coco	
Matriz resina epoxi	12,37 g
Fibra de Coco	9 g
Total	21,37g

Fuente:(Imbaquingo Navarrete, 2014, pág. 51)

2.3.3. LAMINA DEL MATERIAL COMPUESTO DE 40% DE FIBRA NATURAL DE CABUYA

Los materiales utilizados en la composición de la probeta del material compuesto con el 40% de fibra de cabuya con sus respectivos pesos en gramos, dentro de un volumen de $11,25\text{cm}^3$ serán detallados a continuación en la tabla 2.3.

Tabla 2.3 Pesos de Materiales utilizados en la fabricación de una lámina de material compuesto de fibra de Cabuya.

Lámina del Material Compuesto de 40% de Fibra Natural de Cabuya	
Matriz resina epoxi	12,37 g
Fibra de Cabuya	9,75 g
Total	22,12g

Fuente:(Ponce, 2020, pág. 46-53)

Analizado y comparando los resultados del peso de las probetas de cada uno de los materiales compuestos, el composite reforzado con 2 capas de fibra de yute es el más ligero de todos, sin embargo, comparando los resultados que se han obtenido de las diferentes caracterizaciones de los materiales compuestos de yute, coco y cabuya, se observa que presenta propiedades mecánicas inferiores en comparación al material compuesto de coco y cabuya, pero cabe destacar que es el menos frágil de todos, puesto que tiene mayor porcentaje de deformidad antes de fracturarse cuando este se encuentra sometido a una carga.

2.4. SELECCIÓN DEL MATERIAL

En la selección del material compuesto más idóneo para la elaboración del carenado de la motocicleta eléctrica Super Soco TC Max, se utilizó una matriz de decisión, observar en la tabla 3.8, la cual ayudó a identificar la mejor opción teniendo en cuenta varios factores de una manera sistemática. El objetivo principal de realizar la matriz de decisión es determinar el material compuesto ideal que cumpla con los requerimientos en base a nuestras necesidades; asignando factores de ponderación cuyo valor será evaluado de 0 hasta 1, tomando en cuenta que los valores próximos a 1 son ponderaciones más importantes que se deben tomar en cuenta según nuestra conveniencia. El resultado de la suma de todas las ponderaciones será 1.

Para realizar la calificación de cada uno de los materiales compuestos, se asignaron valores que van desde el 1 al 10, en donde el valor de los factores que más se acerque a 10 será el mejor calificado para esta aplicación. Tal como se puede apreciar en la tabla 2.4

Tabla 2.4 Rangos de calificación para la Matriz de Decisión

Mala	Media	Buena	Muy buena
1 a 3	4 a 6	7 a 8	9 a 10

Fuente:(Espinoza & Hidalgo, 2016, pág. 113)

2.4.1. CÁLCULO DE LA PUNTUACIÓN TOTAL DE PONDERACIÓN

Para sacar la puntuación total de ponderación de cada una de las matrices de decisión, se multiplica la calificación asignada a cada factor crítico de selección por el factor ponderado, posterior a eso se suma todos los productos y se obtiene un valor total. El material compuesto que mayor valor obtenga será el elegido y se recomendará su aplicación en la construcción del carenado de la motocicleta eléctrica.

$$F_{\text{Ponderado}} = C_{F. \text{ crítico}} \times F_{\text{Ponderación}} \quad [4]$$

Dónde:

$F_{\text{Ponderado}}$ = Factor ponderado

$C_{F. \text{ crítico}}$ = Calificación del factor crítico

$F_{\text{Ponderación}}$ = Factor de ponderación

$$PT = F_{\text{Peso}} + F_{\text{Tenacidad}} + F_{\text{Carga}} + F_{\text{Costo}} + F_{\text{Accesibilidad}} + F_{\text{Imp. Amb.}} + F_{\text{Mec.}} \quad [5]$$

Dónde:

PT = Puntuación total de ponderación

F_{Peso} = Factor ponderado de Peso

$F_{\text{Tenacidad}}$ = Factor ponderado de Tenacidad

F_{Carga} = Factor ponderado de Carga

F_{Costo} = Factor ponderado de Costo

$F_{\text{Accesibilidad}}$ = Factor ponderado de Accesibilidad

$F_{\text{Imp. Amb.}}$ = Factor ponderado de Imacto Ambiental

$F_{\text{Mec.}}$ = Factor ponderado de Mecanizado

2.4.2. MATRIZ DE DECISIÓN PARA EL MATERIAL COMPUESTO CON 2 CAPAS DE FIBRA DE YUTE Y REFUERZO CON RESINA EPOXI.

A continuación, en la Tabla 2.5 se presenta la matriz de decisión del material compuesto de fibra natural de yute y refuerzo de resina epoxi donde se puede visualizar un factor ponderado total de 8,5, dato indispensable en el análisis de decisión para la selección del material compuesto.

Tabla 2.5 Matriz de decisión para el material compuesto con 2 capas de fibra de yute y refuerzo con resina epoxi.

Material compuesto de 2 capas de fibra de yute y resina epoxi			
Factores críticos	Factor de ponderación	Calificación	Factor ponderado
Peso	0,2	9	1,8
Tenacidad	0,05	7	0,35
Carga	0,15	7	1,05
Costo	0,15	9	1,35
Accesibilidad	0,15	9	1,35
Impacto ambiental	0,2	9	1,8
Mecanizado	0,1	8	0,8
Total	1	62	8,5

Elaborado por: Los Autores

2.4.3. MATRIZ DE DECISIÓN PARA EL MATERIAL COMPUESTO CON 3 CAPAS DE FIBRA DE COCO Y REFUERZO CON RESINA EPOXI.

En la Tabla 2.6 se presenta la matriz de decisión del material compuesto de fibra natural de coco y refuerzo de resina epoxi, donde se puede visualizar un factor ponderado total de 7,25.

Tabla 2.6 Matriz de decisión para el material compuesto con 3 capas de fibra de coco y refuerzo con resina epoxi.

Material compuesto de 3 capas de fibra de coco y resina epoxi			
Factores críticos	Factor de ponderación	Calificación	Factor ponderado
Peso	0,2	7	1,4
Tenacidad	0,05	10	0,5
Carga	0,15	10	1,5
Costo	0,15	7	1,05
Accesibilidad	0,15	2	0,3
Impacto ambiental	0,2	9	1,8
Mecanizado	0,1	7	0,7
Total	1		7,25

Elaborado por: Los Autores

2.4.4. MATRIZ DE DECISIÓN PARA EL MATERIAL COMPUESTO CON 3 CAPAS DE FIBRA DE CABUYA Y REFUERZO CON RESINA EPOXI.

En la Tabla 2.7 se presenta la matriz de decisión del material compuesto de fibra natural de cabuya y refuerzo de resina epoxi, donde se puede visualizar un factor ponderado total de 7,25, este valor es resultado de la suma de las calificaciones de todos los factores críticos analizados en la matriz de decisión.

Tabla 2.7 Matriz de decisión para el material compuesto con 3 capas de fibra de cabuya y refuerzo con resina epoxi.

Material compuesto de 3 capas de fibra de cabuya y resina epoxi			
Factores críticos	Factor de ponderación	Calificación	Factor ponderado
Peso	0,2	6	1,2
Tenacidad	0,05	9	0,45
Carga	0,15	9	1,35

Elaborado por: Los Autores

Tabla 2.7 Matriz de decisión para el material compuesto con 3 capas de fibra de cabuya y refuerzo con resina epoxi (**Continuación...**)

Costo	0,15	8	1,2
Accesibilidad	0,15	9	1,35
Impacto ambiental	0,2	9	1,8
Mecanizado	0,1	7	0,7
Total	1		7,25

Elaborado por: Los Autores

En base a los resultados obtenidos de las matrices de decisión de los materiales compuestos de yute, coco y cabuya, el mejor calificado es el composite de 30% de fibra de yute y 70% de refuerzo de resina epoxi, ya que a pesar de que sus propiedades mecánicas son inferiores a los otros materiales comparados, su composición es más liviana y de mayor accesibilidad lo cual hace que el material compuesto de fibra de Yute sea idóneo para esta aplicación, por lo que se optó por recomendar esta composición para la elaboración del carenado de la motocicleta eléctrica.

2.5. SELECCIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO

En base a las características analizadas, se procede a elegir el material compuesto con mejor puntaje de acuerdo con las necesidades planteadas en la matriz de decisión; tal como se ve en la figura 2.2.

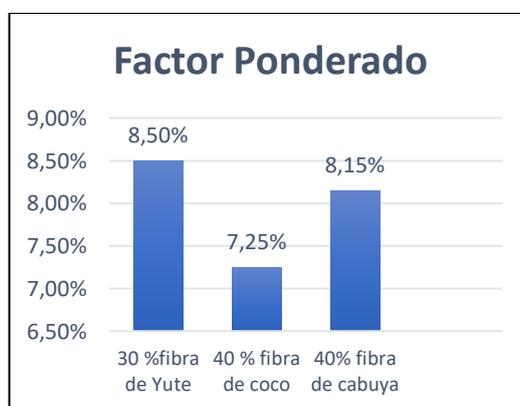


Figura 2.2 Comparación del factor ponderado entre el material compuesto de fibra de yute, fibra de coco y fibra de cabuya.

Comparando los resultados obtenidos en la matriz de decisión, se determinó que el material compuesto de fibra de yute es el mejor calificado para esta aplicación de acuerdo con las características entre propiedades mecánicas, accesibilidad, resistencia, costo y lo más importante el peso, cuyo objetivo primordial del trabajo de investigación, es la reducción del peso del carenado de la motocicleta eléctrica Super Soco TC Max y tomando en cuenta que es un material compuesto a base de una fibra vegetal que hace que sea amigable con el medio ambiente.

2.6. CARACTERÍSTICAS DE LA MOTOCICLETA ELÉCTRICA SUPER SOCO TC MAX

Es un vehículo constituido por dos ruedas, donde la rueda delantera otorga dirección y la posterior sirve de tracción, es impulsada por un motor eléctrico central con correa de 3900 W, posee un estilo Naked donde el motor se encuentra descubierto de un carenado teniendo contacto directo con el aire, del mismo modo ofrece una buena conducción, sus dimensiones son compactas y garantiza seguridad al pasajero.

Está equipada con un motor Bosch que entrega 170 Nm de par máximo, potencia necesaria para cumplir las expectativas de cualquier motocicleta a combustión, así también, ofrece velocidades entre los 100 km/h y una autonomía de 100 km. El motor es alimentado por una batería de 72 V y 45 Ah extraíble y recargable. Es un vehículo ligero, amigable con el medio ambiente y con características que permiten ser homologados en nuestro país respecto a las normativas vigentes.

Para el diseño y simulación computacional de la motocicleta Super Soco TC Max y sus diferentes propuestas de carenados se basó en el dimensionamiento a escala 1:1 de la motocicleta original como se muestra en la Fig. 2.3.

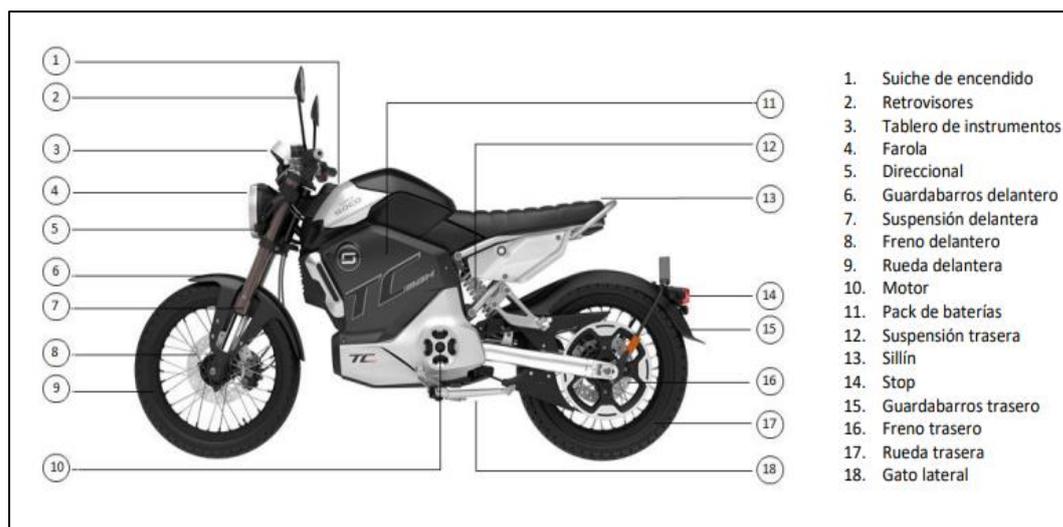


Figura 2.3 Identificación y Partes de Motocicleta Super Soco TC Max

Fuente:(SUPER SOCO TC MAX MANUAL DE GARANTÍA Y MANTENIMIENTO, 2019, pág. 14).

En la Fig. 2.3 se identifica las partes de la motocicleta eléctrica a escala 1:1 previo al procedimiento de diseño y simulación.

La autonomía y la velocidad máxima de la motocicleta Super Soco TC MAX depende de la geografía del terreno, temperatura, peso del pasajero-conductor y condiciones de manejo. A partir de pruebas realizadas con un conductor de 70 kg, a una temperatura de 25°C y con 100% de carga se logró recorrer una distancia de 100 km.

En la Tabla 2.8. se puede visualizar las especificaciones técnicas de la motocicleta Super Soco TC Max.

Tabla 2.8 Especificaciones técnicas de la motocicleta Super Soco TC Max.

Tipo de Motor	Motor central con correa
Potencia Nominal	3900 W
Potencia máxima	5100 W
Torque máximo	180 Nm
Modos de Conducción	Modo 1 (60 km/h) Modo 2 (80 km/h) Modo 3 (100 km/h) velocidad máxima
Autonomía	110 km @ 45 km/h

Fuente:(SUPER SOCO TC MAX MANUAL DE GARANTÍA Y MANTENIMIENTO, 2019, pág. 34).

Tabla 2.8 Especificaciones técnicas de la motocicleta Super Soco TC Max

(Continuación...)

Peso bruto	135 kg	
Suspensión delantera	Telescópica	
Suspensión trasera	Mono amortiguador	
Freno delantero	CBS - Disco	
Freno trasero	CBS - Disco	
Tipo de batería	Batería de Litio - Removible	
Capacidad de la batería		72 V- 45 Ah
Tiempo de carga (0 a 100%)		8-9 horas
Largo	1982 mm	
Ancho	740 mm	
Altura	1031 mm	

Fuente:(SUPER SOCO TC MAX MANUAL DE GARANTÍA Y MANTENIMIENTO, 2019, pág. 34).

2.7. MATERIALES Y EQUIPOS

A continuación, se detalla los equipos y materiales que serán utilizados en el diseño y simulación del Carenado de la Motocicleta Super Soco TC Max y sus respectivas Alternativas.

- Flexómetro
- Calibrador Pie de Rey
- Motocicleta Super Soco TC Max
- Destornillador estrella (Desmontaje)

2.8. PROCESO DE DISEÑO (CAD) Y SIMULACIÓN (CAE)

2.8.1. DIAGRAMA DE PROCESO

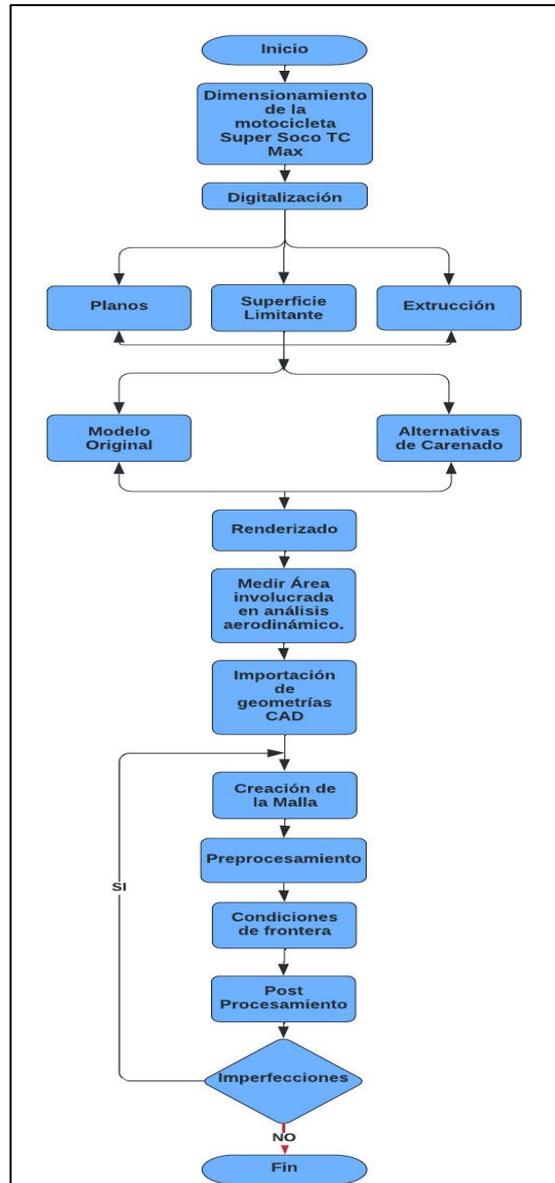


Figura 2.4. Diagrama de flujo del diseño y simulación de los modelos.

2.8.2. PERFILACIÓN DE LA MOTOCICLETA ELÉCTRICA SUPER SOCO TC MAX

En la actualidad se tiene al alcance variedad de programas de diseño asistido por computador, que nos ayudan a modelar y simular equipos mecánicos para posteriormente

analizar su comportamiento siguiendo una línea de parámetros establecidos. SolidWorks se ha convertido en una herramienta indispensable para este tipo de estudio, al permitirnos graficar en 2D 3D, a base de superficies y planos complejos, convirtiéndose en un programa perfecto para la perfilación de la motocicleta eléctrica, previo a su análisis y simulación aerodinámica.

2.8.2.1. Dimensionamiento

El modelado de los diseños propuestos se realizó mediante el uso de sistemas CAD-CAE, cuyos programas optimizan tiempo y costos de producción, ya que se obtiene muestras con valores cercanos a la realidad que garantizan el comportamiento aerodinámico y mecánico del material a emplearse, para ello se considera una escala 1:1 de las medidas tomadas del carenado de la motocicleta eléctrica Super Soco TC MAX, y el uso de varios instrumentos de medición como: pie de rey y flexómetro.

2.8.2.2. Digitalización

Es importante mencionar que la metodología de digitalización se realizó a partir de superficies, planos 2D-3D y simetrías complejas, en donde se usó como base el modelo original y partiendo de este se comenzó a crear superficies que fueron acopladas al diseño inicial sin la necesidad de modificar la parte estructural de la motocicleta. No se utilizó el método de ensamblaje porque afecta en gran porcentaje el mallado del modelo al realizar la simulación. A continuación, en la Fig. 2.5 se muestra el diseño de la motocicleta eléctrica Super Soco TC MAX y el maniquí con todas sus características como: sistemas automotrices, carenados, posición de manejo del conductor, entre otros detalles auxiliares, que representan al modelo real en condiciones de funcionamiento y así obtener resultados confiables.

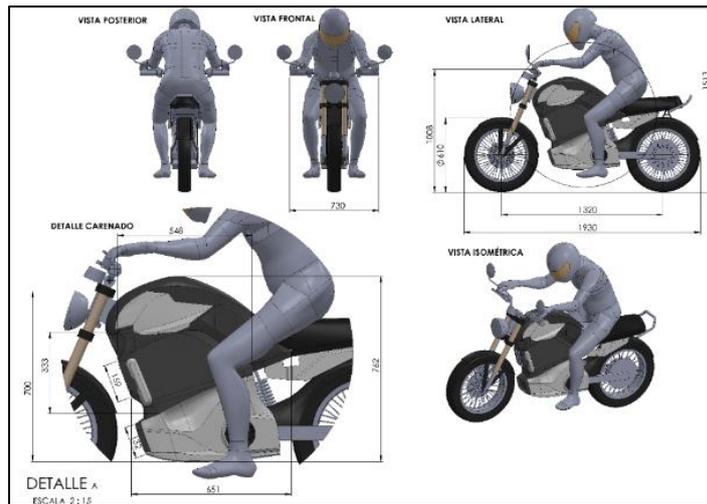


Figura 2.5. Plano de Motocicleta Super Soco TC MAX digitalizada en SolidWorks

En la Fig. 2.5 se muestra los planos y digitalización de la motocicleta Super Soco TC MAX creada a partir de programas CAD-CAE.

2.8.2.3. Renderizado

Para la presentación del modelo digital se realizó un renderizado a partir del complemento de SolidWorks PhotoView 360, que nos da la posibilidad de mejorar la apariencia y los acabados finales del diseño, de este modo podemos visualizar un diseño más real como se visualiza en la Fig. 3.5. Seleccionando la opción vista preliminar en la zona de gráficos se puede observar cómo afecta al renderizado los cambios realizados al elegir el material y color de las diferentes partes de la motocicleta. Una vez preparada la apariencia final, se procede a renderizar, en donde, si las cotas del diseño inicial son visibles, aparece un cuadro de dialogo con la opción de ocultar anotaciones y renderizar el modelo sin incluirlas, de este modo se visualiza un modelo limpio y realista dándose una perspectiva más completa de cómo se verá el diseño en la vida real.

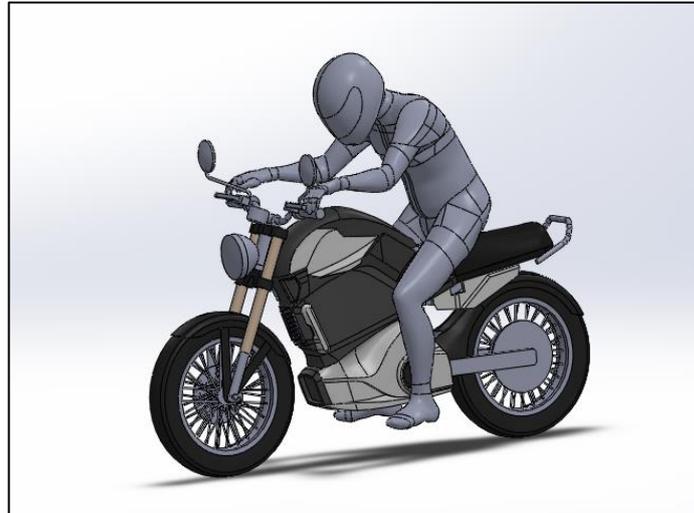


Figura 2.6. Renderizado de Motocicleta Super Soco TC MAX

En la Fig. 2.6. se visualiza el renderizado de la motocicleta Super Soco TC MAX, basándose en el diseño computacional y en detalles del vehículo original.

2.8.3. ALTERNATIVAS DE DISEÑO DE CARENADOS

A continuación, se presenta tres alternativas de diseños enfocados a la mejora aerodinámica del modelo original, con el objetivo de reducir efectos como: fuerzas, velocidad del fluido, turbulencias y presión sobre el conductor y motocicleta.

Para el diseño y modelado del carenado de la motocicleta se ha tenido en cuenta varios aspectos dimensionales necesarios para una conducción segura y favorable.

Debido a que el recorrido de la horquilla es de 100 mm, los diseños realizados se modelaron con una tolerancia de que la distancia entre guardabarros delantero y la superficie frontal inferior de la moto sea superior a esta distancia, por lo que cuando la moto gire o frene estas partes no se tocarán.

Para el diseño del carenado lateral, se ha tomado en cuenta la distancia que tiene el carenado original entre el piso y el carenado inferior que es de 33,7mm.

2.8.3.1. Alternativa de Carenado 1: Modelo Q

Como se puede observar en la Fig.2.7, esta propuesta se ha inspirado en un estilo conservador tipo chopper, en donde se ha optado por añadir un carenado frontal que cubre al faro con el objetivo de armonizar el fluido (aire) que envuelve al conductor. El diseño del carenado lateral es más sencillo, protege completamente la batería y el motor eléctrico de cualquier condición atmosférica o impacto, con una toma de aire más amplia que permite una mejor entrada y salida de aire, facilitando la refrigeración de los componentes electrónicos y mando eléctrico de la motocicleta.

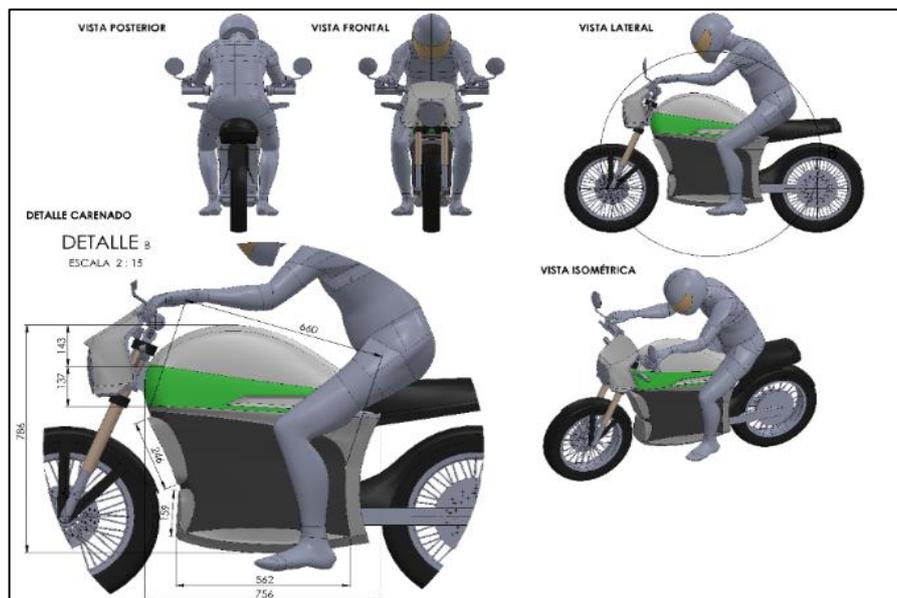


Figura 2.7. Plano y Digitalización de Modelo Q

En la Fig. 2.7 se muestra el diseño y plano del modelo Q realizado a partir de modelos sobrios e innovadores.

A continuación, se presenta el renderizado del modelo Q, en el que se puede visualizar de mejor manera colores y curvas características del diseño dándose una idea más concreta de cómo podría verse el modelo en la vida real.



Figura 2.8. Renderizado de Modelo Q

En la Fig. 2.8 se muestra el renderizado del Modelo Q usando una gama de colores que resalten las curvas y los detalles que sobresalen del carenado.

2.8.3.2. Alternativa de Carenado 2: Modelo R

En este modelo se presenta un carenado mucho más sencillo y liviano, ya que se ha simplificado el carenado lateral con la finalidad de obtener una mejor recirculación del fluido (aire) y reducción de peso como se puede visualizar en la Fig.2.9. La toma de aire frontal es mucho más grande que el modelo anterior, cuyo objetivo es aprovechar de manera más eficiente la corriente de aire que ingresa y sale del carenado.

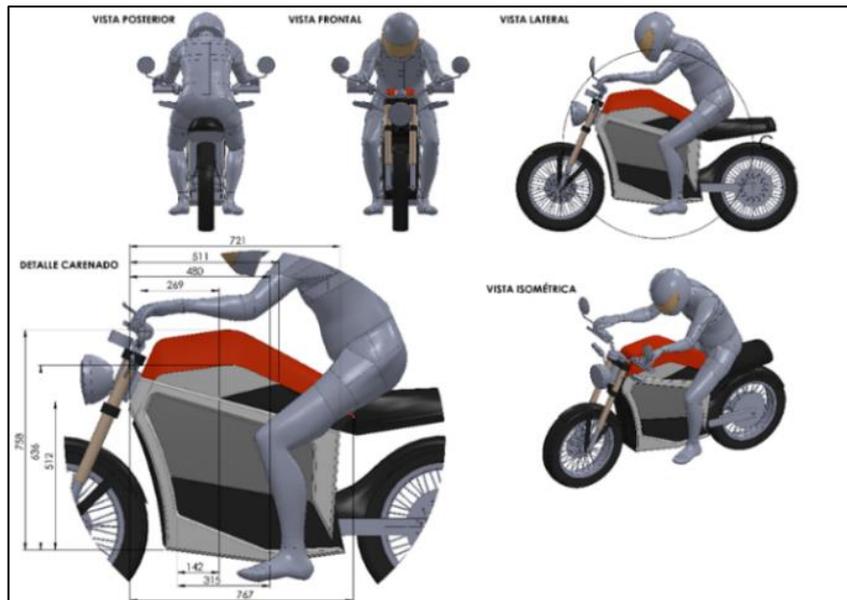


Figura 2.9. Plano y Digitalización de Modelo R

En la Fig. 2.9 se muestra el diseño y digitalización del Modelo R, exponiendo la vista delantera, posterior e isométrica.

A continuación, se puede visualizar el renderizado del modelo R, en el que se puede observar el terminado, curvas, colores y materiales a utilizar dándose una idea más concreta del modelo en la vida real.



Figura 2.10. Renderizado de Modelo R

En la Fig. 2.10 se muestra el renderizado del Modelo R donde se pone énfasis en la parrilla que hace parte del carenado lateral.

2.8.3.3. Alternativa de Carenado 3: Modelo S

Para este diseño, se ha tomado en cuenta cierta personalidad en el carenado lateral como se puede visualizar en la fig. 2.11, tomando en cuenta que es una zona muy importante ya que se enfoca en la reducción del área frontal y protección de las pantorrillas del flujo de aire directo al conductor, se ha propuesto un carenado con un modelo morfológico interesante, donde la superficie es amplia con curvas mucho más atrevidas que los modelos anteriores dándole agresividad y robustez, toma de aire pequeña con la intención de reducir el área frontal de la motocicleta, dando como resultado una mayor eficiencia y ergonomía al momento de conducirla, ya que se ha conservado las características principales para su conducción; apoyo de brazos, muslos, cadera y abdomen.

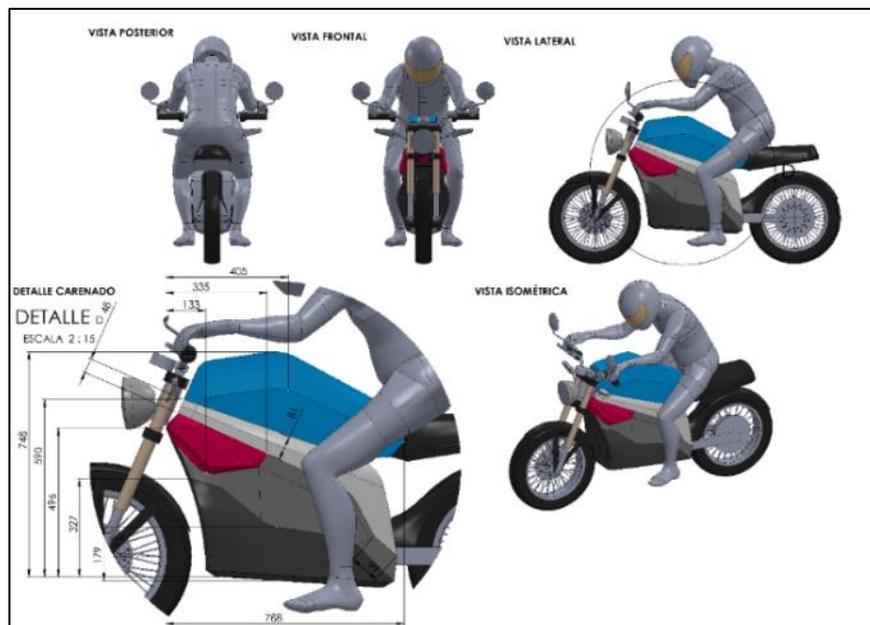


Figura 2.11. Plano y Digitalización de modelo S.

En la Fig. 2.11. se muestra los planos y cotas del Modelo S, basado en un diseño Ninja.

En la fig. 2.12, se presenta el renderizado del modelo S, en donde se puede visualizar de manera más real las curvas características y acabados del diseño, dándose una idea más concreta de modelo final.



Figura 2.12. Renderizado de Modelo S

2.9. SIMULACIÓN

2.9.1. PROCESO DE SIMULACIÓN DE LA MOTOCICLETA SUPER SOCO TC MAX Y ALTERNATIVAS Q, R, S

El estudio y simulación aerodinámica de la motocicleta eléctrica y sus alternativas fue realizado en el software ANSYS a partir del módulo CFX. Este apartado nos ofrece una gama de estudios y variables físicas, que impliquen la necesidad de simulaciones frente a cualquier método de diseño (Pachacama N, 2015, pág.79).

Dada la complejidad del comportamiento del aire sobre el carenado, nos enfocaremos en encontrar variables como el coeficiente de arrastre, presión, velocidad, fuerza aerodinámica. Las variable anteriormente mencionadas ayudaran determinar los efectos aerodinámicos sobre el vehículo (Pachacama N, 2015).

Después de modelar las geometrías de la motocicleta y las tres alternativas de carenado, procedemos a iniciar la simulación aerodinámica para encontrar las variables como: el coeficiente de arrastre (Cx), la fuerza de arrastre (Fd) y Presión (P) planteadas en la Capítulo I, correspondientes a las ecuaciones [1], [2], [3], respectivamente.

2.9.2. PROCESO CFD

Este procedimiento permite encontrar las variables de interés como el coeficiente de arrastre (Cx), la fuerza de arrastre (Fd) y Presión (P) en la cara frontal de la motocicleta. El procedimiento CFD abarcará el análisis del modelo original y sus respectivas alternativas de carenado. Por las características de la motocicleta eléctrica Super Soco TC Max expuestas en la Tabla 2.8, se propone analizar los modelos en Modo 1 y Modo 3 que corresponde a las velocidades de 60 y 100 km/h que representa la velocidad máxima según el fabricante.

- **Generación del Modelo**

El proceso de simulación CFD empieza con la importación del modelo digitalizando en SolidWorks al módulo del Software ANSYS como se muestra en la Fig. 2.13 el diseño geométrico se debe guardar en formato “Parasolid (x_t)” para garantizar la compatibilidad con el software de simulación.

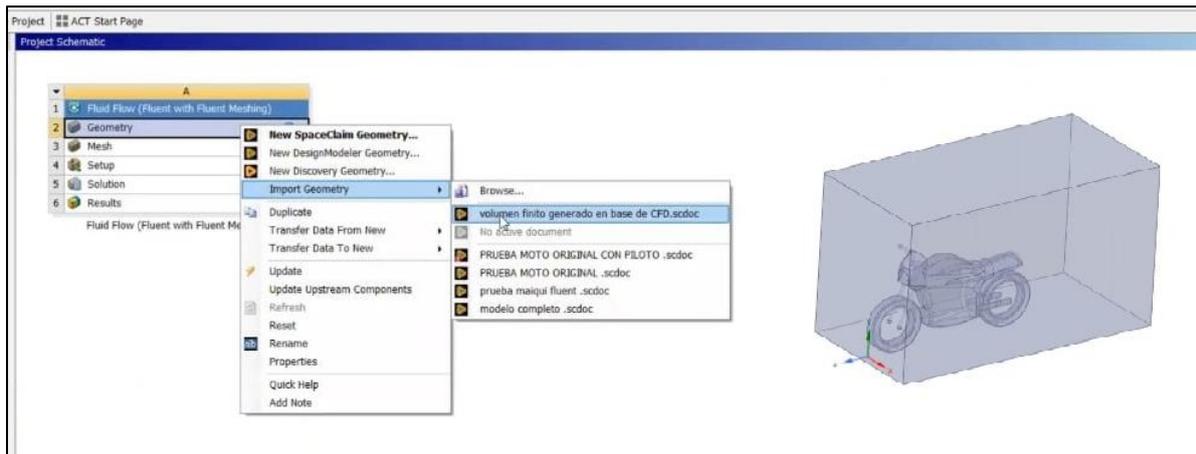


Figura 2.13 Importación del modelo generado en 3D

- **Generación del Dominio Computacional.**

Se debe crear un área de estudio que simule el espacio por donde se desliza el fluido (aire), las dimensiones de este campo serán: 3 metros de largo, 1,5 metros de ancho y 1,8 metros de altura; como se indica en la fig. 2.14, el dimensionamiento es determinado por los autores con la finalidad de que el resultado sea legible.

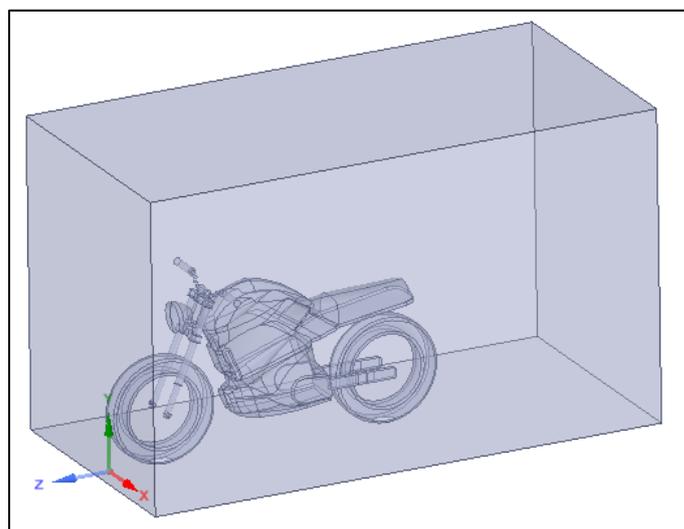


Figura 2.14 Dimensiones del Dominio Computacional

En la Fig. 2.14 se visualiza las dimensiones detalladas del campo computacional, dándonos la posibilidad de variar en todas sus coordenadas dependiendo del análisis.

- **Pre procesamiento**

En esta instancia se determina las condiciones del fluido (aire) por las cuales transitara, primero se debe seleccionar la “Inlet” o la sección de entrada del fluido como se indica en la Fig. 2.15.

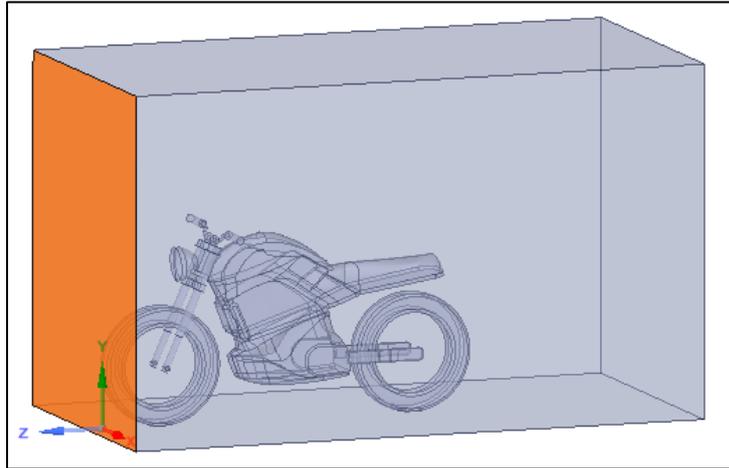


Figura 2.15 Sección de entrada del fluido

En la Fig. 2.15 se visualiza de color la sección por donde definimos la entrada de aire para el análisis posterior.

Luego, se determina la sección por la cual será evacuado el fluido como se indica en la Fig.2.16.

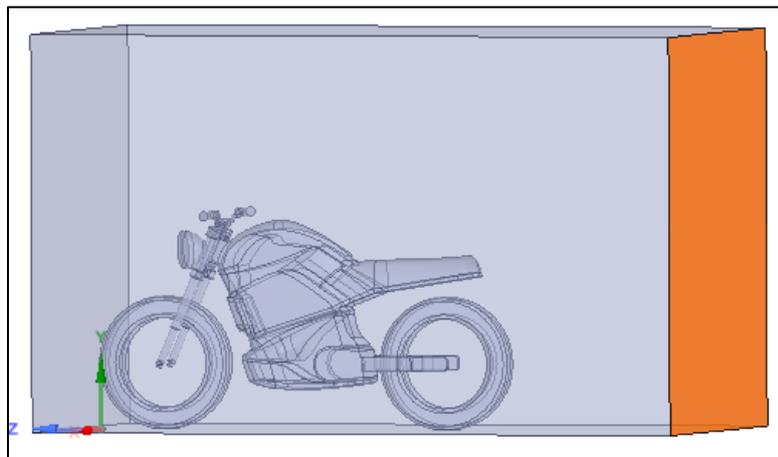


Figura 2.16 Sección posterior de evacuación del fluido.

En la Fig. 2.16 se muestra el área de color llamada “Outlet” ubicada en la parte posterior del vehículo que delimita el análisis.

Finalmente, se determina las superficies que bordean al vehículo como se indica en la Fig. 2.17.

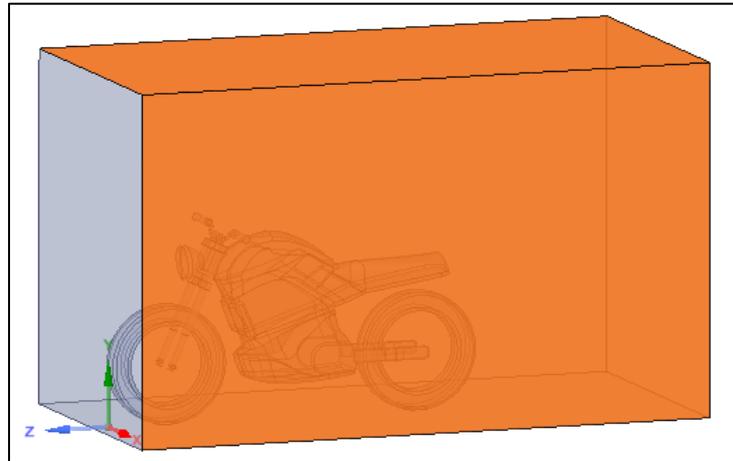


Figura 2.17 Sección de contorno

En la Fig. 2.17 se indica la delimitación del dominio computacional el cual cubre los planos X y Y del vehículo.

- **Procesamiento**

Dentro de este apartado se encuentra el análisis métrico de la malla cuyos valores son directamente proporcionales a la exactitud de los resultados obtenidos a partir de las simulaciones, en este proceso se usó dos tipos; un mallado 2D y 3D combinando una estructura tetraédrica y poli hexaédrica, funciones que nos da la nueva versión de ANSYS 2021.

- **Validación de la Malla**

Existen varios criterios que nos permiten validar la malla, en el presente estudio se usara el de Skewness, como se indica en la Fig. 2.18.

Skewness mesh metrics spectrum					
Excellent	Very good	Good	Acceptable	Bad	Unacceptable
0-0.25	0.25-0.50	0.50-0.80	0.80-0.94	0.95-0.97	0.98-1.00

Figura 2.18 Criterio de validación de malla

Fuente: (Albán Pucha, 2016)

En la geometría del Modelo Original se puede identificar un mallado de 0,038 a 0,947 como se indica en la Fig. 2.19 cumpliendo con los valores permisibles según el criterio de Skewness, obteniendo una malla “aceptable”.

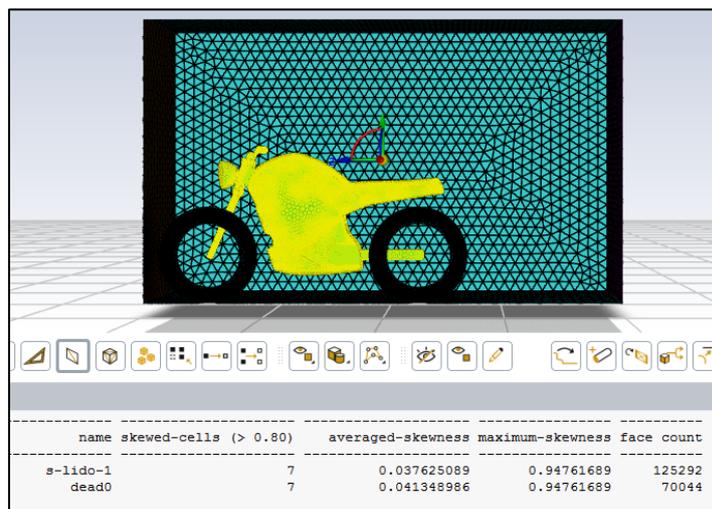


Figura 2.19 Mallado y Valores Skewness para modelo original.

Como se indica en la fig. 2.20 para el Modelo Q, se obtuvo un mallado según el criterio de Skewness de 0,035 a 0,877, definiendo a la malla como “aceptable”.

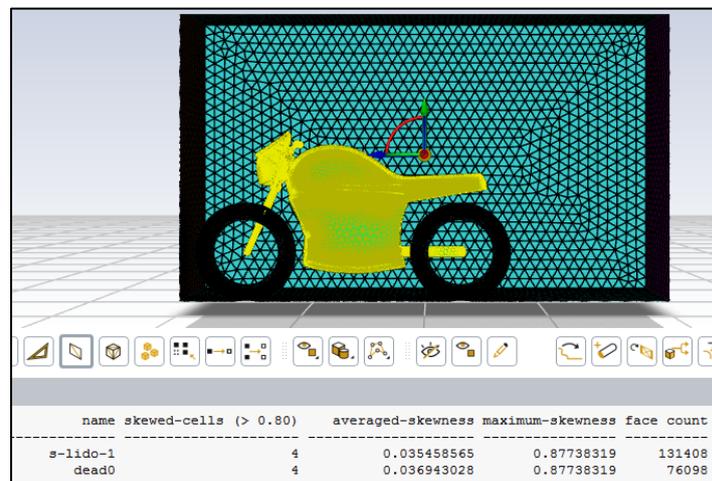


Figura 2.20 Mallado y Valores Skewness para modelo Q.

En la fig. 2.21 se muestra los valores respecto al criterio Skewness del mallado correspondiente al Modelo R, cuyos valores son de 0,035 a 0,884 definiéndola como “aceptable”.

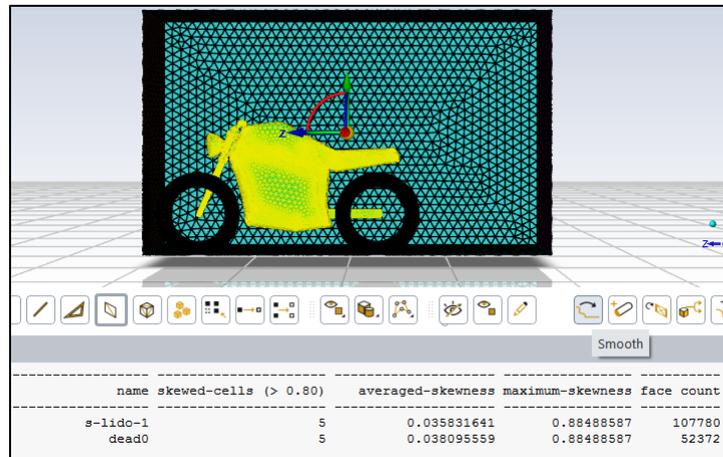


Figura 2.21 Mallado y Valores Skewness para modelo R.

Para la geometría del Modelo S como se muestra en la Fig. 2.22 se obtuvo unos valores entre 0,034 a 0,92 definiendo a la malla como “aceptable”.

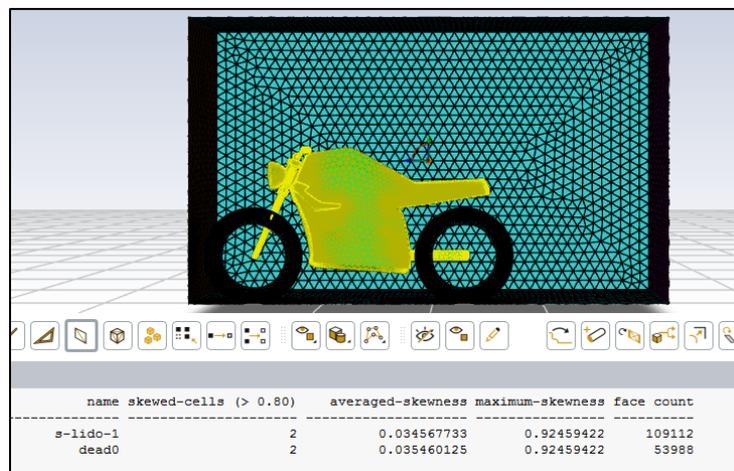


Figura 2.22 Mallado y Valores Skewness para modelo S.

- **Condiciones de contorno**

Se determina la velocidad de entrada por la sección denominada “Inlet” la cual será de 100 *km/h* y 60 *km/h*, como se especifica en la Fig. 2.23

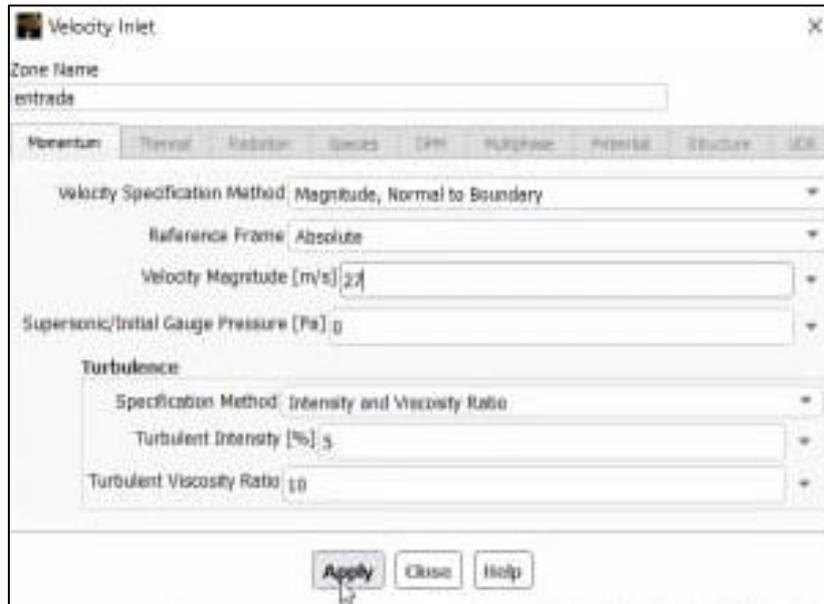


Figura 2.23 Variable de Entrada (Velocidad)

De la misma forma se determinó el parámetro de presión en la sección denominada “Outlet” cuyo valor será igual al de la Presión Atmosférica en nuestra región, para generar resultados en condiciones normales y reales (Fig. 2.24).

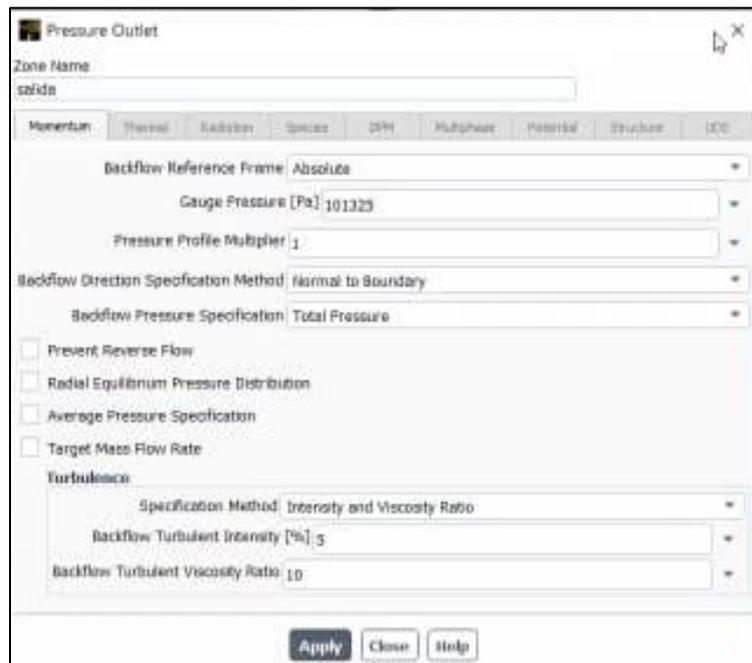


Figura 2.24 Variable de Salida (Presión)

2.10. FABRICACIÓN DEL CARENADO DE LA MOTOCICLETA ELÉCTRICA MEDIANTE BIO-COMPUESTO

El proceso para la fabricación de materiales compuestos es muy importante, ya que permite satisfacer las necesidades y requerimientos de un producto para una aplicación determinada. Además, el costo de fabricación de un material compuesto representa el 50 y 60% del valor total del producto (Dávila et al. 2011, pág 101), por lo que es importante determinar el proceso más adecuado que se adapte a los requerimientos del material compuesto elegido con un excelente resultado y menor costo de fabricación. Dentro de los parámetros a considerar para la elección del método más idóneo se tiene: el tipo de matriz, tipo y geometría del refuerzo, tipo de aplicaciones del producto terminado, etc.

El proceso de fabricación más conocido y utilizado en nuestro medio es la estratificación manual, método que será detallado a continuación.

2.10.1. ESTRATIFICACIÓN MANUAL

Esta técnica también es conocida como lay-up, se trata de una técnica simple y antigua para la fabricación de materiales compuestos con matriz termoestable. La resina termoestable es una matriz que permite una fácil manipulación e impregnación de refuerzos en forma de fibras, dado que se encuentra en forma líquida a temperatura ambiente. Las más usuales son: poliéster, resinas epoxi y fenólicas (Dávila et al. 2011, pág 102).

La resina epoxi contiene un reactivo que permite la unión de la estructura fibrosa y las cadenas poliméricas durante el proceso de curado. En el proceso de reticulación o curado se adiciona un iniciador, el cual se encarga de desencadenar una reacción de secado y posteriormente se agrega el catalizador para intensificar esta operación.

La resina poliéster es utilizado frecuentemente por tener un costo relativamente bajo, el cual lleva estireno monómero entre 30 y 50% de peso (S. Goodman 1998).

Ventajas

- Permite fabricar piezas de diversos tamaños con altos contenidos de refuerzo a un bajo costo
- Sus reactivos son relativamente económicos.
- Es una técnica utilizada durante mucho tiempo, por lo que ha sido optimizada y mejorada, por lo que en la actualidad contiene una amplia gama de materiales y materias primas que facilitan la manufactura de piezas.

Desventajas

- Requiere mayor detalle en su aplicación
- Difícil controlar un espesor uniforme en toda la pieza, además presenta buen acabado en una sola cara
- Imposible utilizar esta técnica para producción en masa.
- Los resultados de la pieza dependen directamente de la habilidad del operador.
- Es un método muy tóxico debido a los elementos de los solventes utilizados al ambiente, especialmente el estireno en Fusión con resina poliéster.



Figura 2.25 Fabricación de un domo por estratificación manual

Fuente: (Dávila et al. 2011, pág 103).

En la fig. 2.25 se puede observar el moldeo mediante el método de estratificación manual, de una semiesfera en fibra de vidrio.

Para la obtención del carenado de la motocicleta eléctrica con fibras naturales y una base de resina epoxi se utilizó el método de estratificación manual.

El proceso de elaboración del carenado será supervisado por un técnico en fibra de vidrio y especialista en la construcción de carenados de motocicletas, y realizado por los mismos estudiantes que desarrollaron esta investigación, los cuales elaboraron los moldes que serán utilizados para la fabricación del carenado de la motocicleta eléctrica.

2.10.2. INFLUENCIA DE LA ORIENTACIÓN DE LAS FIBRAS EN LA MUESTRA

La orientación de las fibras y características como distribución y cantidad, influyen de manera significativa en las propiedades del material compuesto. La alineación de fibras se realiza de dos maneras: alineación en dirección paralela respecto al eje longitudinal de las fibras y también a partir de alineación al azar. En la Fig. 2 se muestra varias configuraciones respecto a las fibras en un material compuesto.

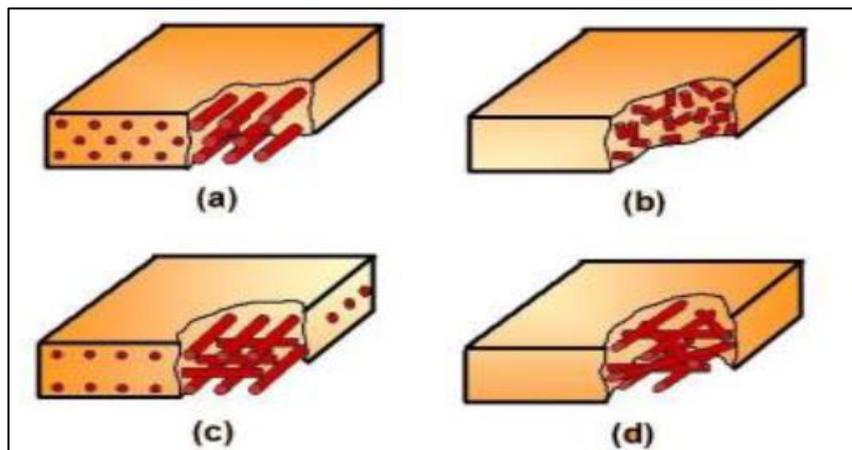


Figura 2.26 Orientación de las fibras

Fuente: (Pachacama N, 2015, pág. 55)

En la Fig. 2.24 se visualiza la morfología de las fibras respecto a su alineación las cuales se determinan de la siguiente manera a) Fibras unidireccionales b) Fibras discontinuas orientadas al azar c) Fibras ortogonales o tejidos d) Fibras múltiples (Pachacama N, 2015, pág. 55).

2.10.3. PROCESO DE FABRICACIÓN DEL PROTOTIPO

La densidad del material compuesto (yute-resina epoxi) se la obtiene con la siguiente ecuación:

$$\rho_c = f_m \rho_m + f_f \rho_f \quad [6]$$

Donde:

ρ_c = Densidad del material compuesto

f_m = Fracción respecto al volumen de la matriz = 0,70

ρ_m = Densidad de la matriz = 1.2 g/cm^3 (Naranjo Santiana, 2021)

f_f = Fracción respecto al volumen de la fibra = 0,30

ρ_f = Densidad de la Fibra = $1,3 \text{ g/cm}^3$ (Naranjo Santiana, 2021)

La densidad del material compuesto es= $2,6 \text{ g/cm}^3$ (Naranjo Santiana, 2021)

Como el carenado que se desea elaborar corresponde a un prototipo, se tomará como masa referencial al carenado original, la cual es de 1.99 kg. Por consiguiente, el carenado será elaborado con 70% de resina epoxi y 30% de fibra de yute, teniendo una equivalencia de 1,393 kg de resina epoxi y 0,597 kg de fibra.

Para la fabricación del prototipo se incorporó dos capaz de fibra de yute y tres de resina epoxi tomando en cuenta la orientación de las fibras y la división volumétrica refuerzo-matriz. La cantidad de resina a utilizar en cada una de las capas se encuentra especificado en la Tabla 2.9.

Tabla 2.9 Cantidad por capas de la resina epoxi en el carenado.

Nº DE CAPAS	CANTIDAD DE RESINA (Kg)
1	0,464
2	0,464
3	0,464
TOTAL	1,393

Fuente: Autores

En la Tabla 2.10 Se visualiza la cantidad de fibra de yute y orientación que se va a usar en cada capa.

Tabla 2.10 Cantidad y Orientación de capas de la fibra de yute para el carenado.

CAPAS	CANTIDAD DE FIBRA DE YUTE (KG)	ORIENTACIÓN
1	0,299	0°
2	0,299	90°
TOTAL	0,597	

Fuente: Autores

2.10.4. MATERIALES HA UTILIZAR EN LA FABRICACIÓN DEL CARENADO DE LA MOTOCICLETA ELÉCTRICA.

- **Resina epoxi**

Es un compuesto termoestable que trabaja de manera similar a la resina poliéster con la diferencia que posee mejores propiedades las cuales le da mayor resistencia a las piezas realizadas en este tipo de resina.

- **Catalizador**

Es un peróxido orgánico que, al entrar en contacto con la resina, produce una reacción química que impulsa a la solución al cambio de estado de líquido a sólido formando la matriz del material compuesto de fibra natural.

- **Fibra de yute**

Es una fibra natural que actúa como material de refuerzo del material compuesto, el cual se obtuvo.

- **Cera desmoldante**

Es un líquido aceitoso que, mediante un proceso de saponificación, facilita el desmolde sin dejar incrustaciones de fragmentos en el molde negativo de la pieza final.

2.10.5. DIAGRAMA METODOLÓGICO

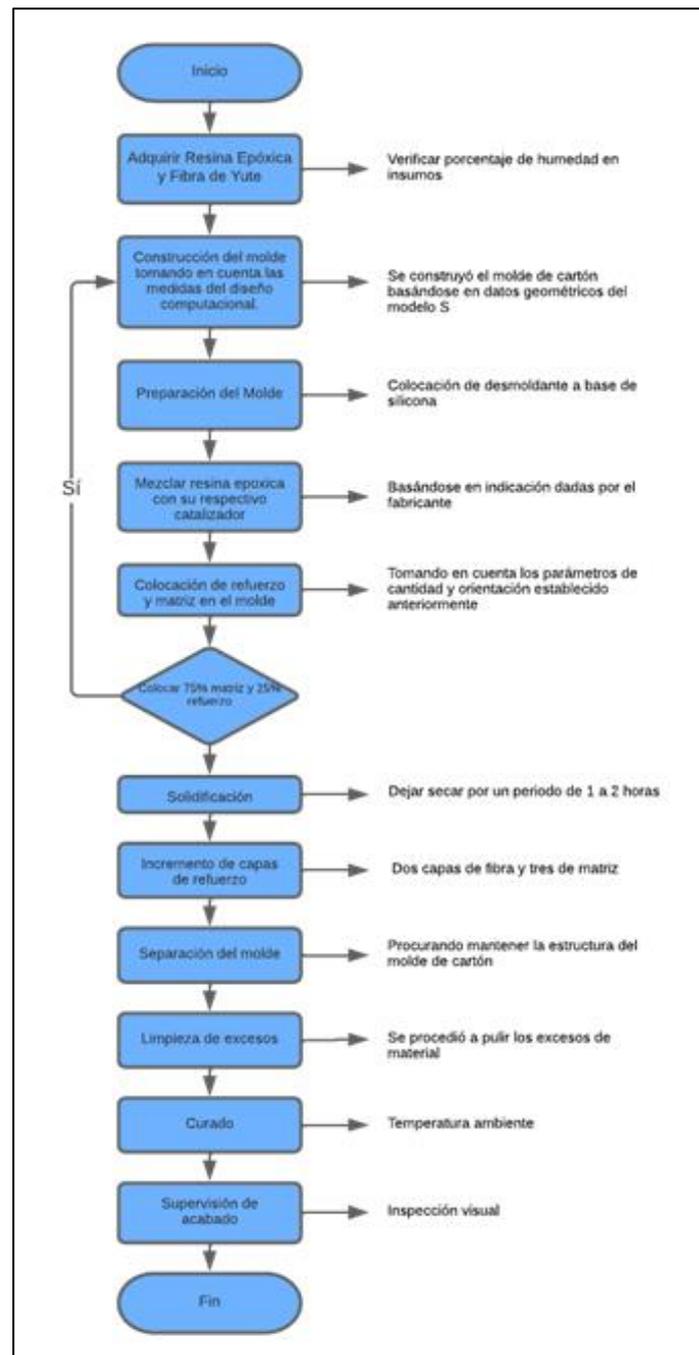


Figura 2.27 Diagrama de flujo de la fabricación del careado en fibra de yute.

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos del análisis aerodinámico realizado en los cuatro modelos del carenado para la motocicleta Super Soco TC Max con análisis CFD, en el cual se consideró la fuerza, presión y velocidad aerodinámica como puntos principales de estudio en el carenado del ciclomotor, en donde se tiene mayor incidencia de flujo de aire al momento de la conducción de donde se obtuvo los siguientes resultados.

3.1. DESCRIPCIONES GENERALES

El carenado de la motocicleta eléctrica Super Soco TC Max fue realizado por 2 láminas de fibras de yute, endurecido con 3 capas de resina epoxi, una capa de recubrimiento de gelcoat, capa de fondo, 3 capas de pintura y 2 capas de transparente, además de vinilos decorativo para darle un acabado más atractivo.

Este carenado se destaca por ser un modelo vanguardista donde la suavidad de sus líneas y comodidad del piloto es protagonista. Es un modelo agresivo que en vista la mayor parte mecánica y estructural posible, dejando a la vista 2 elementos principales de la motocicleta; amortiguador monoshock y chasis posterior.

En cuanto a su forma, se ha conseguido adaptar la curvatura del carenado a la forma de la motocicleta sin que pierda su estilo y se desproporcione del resto de partes, no obstante, dentro del carenado lateral y frontal se ha incorporado una abertura mucho mayor al carenado original, mismo que tiene la función de dirigir el fluido(aire) que atraviesa la motocicleta y extraer la mayor cantidad de calor del motor eléctrico.

Con respecto al carenado lateral, fue diseñado en 3 partes que siguen en la línea del cuadro de la motocicleta y se enfoca en la protección inferior del piloto. Todo ello con el objetivo de transmitir el peso visual en la zona frontal de la motocicleta (Oury Julián & Martín Martín, 2016, pág. 54).

El diseño se compone de 3 piezas, carenado lateral izquierdo, carenado lateral derecho y quilla o careando inferior.

En conclusión, es un carenado sutil y agresivo enfocado a la comodidad y protección del piloto y sus líneas se encuentra en perfecta armonía con el diseño de la motocicleta, alejándose de la ostentación y robustez permitiendo así la circulación del fluido con mayor libertad y eficiencia. Véase en la figura 3.1



Figura 3.1 Carenado modelo “S”

3.2. RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL MATERIAL COMPUESTO

3.2.1. ENSAYO DE TRACCIÓN

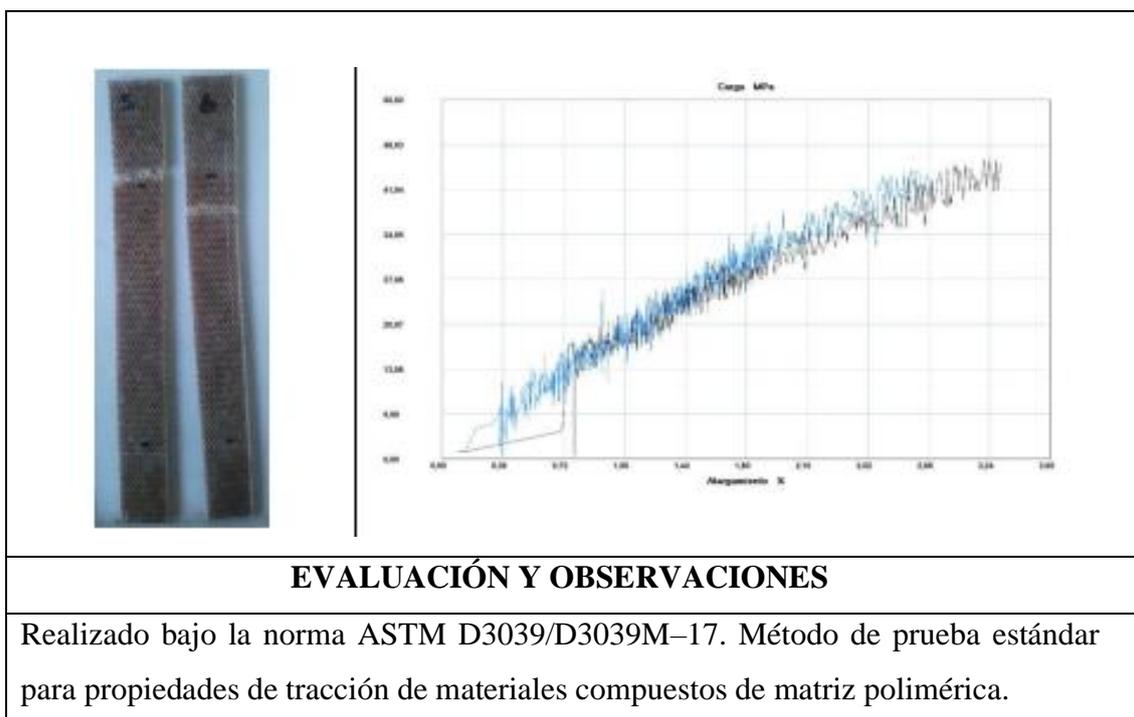
“En el ensayo resistencia máxima a la tracción se obtuvo un módulo de elasticidad de 1493 MPa en promedio, soportando un esfuerzo máximo de 45,96MPa, siendo que la disposición de 90° de fibra de yute presenta el mejor comportamiento y mejores propiedades mecánicas en el ensayo” (Naranjo Santiana, 2021, pág.40). véase los detalles del ensayo a tracción en la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Resultados del ensayo a tracción del estudio de fibra de yute.

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS						
Fecha:		14/12/2020				
Ciudad:		Ambato				
Lugar:		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
Maquina:		Máquina Universal ensayos de tracción				
Registrado por:		Ing. Jairo Naranjo				
Realizado por:		Ing. Fernando Tiban				
Aprobado por:		Ing. Mario Lara				
PARÁMETROS DE ENSAYO						
Tipo de Ensayo:	Tracción		Norma:		ASTM D3039	
Orientación:	0°-90°		ASTM D3039/D3039M-17		Compresión	
Matriz:	Resina Epoxi		Fracción Volumétrica:		70%	
Refuerzo:	Fibra de Yute		Fracción Volumétrica:		30%	
Dimensiones:	250mm*25mm*e		Numero de probetas:		5	
RESULTADOS						
Probetas	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Esfuerzo máximo (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)	Desplazamiento (mm)	% Elongación
1	20,58	3,91	46,60	1415,77	3,950	3,292
2	21,06	3,97	44,85	1550,19	3,47	2,893
3	20,82	3,94	45,727	1482,97	3,71	3,0925
4	20,94	3,95	45,289	1516,58	3,59	2,967
5	20,88	3,94	45,508	1499,78	3,65	3,043
Promedio	20,58	3,91	45,596	1493,060	3,675	3,063
PROBETAS ENSAYADAS						

Fuente: (Naranjo Santiana, 2021)

Tabla 3.1 Resultados del ensayo a tracción del estudio de fibra de yute
(Continuación...)



Fuente: (Naranjo Santiana, 2021)

3.2.2. ENSAYO DE IMPACTO

“Al evaluar la resistencia de impacto del material compuesto de fibra de yute la resina epoxi mediante el método caída de dardo dictaminado por la normativa se determinó que con una altura máxima de 100cm la cantidad de energía máxima absorbida es de 9,81J en una de sus probetas” (Naranjo Santiana, 2021, pág.42), cuyo resumen de ensayo se puede visualizar en la tabla 3.2.

Tabla 3.2 Resultados del análisis de impacto de la probeta del material compuesto con fibra de Yute.

Probetas	Altura / Energía				
	100 cm	80 cm	60 cm	40 cm	20 cm
13	9,81 J	7,48 J	5,86 J	3,92 J	1,96 J
9					

Fuente: (Naranjo Santiana, 2021)

3.3. ANÁLISIS DE LA SIMULACIÓN CFD

En este apartado se presenta un conjunto de análisis de resultados representados gráficamente, cuyo valor obtenido de la simulación CFD es el valor de la fuerza de arrastre aerodinámico (F_{ad}), mismo que se usa para calcular el coeficiente aerodinámico (C_d) de cada uno de los modelos, además del cálculo de la presión con el uso de las fórmulas correspondientes.

Se desarrolló un conjunto de simulaciones del modelo original y los tres propuestos a dos velocidades, 60km/h y 100km/h que son velocidades máximas alcanzadas en el modo 1 y 3 de conducción de la motocicleta eléctrica respetivamente, mismas que fueron dictaminada por el fabricante, posterior a ello se evaluó el comportamiento de cada una de las geometrías analizadas, se hizo una comparativa de los resultados para determinar el modelo ideal y finalmente se procedió a la fabricación de este.

3.3.1. CONDICIONES DE SIMULACIÓN

A continuación, se presenta en la tabla 3.3 las condiciones en las que fue realizado el análisis CFD tomando en consideración la velocidad máxima del fluido (aire), la temperatura y presión local, que en este caso fue en la ciudad de Ibarra, y la dirección de entrada del fluido al túnel de viento generado por el software.

Tabla 3.3 Características del fluido (aire)

CONDICIÓN	DETALLE
Densidad:	1,184 $\frac{kg}{m^3}$
Gas:	Aire
Temperatura ambiental:	25°C
Presión atmosférica:	101325.00 Pa

Elaborado por: Los autores

Tabla 3.3 Características del fluido (aire) (Continuación...)

Velocidad máxima del viento:	✓ Velocidad en dirección al eje X 0 m/s
	✓ Velocidad en dirección al eje Y: 0 m/s
	✓ Velocidad en dirección al eje Z: 16,62m/s - 27.700 m/s

Elaborado por: Los autores

Para el cálculo de la fuerza F_{ad} , presión aerodinámica y coeficiente de arrastre, se calcularon las áreas frontales de cada uno de los modelos diseñados incluyendo el original.

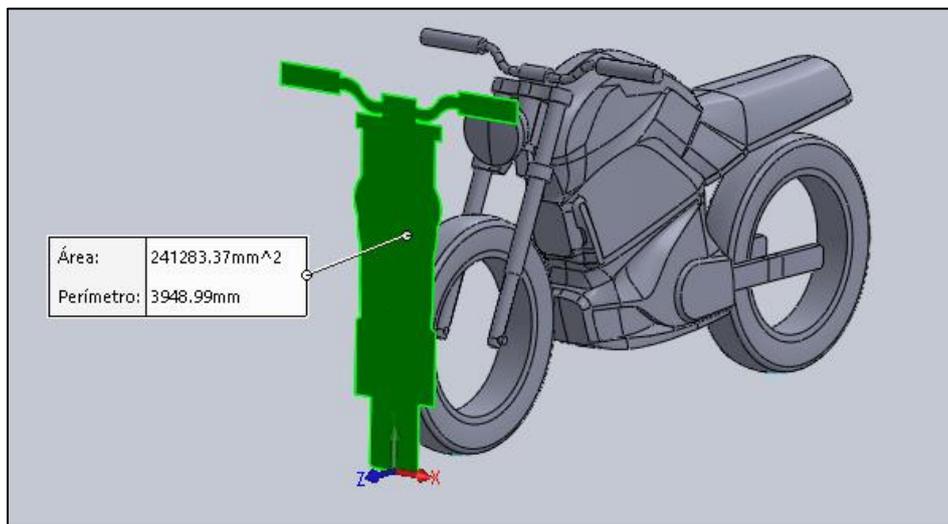


Figura 3.2 Área frontal del Modelo Original

En la Fig. 3.2 se muestra el área frontal del modelo original que corresponde a $0,241 \text{ m}^2$

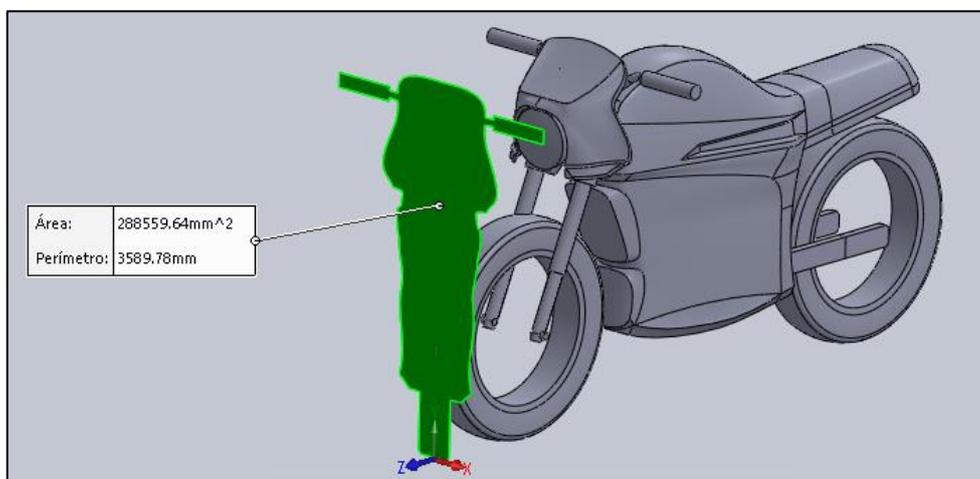


Figura 3.3 Área frontal del Modelo Q

En la Fig. 3.3 podemos observar el área frontal del Modelo Q que corresponde a $0,289 \text{ m}^2$

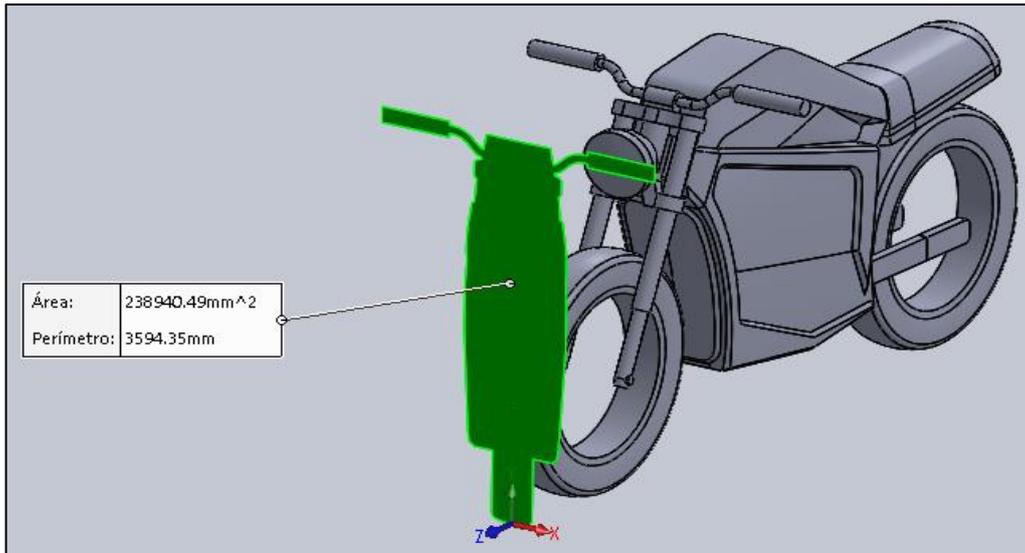


Figura 3.4 Área frontal del Modelo R

El Área frontal del Modelo R corresponde a $0,239 \text{ m}^2$ como se muestra en la Fig.3.4.

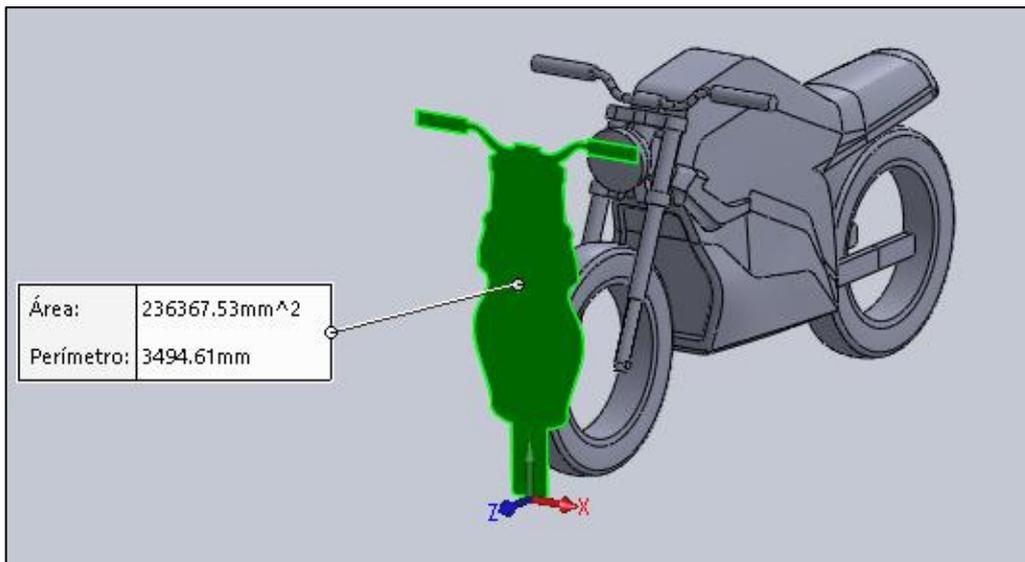


Figura 3.5 Área frontal del Modelo S

En la Fig. 3.5 se muestra que el Área frontal del Modelo S es igual a $0,236 \text{ m}^2$

3.3.2. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN, MODELO ORIGINAL TC MAX A 60 km/h

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de fuerza de arrastre, presión, coeficiente de arrastre, y turbulencia del fluido (aire) del análisis y simulación aerodinámica en el carenado original y piloto de la motocicleta eléctrica Super Soco Tc Max, tomando en cuenta que la dirección está en el eje Z a una velocidad de 60 km/h.

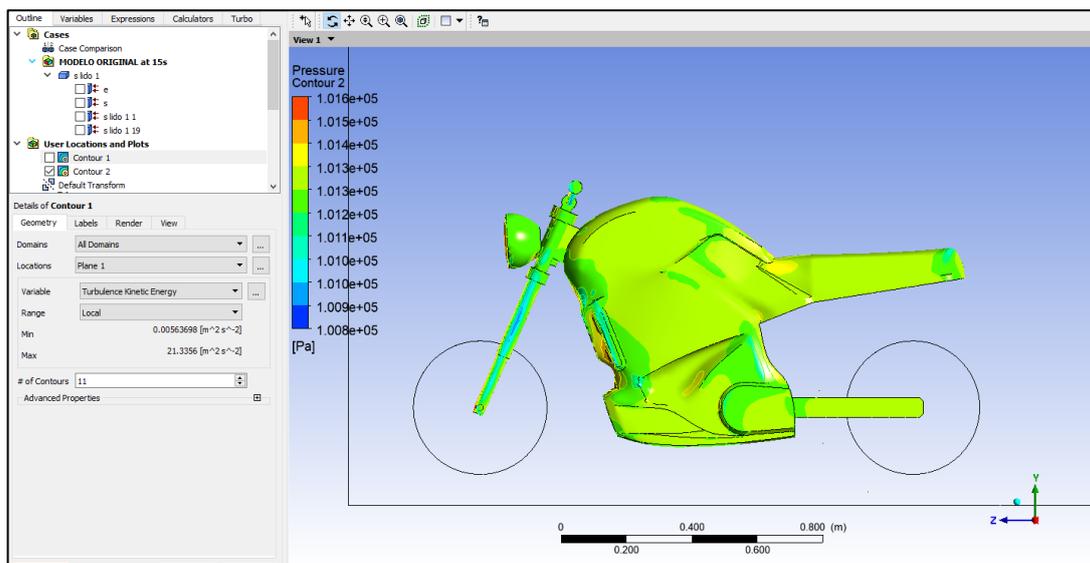


Figura 3.6 Análisis de la presión ejercida por el fluido en el carenado del modelo original a 60m/s.

En la figura 3.6, se puede observar los resultados del análisis aerodinámico de la presión del fluido (aire) ejercida sobre puntos críticos del carenado a una velocidad de 60 km/h, en donde se visualiza que la mayor presión ejercida está la zona roja que se encuentra en el carenado frontal y parte del faro, donde se encuentra un dissipador de calor del motor eléctrico, cuyo valor máximo alcanzado es 101435 Pa, misma que se desvanece en el carenado lateral formando gran parte del mismo una presión media de 101300 Pa, la cual se diferencia por el color verde claro. Se recomienda poner mayor énfasis en esta sección en los nuevos diseños con la finalidad de disminuir las fuerzas aerodinámicas ejercidas sobre las partes con mayor presión acumulada del modelo y así mejorar su diseño en base a la seguridad del conductor de la motocicleta eléctrica.

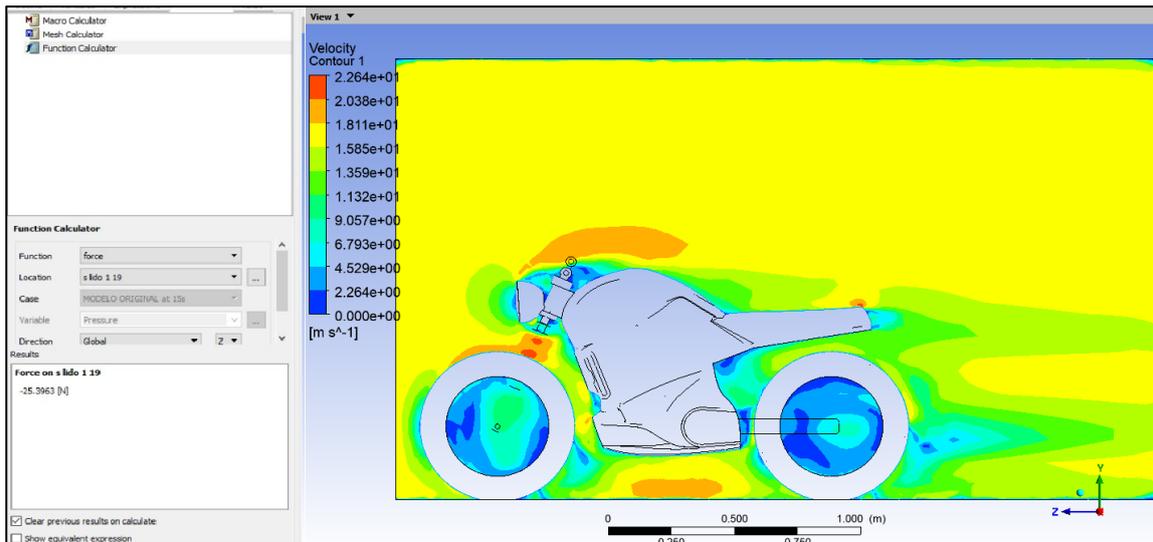


Figura 3.7 Análisis de la velocidad y comportamiento del fluido en el modelo original a una velocidad de 60 km/h.

En la figura 3.7, se observa el comportamiento del fluido (aire) a una velocidad de 60 km/h, velocidad máxima alcanzada por la motocicleta eléctrica Super Soco Tc Max en el modo 1 de conducción, en donde se visualiza que mayor velocidad de fluido (aire) recibe el carenado frontal inferior de la motocicleta, específicamente en la carcasa del intercambiador de calor de la motocicleta donde se encuentra el motor eléctrico, cuya velocidad máxima alcanzada es de 18,11 m/s, punto crítico a tomar en cuenta para diseños posteriores ya que se puede aprovechar la velocidad de entrada de aire para refrigerar el motor eléctrico.

El valor de la fuerza de arrastre aerodinámico (**Fad**) a esta velocidad es 25,39 N, misma que fue calculada en el sólido por el programa CAD.

- **Cálculo del Coeficiente de Arrastre del modelo original.**

$$Cd = \frac{2 * Fa}{A * \rho * v^2} \quad [2]$$

Datos:

$$F_{ad} = 25,398 \text{ N}$$

$$A = 0,241283 \text{ m}^2$$

$$\rho = 1,184 \text{ Kg/m}^3$$

$$v = 16,62 \text{ m/s}$$

Reemplazando:

$$Cd = \frac{2 * Fa}{A * \rho * v^2} \quad [2]$$

$$Cd = \frac{2 * 26,398 \text{ N}}{0,241283 \text{ m}^2 * 1,184 \text{ Kg/m}^3 * (16,62 \text{ m/s})^2}$$

$$Cd = 0,64$$

- **Cálculo de la presión en el área frontal del carenado del modelo original.**

$$P = \frac{F_{ad}}{A} \quad [3]$$

$$P = \frac{25,396 \text{ N}}{0,24056 \text{ m}^2}$$

$$P = 105,816 \text{ Pa}$$

3.3.3. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN, MODELO “Q” A 60 km/h

En la figura 3.8, se puede observar los resultados del análisis aerodinámico de la presión del fluido (aire) ejercida sobre puntos críticos del carenado a una velocidad de 60 km/h. Se visualiza que la cúpula ubicada en el faro actúa como disipador de presión cuyo valor es de 101300 Pa ocasionando que esta disminuya en el carenado lateral, en donde la presión

alcanzada es de 101200 Pa. Se denota que la fuerza de arrastre aerodinámico (**F_{ad}**) en este modelo es de 31,421 N, misma que fue calculada en el sólido por el programa CAD.

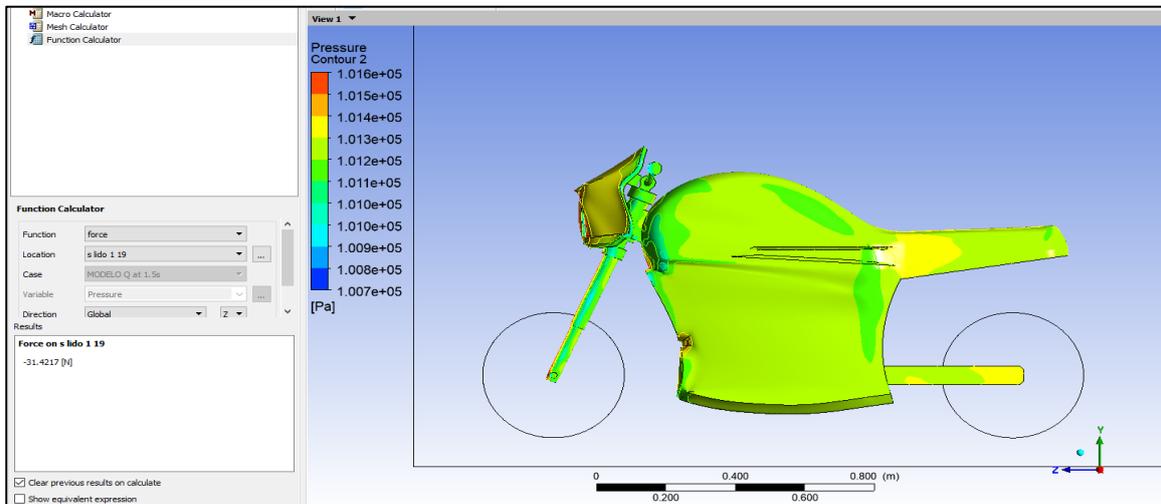


Figura 3.8 Análisis de la presión ejercida por el fluido en el carenado del modelo “Q” a 60 km/h.

En la figura 3.9, se observa el comportamiento del fluido (aire) a una velocidad de 60 km/h, en donde se visualiza que existe un mayor deslizamiento del fluido (aire) a través de la cúpula alcanzando una velocidad de 23,76 m/s, de igual manera, se puede notar que la velocidad máxima con la que penetra el carenado frontal es de 17,83 m/s.

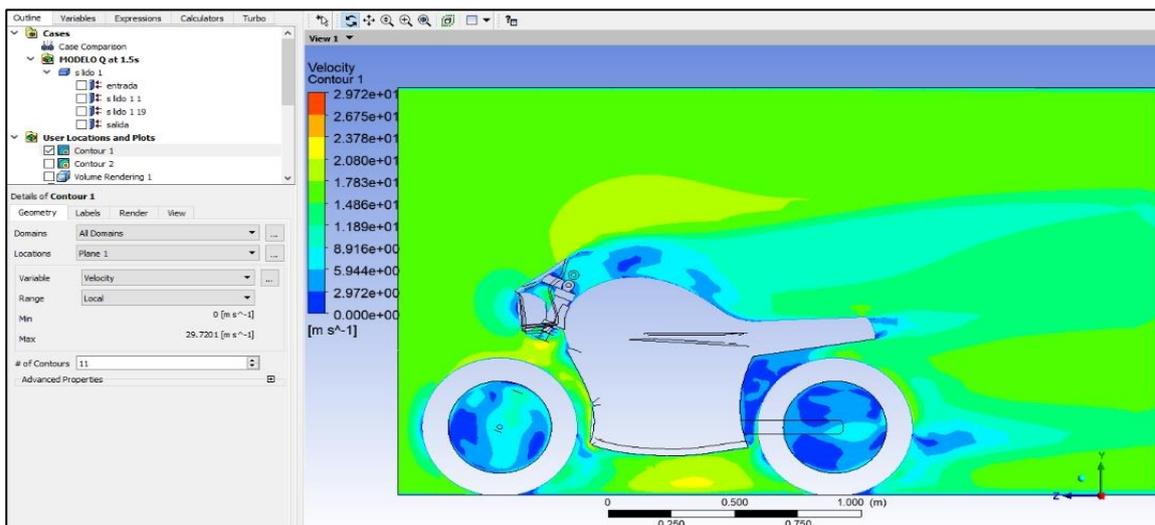


Figura 3.9 Análisis de la velocidad y comportamiento del fluido en el modelo “Q” a 60 km/h.

- **Cálculo del Coeficiente de Arrastre del modelo “Q”.**

$$C_d = \frac{2 * F_a}{A * \rho * v^2} \quad [2]$$

Datos:

$$F_a = 31,421 \text{ N}$$

$$A = 0,2983 \text{ m}^2$$

$$\rho = 1,184 \text{ Kg/m}^3$$

$$v = 16,62 \text{ m/s}$$

Reemplazando:

$$C_d = \frac{2 * F_a}{A * \rho * v^2} \quad [2]$$

$$C_d = \frac{2 * 31,421 \text{ N}}{0,2983 \text{ m}^2 * 1,184 \text{ Kg/m}^3 * (16,62 \text{ m/s})^2}$$

$$C_d = 0,66$$

- **Cálculo de la presión en el área frontal del carenado del modelo “Q”.**

$$P = \frac{F_{ad}}{A} \quad [3]$$

$$P = \frac{31,421 \text{ N}}{0,298 \text{ m}^2}$$

$$P = 108,348 \text{ Pa}$$

3.3.4. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN MODELO “R”, A 60 km/h.

Las zonas de presión generadas por el fluido en el modelo R a 60 km/h es bastante similar al análisis realizado a 100 km/h, teniendo valores de mayor incidencia en la zona del colín y la suspensión posterior y disminuyendo de forma considerable en los extremos del carenado lateral con valores que oscilan los 101024 Pa, evidenciado que la presión es menor en comparativa con el análisis a 100 km/h como se indica en la figura 3.10.

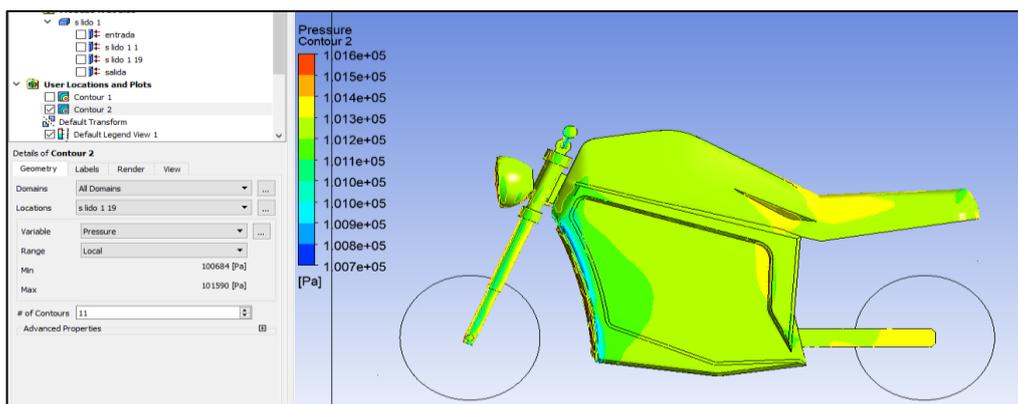


Figura 3.10 Análisis de la presión ejercida por el fluido en el carenado del modelo “R” a 60 km/h.

En la Figura 3.11 se muestra la incidencia de la velocidad del fluido circulando por el carenado, evidenciando mayor control en la parte delantera de la motocicleta, se puede visualizar también una geometría que ocasiona una mayor fluidez especialmente en los carenados laterales logrando una velocidad promedio de 4,7 m/s y una velocidad máxima en la suspensión posterior de 16,21 m/s. Se obtiene una $F_{ad} = 23,86 N$.

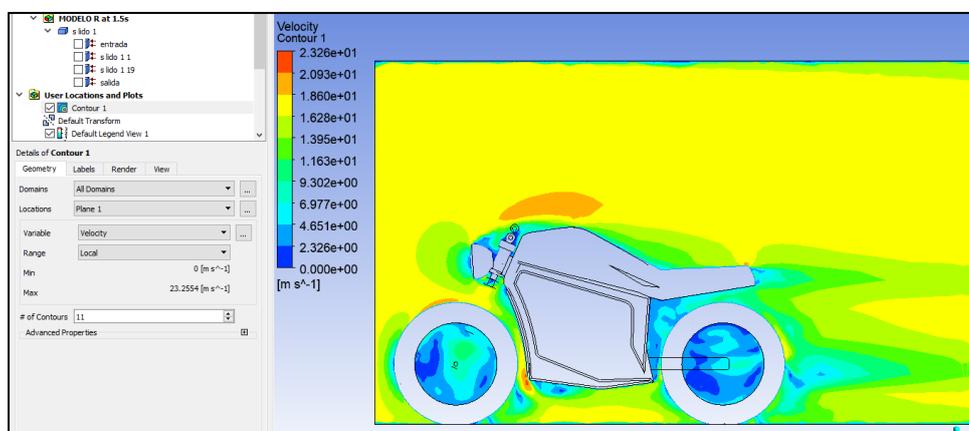


Figura 3.11 Análisis de la velocidad y comportamiento del fluido en el modelo Q a 60 km/h.

- Cálculo del coeficiente de arrastre del modelo “R”

$$Cd = \frac{2 * Fa}{A * \rho * v^2} \quad [2]$$

Datos:

$$F_{ad} = 23,86 \text{ N}$$

$$A = 0,24 \text{ m}^2$$

$$\rho = 1,184 \text{ Kg/m}^3$$

$$v = 16,67 \text{ m/s}$$

Remplazando:

$$Cd = \frac{2 * Fa}{A * \rho * v^2} \quad [2]$$

$$Cd = \frac{2 * 23,86 \text{ N}}{0,24 \text{ m}^2 * 1,184 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * (16,67 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}$$

$$Cd = 0,60$$

- Cálculo de la presión en el área frontal del carenado del modelo “R”

$$P = \frac{F_{ad}}{A} \quad [3]$$

$$P = \frac{23,86 \text{ N}}{0,24 \text{ m}^2}$$

$$P = 99,42 \text{ Pa}$$

3.3.5. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN MODELO “S”, A 60 km/h

En la Figura 3.12 se muestra que la máxima presión ejercida por el fluido a 60 km/h se encuentra en la zona posterior de la motocicleta que corresponde al asiento, suspensión, carenado lateral y colin y disminuyendo en la zona frontal del carenado, presentando unas zonas de presión muy similares al estudio realizado a 100 km/h.

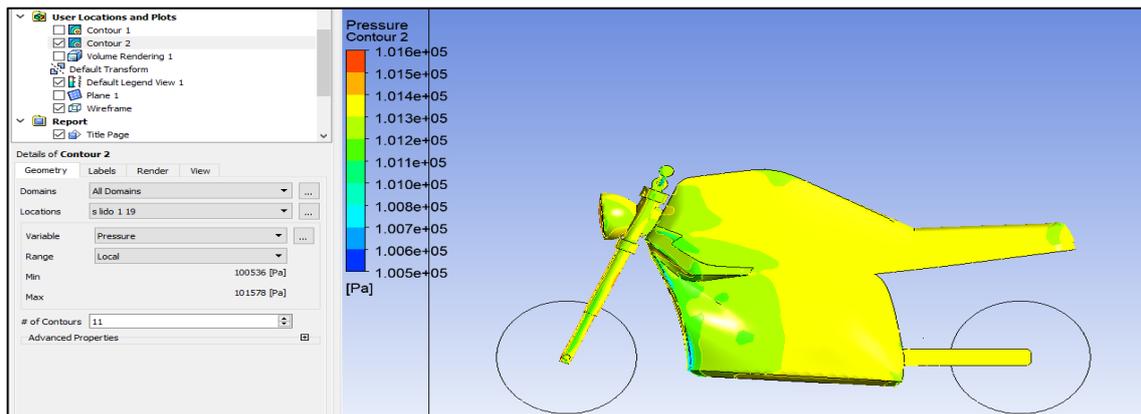


Figura 3.12 Análisis de la presión ejercida por el fluido en el carenado del modelo “S”, a 60 km/h.

Respecto a la velocidad ejercida por el fluido a 60 km/h, se logra visualizar una silueta mucho más uniforme, evidenciando mayor estabilidad en los carenados laterales y parte del tanque con un valor aproximado de 4,28 m/s y llegando a un valor máximo de velocidad en extremo inferior alcanzando 21,38 m/s. (Figura 3.13). La $F_{ad} = 18,01 N$.

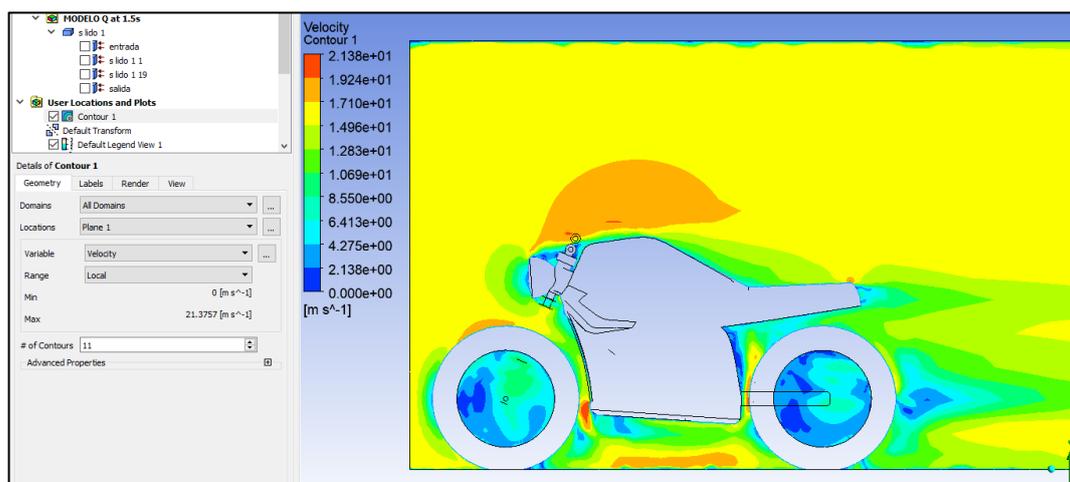


Figura 3.13 Análisis de la velocidad y comportamiento del fluido en el modelo S a 60 km/h.

- Cálculo del coeficiente de arrastre del modelo “S”.

$$C_d = \frac{2 * F_a}{A * \rho * v^2} \quad [2]$$

Datos:

$$F_{ad} = 18,01 \text{ N}$$

$$A = 0,23 \text{ m}^2$$

$$\rho = 1.184 \text{ Kg/m}^3$$

$$v = 16,67 \text{ m/s}$$

Remplazando:

$$C_d = \frac{2 * F_a}{A * \rho * v^2} \quad [2]$$

$$C_d = \frac{2 * 18,01 \text{ N}}{0,23 \text{ m}^2 * 1.184 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * (16,67 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}$$

$$C_d = 0,58$$

- Cálculo de la presión en el área frontal del carenado del modelo “S”.

$$P = \frac{F_{ad}}{A} \quad [3]$$

$$P = \frac{18,01 \text{ N}}{0,23 \text{ m}^2}$$

$$P = 78,30 \text{ Pa}$$

3.3.6. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN, MODELO ORIGINAL TC MAX A 100 km/h

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de fuerza de arrastre, presión, coeficiente de arrastre, y turbulencia del fluido (aire) del análisis y simulación aerodinámica en el carenado original y piloto de la motocicleta eléctrica Super Soco Tc Max, tomando en cuenta que la dirección está en el eje Z a una velocidad de 60 km/h.

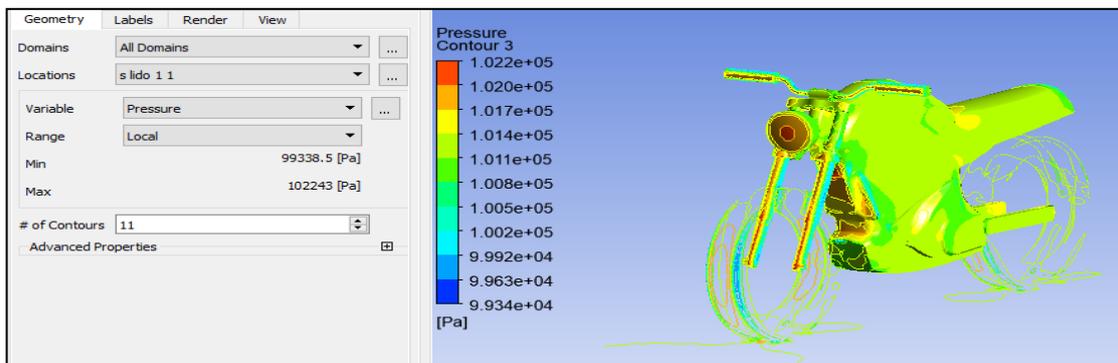


Figura 3.14 Análisis de la presión ejercida por el fluido en el carenado del modelo original a 100 km/h.

En la figura 3.14, se puede observar los resultados del análisis aerodinámico de la presión del fluido (aire) ejercida sobre puntos críticos del carenado a una velocidad de 100 km/h, en donde se visualiza que la mayor presión ejercida está la zona roja, que es en el faro y carenado frontal donde tiene un dissipador de calor del motor eléctrico, cuyo valor es de 102243 Pa, misma que se desvanece en el carenado lateral formando gran parte del mismo una presión media de 101249 Pa, la cual se diferencia por el color verde claro. Se recomienda poner mayor énfasis en esta sección en los nuevos diseños con la finalidad de disminuir las fuerzas aerodinámicas ejercidas sobre las partes con mayor presión acumulada del modelo y así mejorar su diseño en base a la seguridad del conductor de la motocicleta eléctrica.

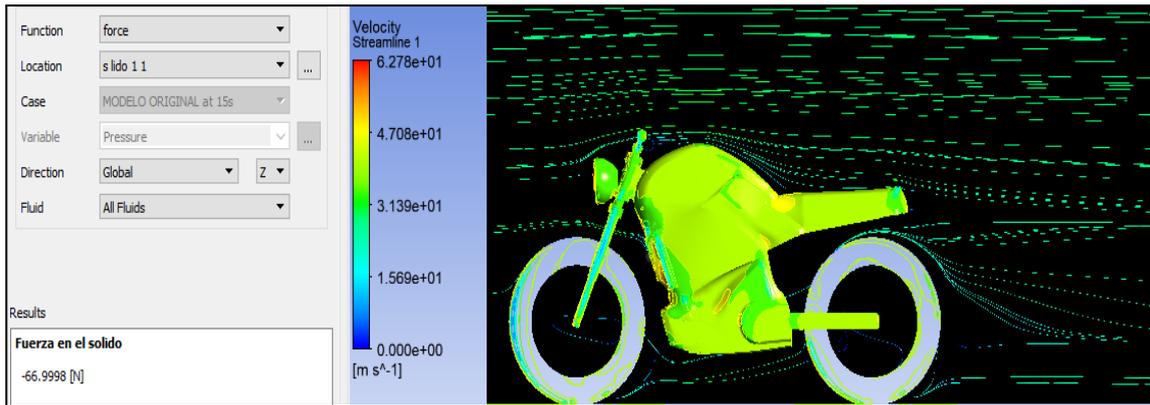


Figura 3.15 Análisis de la velocidad y comportamiento del fluido en el modelo original a 100 km/h.

En la figura 3.15, se observa el comportamiento del fluido (aire) a una velocidad de 27,7 m/s, velocidad máxima alcanzada por la motocicleta eléctrica Super Soco Tc Max, en donde se visualiza que mayor velocidad de fluido (aire) recibe el carenado frontal de la motocicleta, específicamente en el faro, parte de la carcasa de la batería y el intercambiador de calor de la motocicleta, donde la velocidad máxima en esos puntos es de 23,22 m/s, punto crítico a tomar en cuenta para diseños posteriores ya que se puede aprovechar la velocidad de entrada de aire para refrigerar el motor eléctrico.

Otro punto para tomar en cuenta es la fuerza de arrastre aerodinámico (F_{ad}), cuyo valor es 66,9998 N, misma que fue calculada en el sólido por el programa CAD.

- **Cálculo del Coeficiente de Arrastre del modelo original.**

$$C_d = \frac{2 * F_a}{A * \rho * v^2} \quad [2]$$

Datos:

$F_{ad} = 66,9998 \text{ N}$

$A = 0,241283 \text{ m}^2$

$\rho = 1,184 \text{ Kg/m}^3$

$$v = 27,700 \text{ m/s}$$

Reemplazando:

$$Cd = \frac{2 * Fa}{A * \rho * v^2} \quad [2]$$

$$Cd = \frac{2 * 66,9998 \text{ N}}{0,241283 \text{ m}^2 * 1,184 \text{ Kg/m}^3 * (27,700 \text{ m/s})^2}$$

$$Cd = 0,61$$

- **Cálculo de la presión en el área frontal del carenado del modelo original.**

$$P = \frac{F_{ad}}{A} \quad [3]$$

$$P = \frac{66,9998 \text{ N}}{0,24056 \text{ m}^2}$$

$$P = 279,515 \text{ Pa}$$

3.3.7. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN, MODELO “Q” a 100 km/h

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de fuerza de arrastre, presión, coeficiente de arrastre, y turbulencia del fluido (aire) del análisis y simulación aerodinámica en el carenado original y piloto de la motocicleta eléctrica Super Soco Tc Max, tomando en cuenta que la dirección está en el eje Z a una velocidad de 100 km/h.

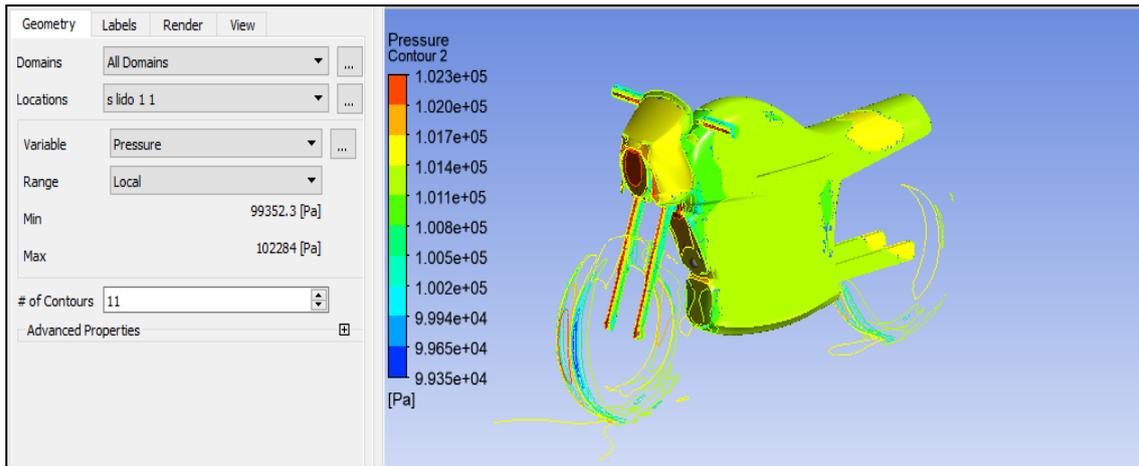


Figura 3.16 Análisis de la presión ejercida por el fluido en el carenado del modelo “Q” a 100 km/h.

En la figura 3.16, se puede observar los resultados del análisis aerodinámico de la presión del fluido (aire) ejercida sobre puntos críticos del carenado. Se visualiza que la cúpula ubicada en el faro actúa como dissipador de presión cuyo valor es de 101415 Pa ocasionando que esta disminuya en el carenado lateral, en donde alcanza una magnitud de 101115 Pa, un resultado relativamente menor al carenado del modelo original.

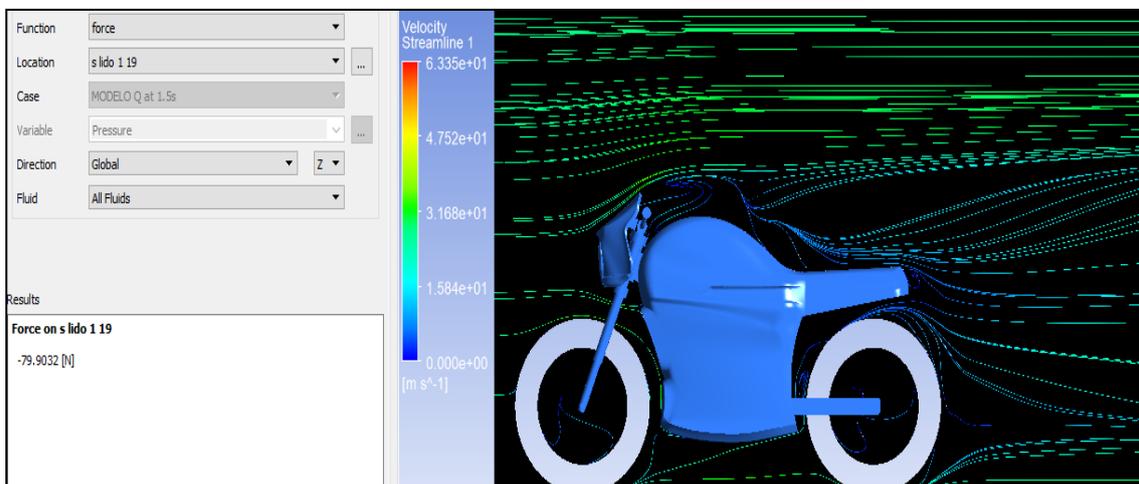


Figura 3.17 Análisis de la velocidad y comportamiento del fluido en el modelo “Q” a 100 km/h.

En la figura 3.17, se observa el comportamiento del fluido (aire) a una velocidad de 27,7 m/s, velocidad máxima alcanzada por la motocicleta eléctrica Super Soco Tc Max, en donde se visualiza que existe un mayor deslizamiento del fluido (aire) a través de la cúpula

alcanzando una velocidad de 34,56 m/s, así mismo se puede ver que la velocidad máxima con la que penetra el carenado lateral es de 26,88 m/s, punto crítico que se puede aprovechar para refrigerar el motor eléctrico.

Otro punto para tomar en cuenta es la fuerza de arrastre aerodinámico (F_{ad}), cuyo valor es 79,903 N, misma que fue calculada en el sólido por el programa CAD.

- **Cálculo del Coeficiente de Arrastre del modelo “Q”.**

$$C_d = \frac{2 * F_a}{A * \rho * v^2} \quad [2]$$

Datos

$F_a = 79,903 \text{ N}$

$A = 0,2983 \text{ m}^2$

$\rho = 1,184 \text{ Kg/m}^3$

$v = 27,700 \text{ m/s}$

Reemplazando:

$$C_d = \frac{2 * F_a}{A * \rho * v^2} \quad [2]$$

$$C_d = \frac{2 * 79,903 \text{ N}}{0,2983 \text{ m}^2 * 1,184 \text{ Kg/m}^3 * (27,700 \text{ m/s})^2}$$

$$C_d = 0,60$$

- **Cálculo de la presión en el área frontal del carenado del modelo “Q”**

$$P = \frac{F_{ad}}{A} \quad [3]$$

$$P = \frac{79,903 \text{ N}}{0,2983 \text{ m}^2}$$

$$P = 275,517 \text{ Pa}$$

3.3.8. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN MODELO “R”, A 100 km/h

Como se muestra en la figura 3.18 las presiones del Modelo R varían tanto en el ara frontal como en la parte posterior del asiento y suspensión, teniendo de color naranja los sectores de la parrilla, el manillar y las barras con valores de 102000 Pa; mientras que gran parte del carenado posee una presión estable disminuyendo en los bordes de los carenados laterales, zona que se encuentran en color verde y azul cuyos valores rondan los 100800 Pa.

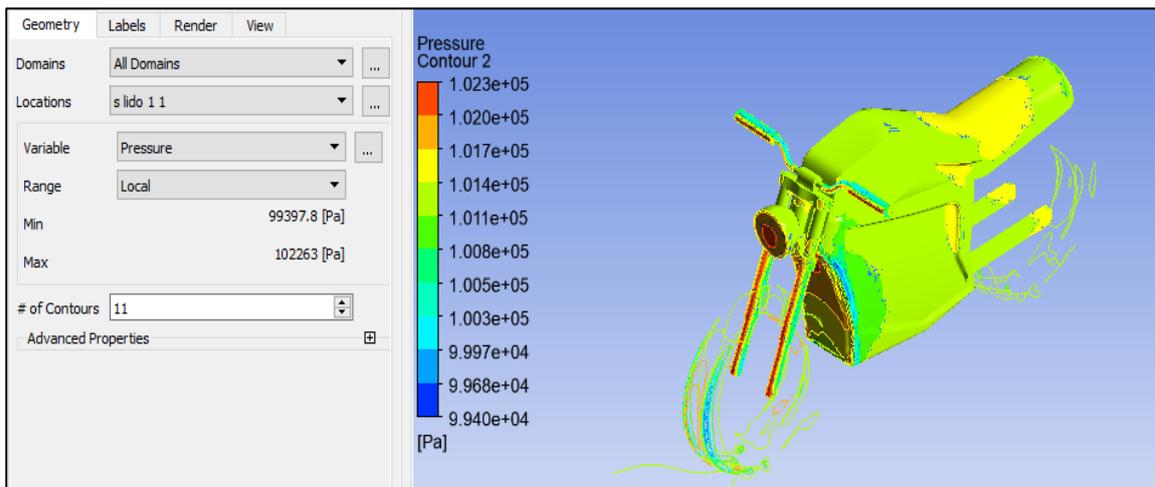


Figura 3.18 Análisis de la presión ejercida por el fluido en el carenado del modelo “R” a 100 km/h.

En la figura 3.19 se muestra la velocidad del aire en el modelo R, teniendo mayor índice en la parte superior del carenado o tanque con una velocidad promedio de 31,30 m/s y consiguiendo una disminución en la parte del colín posterior de 15,75 m/s. La $Fad = 60,87 \text{ N}$.

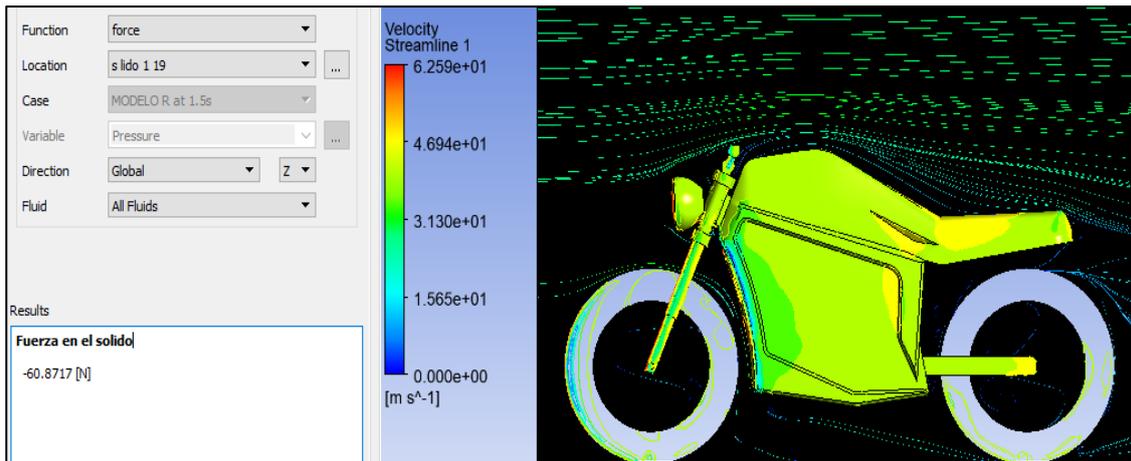


Figura 3.19 Análisis de la velocidad y comportamiento del fluido en el modelo “R” a 100 km/h.

- **Cálculo del coeficiente de arrastre del modelo “R”**

$$Cd = \frac{2 * Fa}{A * \rho * v^2} \quad [2]$$

Datos:

Fad= 60,87 N

A= 0,24 m²

$\rho = 1.184 \text{ Kg/m}^3$

v = 27,700 m/s

Reemplazando:

$$Cd = \frac{2 * Fad}{A * \rho * v^2}$$

$$Cd = \frac{2 * 60,87 \text{ N}}{0,24 \text{ m}^2 * 1.184 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * (27,7 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}$$

$$Cd = 0,56$$

- Cálculo de la presión en el área frontal del carenado del modelo “R”

$$P = \frac{F_{ad}}{A} \quad [3]$$

$$P = \frac{60,87 \text{ N}}{0,24 \text{ m}^2}$$

$$P = 253,63 \text{ Pa}$$

3.3.9. RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN MODELO “S”, A 100 km/h

En la figura 3.20 se visualiza la presión generada por el flujo de aire en el Modelo S, identificando un mayor nivel de presión en la parte del faro, barras y rejilla con un valor aproximado de 102300 Pa; pero disminuyendo de forma considerable en la parte delantera de los carenados laterales donde se visualiza un zona verde y azul mientras que la zona posterior de la motocicleta presenta un sector de presión más estable de 101700 Pa.

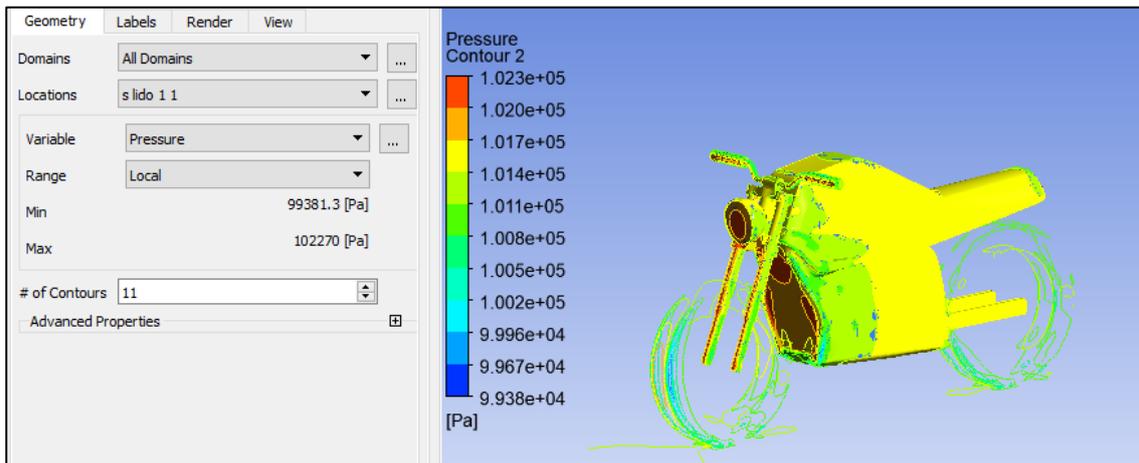


Figura 3.20 Análisis de la presión ejercida por el fluido en el carenado del modelo “S” a 100 km/h.

La Figura 3.21 muestra los valores de velocidad respecto al perfil de la motocicleta, teniendo unos valores muy estables en casi todo el contorno, del mismo modo se obtiene

mayor influencia del aire en la parte de la parrilla y sección delantera de los carenados laterales con velocidades aproximadas de 31,76 m/s. La $F_{ad} = 54,39 N$

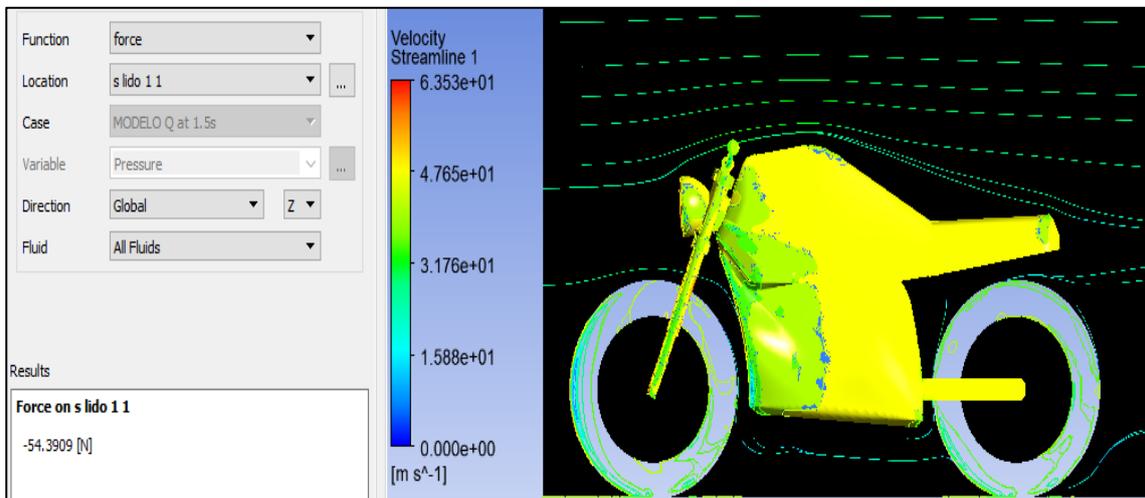


Figura 3.21 Análisis de la velocidad y comportamiento del fluido en el modelo “S” a 100 km/h

- Cálculo del coeficiente de arrastre del modelo “S”

$$C_d = \frac{2 * F_a}{A * \rho * v^2} \quad [2]$$

Datos:

$F_{ad} = 54,39 N$

$A = 0,23 m^2$

$\rho = 1.184 Kg/m^3$

$v = 27,700 m/s$

Remplazando:

$$C_d = \frac{2 * F_{ad}}{A * \rho * v^2}$$

$$C_d = \frac{2 * 54,39 N}{0,23 m^2 * 1.184 \frac{kg}{m^3} * (27,7 \frac{m}{s})^2}$$

$$Cd = 0,52$$

- Cálculo de la presión en el área frontal del carenado del modelo “S”

$$P = \frac{F_{ad}}{A} \quad [3]$$

$$P = \frac{54,39 \text{ N}}{0,23 \text{ m}^2}$$

$$P = 236,48 \text{ Pa}$$

Tabla 3.4 Resumen de la fuerza de arrastre aerodinámico (N) a 60 km/h y a 100 km/h de la simulación CFD.

Velocidad (Km/h)	FUERZA DE ARRASTRE AERODINÁMICO (N)			
	Modelo original	Modelo “Q”	Modelo “R”	Modelo “S”
60	25,396	31,421	23,861	18,012
100	66,9998	79,903	60,871	54,390

Fuente: Los autores

En la tabla 3.5 se puede observar una comparativa en resumen de la fuerza de arrastre aerodinámico (N) a 60 km/h y a 100 km/h, en donde se visualiza que el comportamiento del modelo “S” es mucho mejor con relación a los diseños analizados.

Tabla 3.5 Resumen del coeficiente de arrastre aerodinámico a 60 km/h y a 100 km/h de la simulación CFD.

Velocidad (Km/h)	COEFICIENTE DE ARRASTRE AERODINÁMICO			
	Modelo original	Modelo “Q”	Modelo “R”	Modelo “S”
60	0,64	0,66	0,60	0,57
100	0,61	0,60	0,55	0,52

Fuente: Los autores

En la tabla 3.6 se puede observar una comparativa en resumen del coeficiente de arrastre aerodinámico a 60 km/h y a 100 km/h, donde se puede determinar qué el modelo “S” tiene mejor desplazamiento a través del aire en relación con los otros diseños analizados, por lo que se puede decir que es aerodinámicamente es más eficiente.

Tabla 3.6 Resumen de la presión en el área frontal de cada modelo a 60 km/h y a 100 km/h de la simulación CFD.

Velocidad (Km/h)	PRESIÓN EN EL ÁREA FRONTAL (Pa)			
	Modelo original	Modelo “Q”	Modelo “R”	Modelo “S”
60	105,816	108,348	99,420	78,313
100	279,515	275,517	253,625	236,478

Fuente: Los autores

En la tabla 3.7 se puede observar una comparativa en resumen de la presión en el área frontal de cada modelo a 60 km/h y a 100 km/h, donde se puede determinar que mientras menor sea el área frontal del modelo, menor será la presión que el aire ejerza sobre el mismo, es por ello que el modelo “S” al tener menor área de contacto con el aire, ha permitido mejorar la incidencia de presión del fluido sobre la motocicleta en un 15% respecto al modelo original.

3.4. EFICIENCIA AERODINÁMICA DE LOS MODELOS PRESENTADOS EN BASE AL NÚMERO DE REYNOLDS

Para este estudio se utilizó el método matemático que consta de un conjunto de algoritmos secuenciales en base a una serie de datos técnicos y variables obtenidos de manuales del fabricante, fichas técnicas y simulaciones computacionales para determinar la eficiencia aerodinámica, la cual expresa que un flujo de aire cuyo número de Reynolds es menor a 2000 es laminar y si valor sobrepasa los 4000 es turbulento (Fraga, 2017, pág. 58).

Para determinar el número de Reynolds, se relaciona la densidad del fluido(aire), la viscosidad del fluido, la velocidad del vehículo y el área de contacto por donde atraviesa

el fluido. Dado que los modelos presentados en este estudio fueron realizados con la finalidad de mejorar el direccionamiento del flujo de aire cuando este atraviese el carenado de la motocicleta.

En este estudio se tomó en cuenta la temperatura de 25°C y 1 atm de presión estándar, valores que fueron relacionados con datos reales de un ciclo de conducción en la ciudad de Ibarra, además, el área de contacto de los modelos diseñados fue calculada con el software diseño y simulación Solid Works mediante la función “Medir” tal como se observa en las Figuras: 3.2, 3.3, 3.4, 3.5.

Para el cálculo del número de Reynolds, la viscosidad dinámica del aire(μ) fue determinada mediante tablas presentadas en el apartado del Anexo III.

La ecuación para calcular el número de Reynolds se detalla a continuación:

$$Re = \frac{\rho * V * A}{\mu} \quad [7]$$

Donde:

Re = Número de Reynolds

ρ = densidad del aire a 25 °C

V = velocidad (60 km/h -100 km/h)

A = Área frontal del vehículo

μ = Viscosidad dinámica del aire a 25 °C

• **Modelo original a 60 km/h**

Datos:

$\rho = 1,184\text{kg}/\text{m}^3$

$V = 16,62\text{ m/s}$

$A = 0,24\text{m}^2$

$\mu = 1,849 \times 10^{-5}\text{kg} / \text{m} * \text{s}$

Reemplazando:

$$Re = \frac{(1,184\text{kg}/\text{m}^3)(16,62\text{m}/\text{s})(0,24\text{m}^2)}{1,849 \times 10^{-5}\text{kg} / \text{m} * \text{s}}$$

$$Re = 2,554 \times 10^6$$

- **Modelo original a 100 km/h**

Datos:

$$\rho = 1,184\text{kg}/\text{m}^3$$

$$V = 27,700 \text{ m/s}$$

$$A = 0,24\text{m}^2$$

$$\mu = 1,849 \times 10^{-5}\text{kg} / \text{m} * \text{s}$$

Reemplazando:

$$Re = \frac{(1,184\text{kg}/\text{m}^3)(27,700\text{m}/\text{s})(0,24\text{m}^2)}{1,849 \times 10^{-5}\text{kg} / \text{m} * \text{s}}$$

$$Re = 4,257 \times 10^6$$

- **Modelo "Q" a 60 km/h**

Datos:

$$\rho = 1,184\text{kg}/\text{m}^3$$

$$V = 27,700 \text{ m/s}$$

$$A = 0,29\text{m}^2$$

$$\mu = 1,849 \times 10^{-5}\text{kg} / \text{m} * \text{s}$$

Reemplazando:

$$Re = \frac{(1,184\text{kg}/\text{m}^3)(16,62\text{m}/\text{s})(0,29\text{m}^2)}{1,849 \times 10^{-5}\text{kg} / \text{m} * \text{s}}$$

$$Re = 3,086 \times 10^6$$

- **Modelo “Q” a 100 km/h**

Datos:

$$\rho = 1,184\text{kg}/\text{m}^3$$

$$V = 27,700 \text{ m/s}$$

$$A = 0,29\text{m}^2$$

$$\mu = 1,849 \times 10^{-5}\text{kg} / \text{m} * \text{s}$$

Reemplazando:

$$Re = \frac{(1,184\text{kg}/\text{m}^3)(27,700\text{m}/\text{s})(0,29\text{m}^2)}{1,849 \times 10^{-5}\text{kg} / \text{m} * \text{s}}$$

$$Re = 5,143 \times 10^6$$

- **Modelo “R” a 60 km/h**

Datos:

$$\rho = 1,184\text{kg}/\text{m}^3$$

$$V = 27,700 \text{ m/s}$$

$$A = 0,24\text{m}^2$$

$$\mu = 1,849 \times 10^{-5}\text{kg} / \text{m} * \text{s}$$

Reemplazando:

$$Re = \frac{(1,184\text{kg}/\text{m}^3)(16,62\text{m}/\text{s})(0,24\text{m}^2)}{1,849 \times 10^{-5}\text{kg} / \text{m} * \text{s}}$$

$$Re = 2,554 \times 10^6$$

- **Modelo “R” a 100 km/h**

Datos:

$$\rho = 1,184\text{kg}/\text{m}^3$$

$$V = 27,700\text{m}/\text{s}$$

$$A = 0,24\text{m}^2$$

$$\mu = 1,849 \times 10^{-5}\text{kg} / \text{m} * \text{s}$$

Reemplazando:

$$Re = \frac{(1,184\text{kg}/\text{m}^3)(27,700\text{m}/\text{s})(0,24\text{m}^2)}{1,849 \times 10^{-5}\text{kg} / \text{m} * \text{s}}$$

$$Re = 4,257 \times 10^6$$

- **Modelo “S” a 60 km/h**

Datos:

$$\rho = 1,184\text{kg}/\text{m}^3$$

$$V = 27,700\text{m}/\text{s}$$

$$A = 0,23\text{m}^2$$

$$\mu = 1,849 \times 10^{-5}\text{kg} / \text{m} * \text{s}$$

Reemplazando:

$$Re = \frac{(1,184\text{kg}/\text{m}^3)(16,62\text{m}/\text{s})(0,23\text{m}^2)}{1,849 \times 10^{-5}\text{kg} / \text{m} * \text{s}}$$

$$Re = 2,447 \times 10^6$$

- **Modelo “S” a 100 km/h**

Datos:

$$\rho = 1,184\text{kg}/\text{m}^3$$

$$V = 27,700\text{m}/\text{s}$$

$$A = 0,23\text{m}^2$$

$$\mu = 1,849 \times 10^{-5}\text{kg} / \text{m} * \text{s}$$

Reemplazando:

$$Re = \frac{(1,184\text{kg}/\text{m}^3)(27,700\text{m}/\text{s})(0,23\text{m}^2)}{1,849 \times 10^{-5}\text{kg} / \text{m} * \text{s}}$$

$$Re = 4,079 \times 10^6$$

Estudios anteriores demostraron que el modelo que presente un número de Reynolds menor al resto de diseños analizados es el más eficiente aerodinámicamente, ya que presentan menor turbulencia en su estructura haciendo que este sea más estable y seguro para el conductor (Ayala & Morán, 2021, pág. 59-61).

De acuerdo con los resultados obtenidos de los cuatro modelos propuestos a una velocidad de 16,62 m/s y 27,70 m/s de este estudio, se establece que el flujo de aire que atraviesa al carenado de la motocicleta es de tipo turbulento, siendo el modelo denominado “S” el que presenta el menor número de Reynolds de los cuatro modelos analizados convirtiéndose en el modelo más eficiente y candidato a ser fabricado.

A continuación, se establece los resultados gráficos de la simulación de los tres modelos propuestos, incluyendo el modelo original.

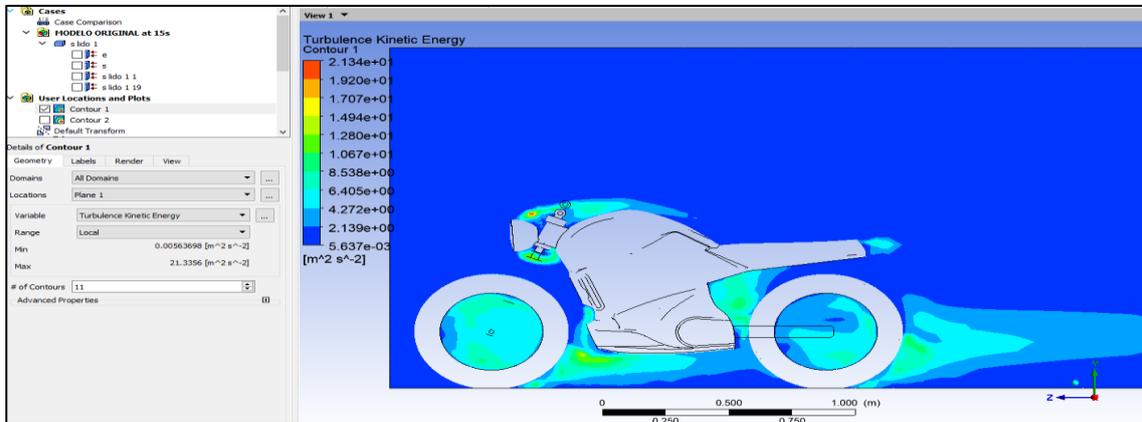


Figura 3.22 Análisis del comportamiento turbulento del fluido en el modelo original a 60 km/h.

En la Fig. 3.22 se muestra el comportamiento turbulento del fluido (aire) a través del carenado original a una velocidad de 60 km/h, en donde se visualiza la formación de un vórtice en el faro llegan a un valor máximo de $19,20\text{m}^2/\text{s}^2$ y un valor medio en el carenado frontal inferior de $14,94\text{m}^2/\text{s}^2$.

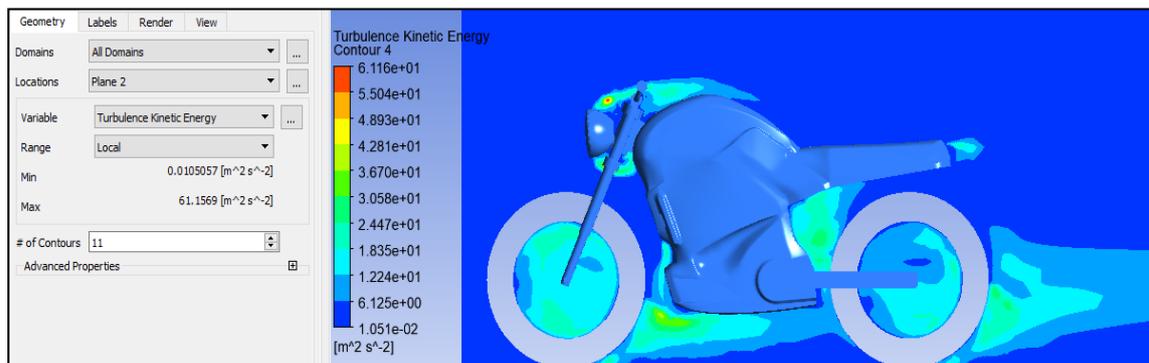


Figura 3.23 Análisis del comportamiento turbulento del fluido en el modelo original a 100 km/h.

En la Fig. 3.23 se visualiza el comportamiento turbulento del fluido (aire) a través del carenado original a una velocidad de 100 km/h, en donde se observa la formación de un vórtice en el faro llegan a un valor máximo de $61,16\text{m}^2/\text{s}^2$ y un valor medio en el carenado frontal inferior y en el colín de $42,81\text{m}^2/\text{s}^2$.

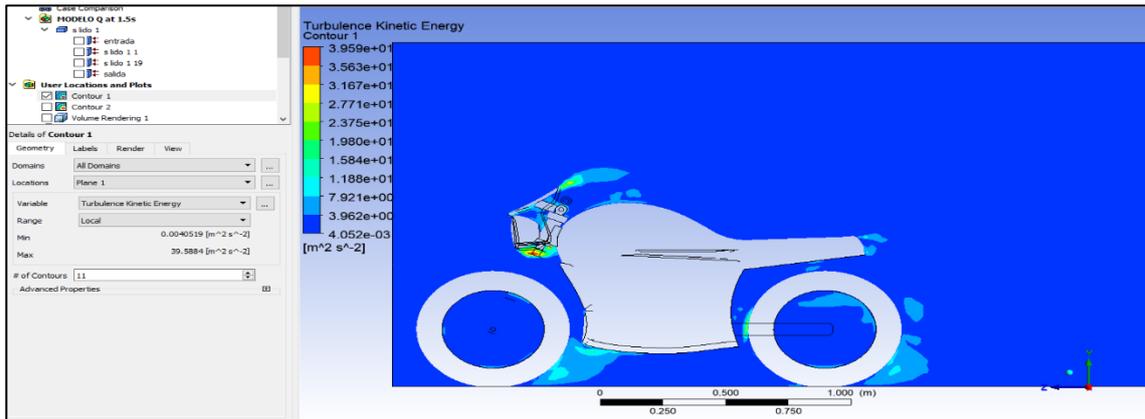


Figura 3.24 Análisis del comportamiento turbulento del fluido en el modelo “Q” a 60 km/h.

En la Fig. 3.24 se muestra el comportamiento turbulento del fluido (aire) a través del carenado modelo “Q” a una velocidad de 60 km/h, en donde se visualiza la formación de un vórtice en el visor de la cúpula inferior del faro llegando a un valor máximo de $35,63m^2/s^2$ y un valor medio en el carenado frontal inferior de $15,84m^2/s^2$.

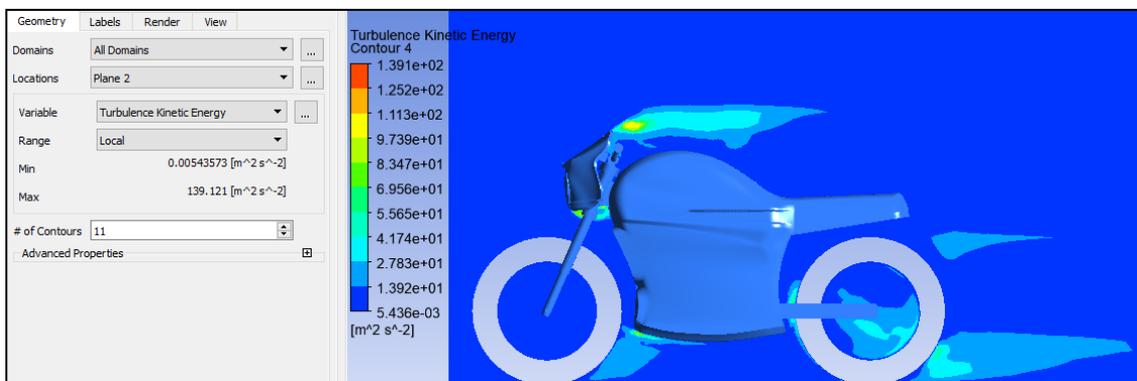


Figura 3.25 Análisis del comportamiento turbulento del fluido en el modelo “Q” a 100 km/h.

En la Fig. 3.25 se muestra el comportamiento turbulento del fluido (aire) a través del carenado modelo “Q” a una velocidad de 100 km/h. a diferencia del resultado anterior la formación del vórtice es en el visor de la cúpula superior, el mismo que tiene un valor máximo de $139,12m^2/s^2$ y un valor medio en el carenado frontal inferior de $97,39m^2/s^2$, siendo este el diseño de carenado que más turbulencias presenta.

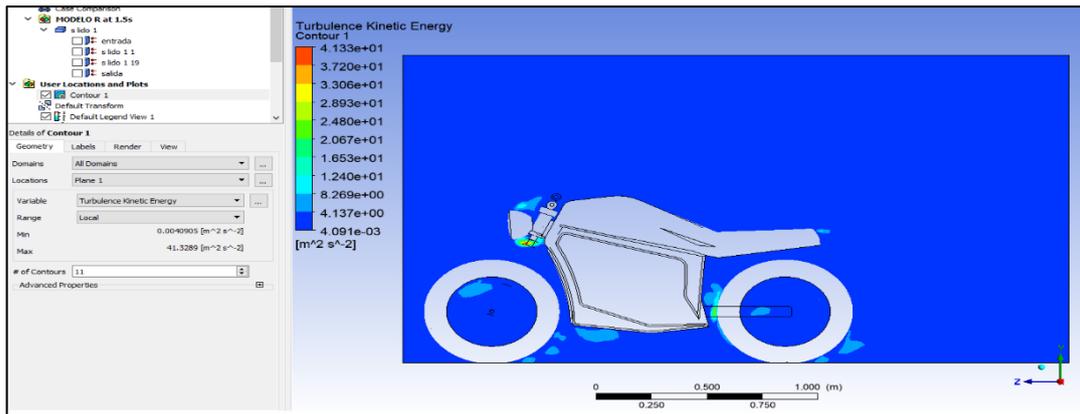


Figura 3.26 Análisis del comportamiento turbulento del fluido en el modelo “R” a 60 km/h.

En la Fig. 3.26 se observa el comportamiento turbulento del fluido (aire) a través del carenado modelo “R” a una velocidad de 60 km/h, en donde se visualiza la formación de un vórtice en la parte inferior del faro con un valor máximo de $37,20m^2/s^2$ y un valor medio entre el faro y la rueda posterior de $20,67m^2/s^2$.

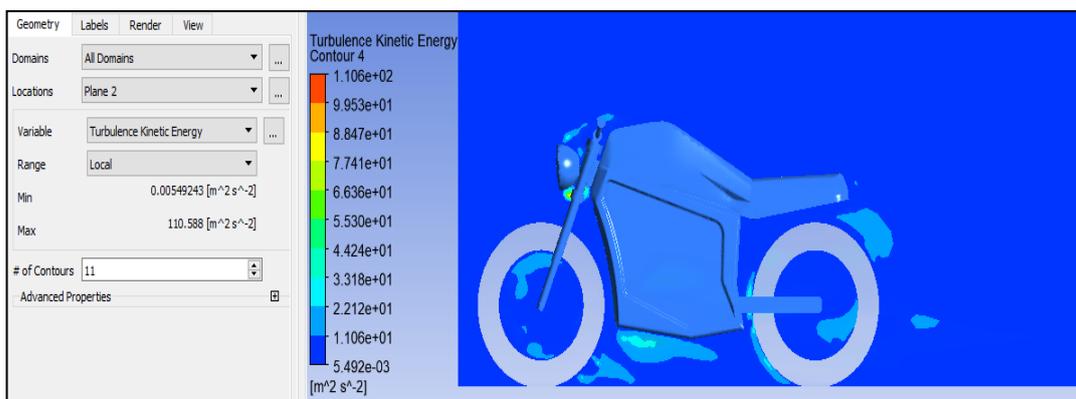


Figura 3.27 Análisis del comportamiento turbulento del fluido en el modelo “R” a 100 km/h.

En la Fig. 3.27 se muestra el comportamiento turbulento del fluido (aire) a través del carenado modelo “R” a una velocidad de 100 km/h, en donde se visualiza la formación de un vórtice en la parte inferior del faro llegando a un valor máximo de $110,58m^2/s^2$ y un valor medio en la quilla inferior de $44,24m^2/s^2$.

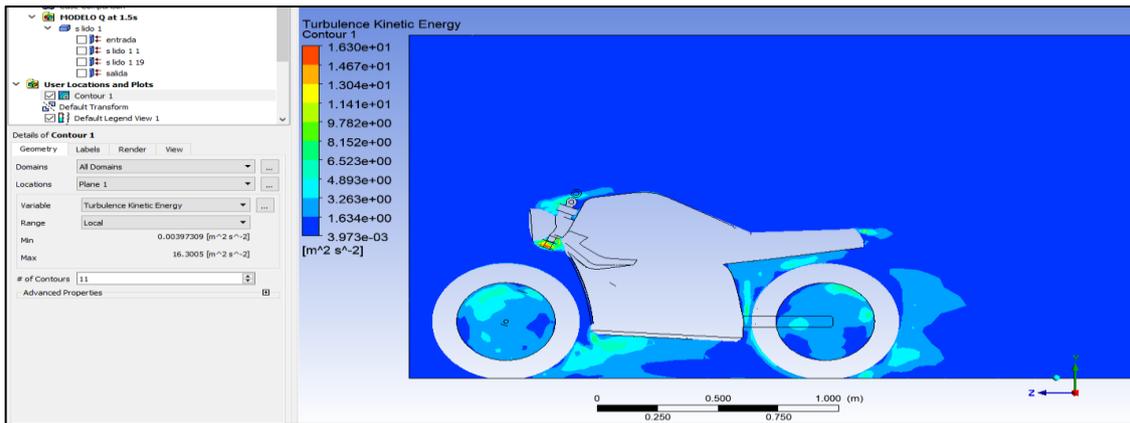


Figura 3.28 Análisis del comportamiento turbulento del fluido en el modelo “S” a 60 km/h.

En la Fig. 3.28 se muestra el comportamiento turbulento del fluido (aire) a través del carenado modelo “S” a una velocidad de 60 km/h, en donde se presenta la formación de pequeños vórtices en el faro frente al habitáculo de la batería, con un valor máximo de $14,67m^2/s^2$ y un valor medio en la quilla inferior de $8,15m^2/s^2$.

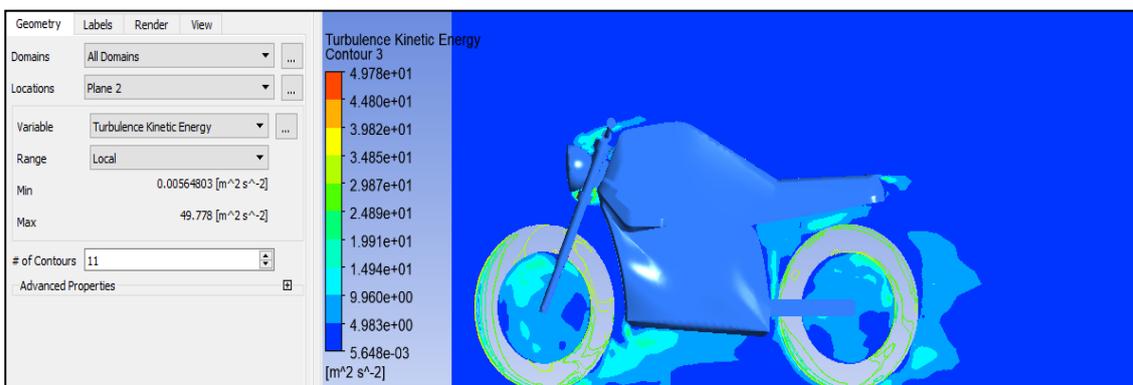


Figura 3.29 Análisis del comportamiento turbulento del fluido en el modelo “S” a 100 km/h.

En la Fig. 3.29 se muestra el comportamiento turbulento del fluido (aire) a través del carenado modelo “S”, en donde se visualiza la formación de pequeños vórtices en el faro llegando a un valor máximo de $49,78m^2/s^2$ y un valor medio en la quilla inferior de $19,91m^2/s^2$, demostrando una notable mejoría en comparación al modelo original y al resto de diseños propuestos, siendo este el que mejores resultados obtuvo en la simulación CFD.

Tabla 3.7 Resumen de los resultados obtenidos del análisis de turbulencia formado por los modelos propuestos y el modelo original.

Velocidad (km/h)	Turbulencia m^2/s^2							
	Modelo Original TC Max		Modelo "Q"		Modelo "R"		Modelo "S"	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
60	19,20	14,64	35,63	15,84	37,20	20,67	14,67	8,15
100	61,16	42,81	139,12	97,39	110,58	97,39	49,78	19,91

Fuente: Los autores

En resumen, la tabla 3.8 muestra los resultados del análisis de energía turbulenta y generación de vórtices de los modelos de carenados propuestos y del original, se puede evidenciar que los modelos "Q" y "R" son diseños bastante turbulentos. Sin embargo, la geometría propuesta en el modelo "S" reduce en un 18% las turbulencias generadas en comparación del modelo original, mejorando la estabilidad de la motocicleta en ruta demostrado así su validez para su fabricación.

3.5. COMPARATIVA ENTRE MODELO ORIGINAL TC MAX Y LAS TRES PROPUESTAS DE CARENADO

3.5.1. COEFICIENTE DE ARRASTRE AERODINÁMICO

En la Figura 3.30 se muestra las variaciones obtenidas respecto al coeficiente de arrastre aerodinámico en el estudio a 60 km/h del Modelo Original, Modelo Q, Modelo R y Modelo S; obteniendo mejores resultados en el Modelo S reduciendo el coeficiente de arrastre respecto al Modelo Original de 0,64 a 0,57 es decir un 10,94%, mientras que en el análisis a 100 km/h el coeficiente disminuye de 0,61 a 0,52 es decir un 14,75%.

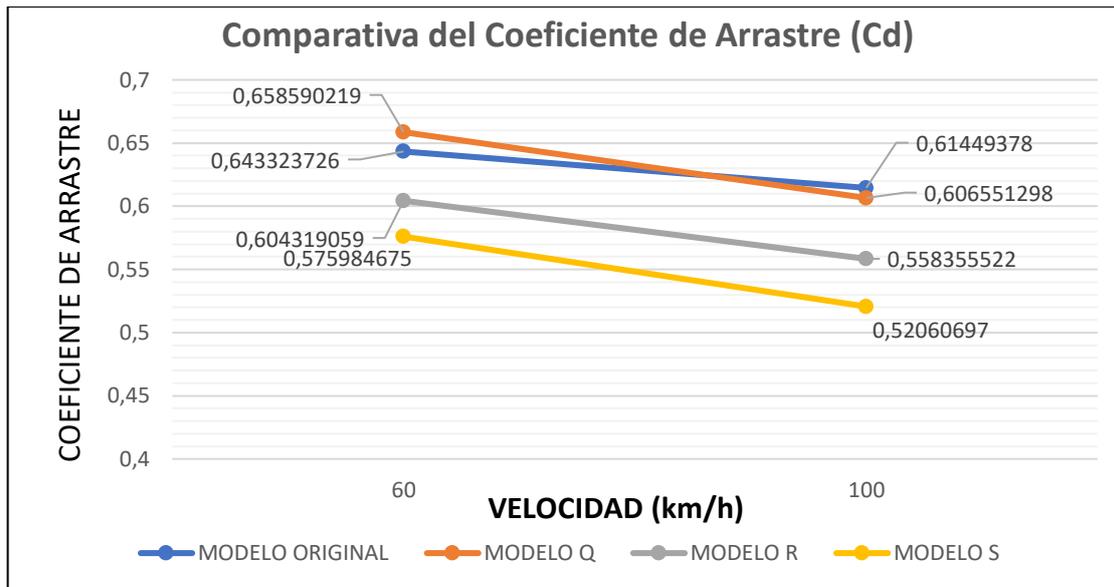


Figura 3.30 Comparativa del Coeficiente de Arrastre

En la figura 3.31 se visualiza los datos obtenidos a partir del análisis de un vehículo pesado, donde se determina una relación entre el porcentaje de reducción de combustible y el porcentaje de reducción del coeficiente de arrastre (C_d), en diferentes condiciones de terreno (Wong, 2002, pág. 224).

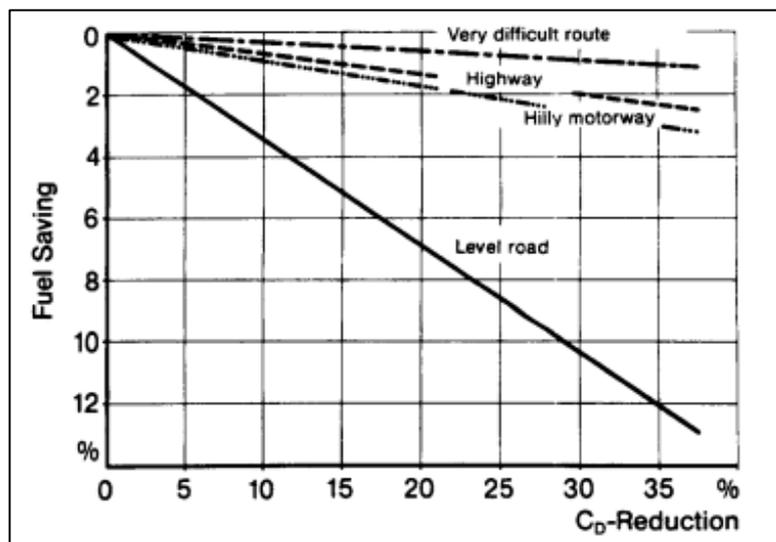


Figura 3.31 Efecto de reducción del coeficiente de arrastre aerodinámico en el consumo de combustible de un vehículo pesado.

En el presente estudio se consiguió una disminución promedio del coeficiente de arrastre aerodinámico de 12,85% por parte del Modelo S respecto al Modelo Original, consiguiendo según la figura 3.30 una reducción de combustible del 4%; no obstante, se

debe tomar en cuenta las condiciones reales del análisis, como el tipo de vehículo, número de ruedas, condiciones de manejo y principalmente que el presente análisis se basa en un vehículo eléctrico, de este modo dichas problemáticas exceden los objetivos de esta investigación convirtiéndose en propuestas de estudio futuras.

3.5.2. FUERZA DE ARRASTRE AERODINÁMICO

En la figura 3.32 se visualiza los resultados obtenidos de la fuerza de arrastre aerodinámico en el Modelo Original y las alternativas de carenado. Se logró identificar que a 60 km/h el Modelo S presenta una mayor reducción de la fuerza de arrastre respecto al modelo original de 25,4 N a 18,01 N respectivamente, logrando una reducción del 29,09%; mientras que en el Modo 3 a 100 km/h se evidencia una disminución de 69,99 N a 54,39 N alcanzando una reducción del 22,29%.

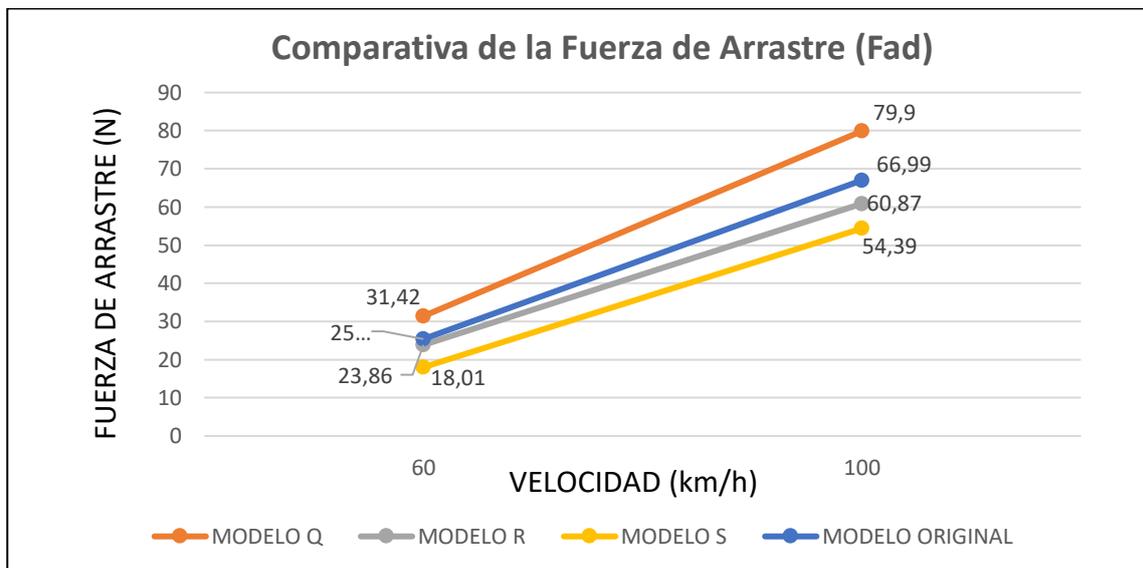


Figura 3.32 Comparativa de la Fuerza de Arrastre Aerodinámico.

En la presente investigación se destaca la ganancia aerodinámica que se pudo lograr con las Alternativas de Carenado, determinado que el modelo S posee las mejores condiciones aerodinámicas permitiendo vencer de manera eficiente la fuerza de arrastre, traduciendo estos resultados en menor consumo de energía y mayor autonomía.

Un vehículo mejorado aerodinámicamente en su diseño, además de reducir el consumo de combustible o energía, permite perfeccionar el manejo y estabilidad a velocidades en terreno llano (Desai et al., 2008).

3.5.3. PRESIÓN EN LA CARA FRONTAL

La comparación de las presiones en la cara frontal del modelo original y las alternativas de carenado que se muestran en la Figura 3.33 se observa como mejor alternativa el Modelo S; gracias a las modificaciones aerodinámicas, logrando a una velocidad de 60 km/h reducir la presión en un 26,01%, mientras que a una velocidad de 100 km/h se consigue una reducción del 15,28 %.

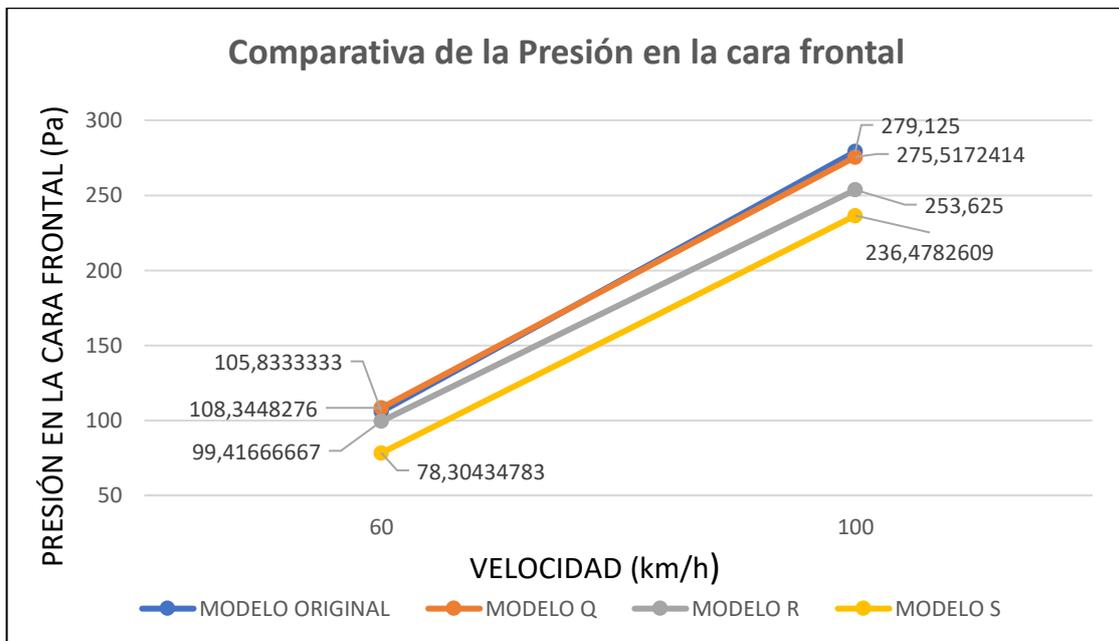


Figura 3.33 Comparativa de la presión en la cara frontal

Una variable importante analizada en este estudio es la Presión en la cara frontal, sus valores permitieron deducir el comportamiento del fluido en las superficies del carenado original y sus modificaciones, consiguiendo con el modelo S; mejorar las condiciones y garantizando un mejor deslizamiento del aire en la superficie del carenado, provocando mayor eficiencia y menos consumo de energía.

3.6. ELABORACIÓN DEL PROTOTIPO

El proceso de manufactura se realizó considerando 3 capas de resina epoxi como material base y 2 capas de fibra vegetal de yute en tela tipo sarga como material de refuerzo acatando las especificaciones y fracción volumétrica 70% matriz y 30% refuerzo; considerando la orientación entre capa y capa de fibra 90° - 0° (Naranjo Santiana, 2021, pág.23). en la tabla 2.9 y tabla 2.10 del capítulo II se estableció la cantidad de resina epoxi y fibra de yute necesaria para la fabricación del prototipo.

3.6.1. PROCESO DE MANUFACTURA PARA LA OBTENCIÓN DE MOLDES PARA EL CARENADO FRONTAL DE LA MOTOCICLETA ELÉCTRICA.

Los moldes fueron elaborados según las especificaciones del diseño, dimensiones y forma realizados en un programa de diseño y simulación CAD, siendo este el paso inicial para la obtención de las piezas, cuyos moldes fueron realizados en cartón con un refuerzo de fibra de vidrio.

Una vez realizado el diseño, se procede a la construcción del molde. Para ello, fue necesario imprimir los planos con las medidas reales de la motocicleta eléctrica, de acuerdo con esto, se trazó líneas sobre cartón con las medidas especificadas en los planos y se procedió a recortar siguiendo la forma del diseño impreso hasta obtener el modelo final, posterior a ello se procede a aplicar una capa de resina epoxi y fibra de vidrio para darle consistencia al molde y evitar que este se fracture al desmoldar la pieza final.

Para el modelado del carenado frontal de la motocicleta eléctrica, se realizó siguiendo los pasos del modelado del carenado lateral, utilizando el mismo material el cual se representa en la figura 3.34.



Figura 3.34 Trazo del molde del carenado lateral.

A continuación, se verifica que no existan superficies con rugosidades, de ser así, se debe aplicar masilla de relleno para resanar todas las imperfecciones existentes dándole un acabado fino y lo más liso posible. En la Figura 3.35 se presentan los moldes terminados.



Figura 3.35 Molde del final para el lateral.

3.6.2. PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DEL CARENADO DE LA MOTOCICLETA ELÉCTRICA CON FIBRA DE YUTE Y RESINA EPOXI.

3.6.2.1. Preparación de las fibras de yute

Una vez adquirida la fibra de yute, se debe preparar un tejido de forma horizontal y vertical realizado en un telar, por lo que se optó por seleccionar un tejido sarga de fibra de yute ya prefabricado con una distancia de 0,4 cm. En la figura 3.36 se muestra la tela de fibra de yute para fabricar el carenado.

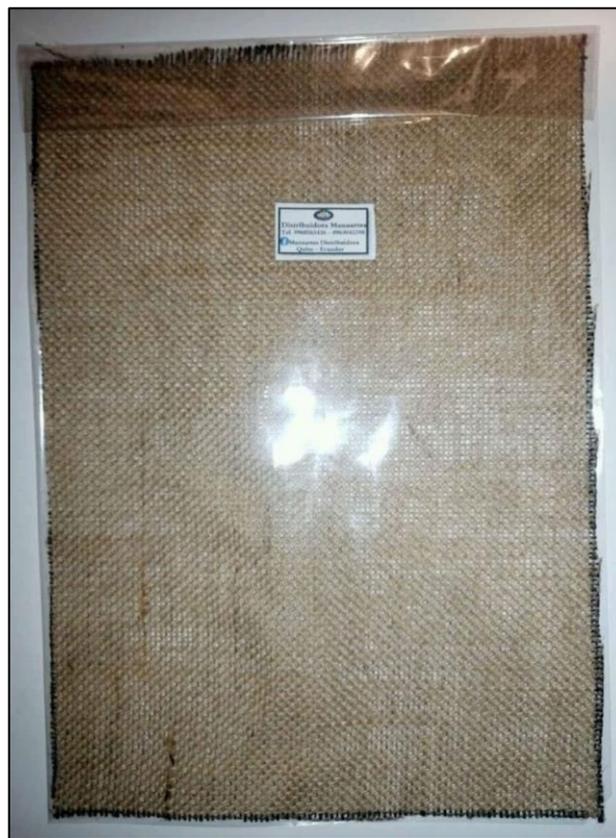


Figura 3.36 Tela tipo sarga de fibra de yute.

Procedemos a cortar la cantidad necesaria de fibra de yute en relación con el molde establecido para la fabricación de la pieza a realizar, tal como se indica en la Figura 3.37



Figura 3.37 Medida de la cantidad de fibra de yute a utilizar.

3.6.2.2. Preparación molde para la obtención de las piezas finales del carenado.

Es importante limpiar el molde de cualquier imperfección o contaminación existente en el ambiente, además, se debe pasar varias capas de cera desmoldante con un paño, así como también Gelcote para facilitar la separación del molde de la pieza final. Tal como se muestra en la figura 3.38



Figura 3.38 Preparación del molde del carenado.

3.6.2.3. Obtención de las piezas finales del carenado de la motocicleta eléctrica.

Una vez aplicado la acera del montante, se procede a colocar la primera capa de tela de fibra de yute asegurándose de que cubra todo el molde, y con una brocha se debe distribuir una capa de resina epoxi por todo el molde de manera uniforme. Realizar este paso con una segunda capa de tela de fibra de yute y finalizar el proceso con una tercera capa resina epoxi, como se puede observar en la figura 3.39



Figura 3.39 Aplicación de las capas de resina epoxi y fibra de yute.

Se debe dejar secar por lo menos 24 horas antes de retirar del molde la pieza final además de revisar las imperfecciones de la pieza, resanar con masilla automotriz y lijar hasta conseguir un acabado liso. En la figura 3.40 se puede observar las piezas finales del carenado de la motocicleta en fibra de yute y resina epoxi.



Figura 3.40 Piezas del carenado lateral en fibra de yute con fondo de relleno.

Una vez que las piezas estén lisas y perfectamente montadas, se debe retirar de la motocicleta, aplicar fondo de relleno y darle un acabado final con pintura automotriz. Una vez seca la pintura mejorar la vista con stickers llamativos. Véase en la figura 3.41 las piezas finales y listas para ser instaladas en la motocicleta eléctrica.



Figura 3.41 Piezas con acabado superficial final listas para ser instaladas

3.6.2.4. Proceso de ensamblaje del carenado de fibra de yute en la carrocería de la motocicleta eléctrica

En la figura 3.42 se muestra la carrocería que se va a montar en el chasis de la motocicleta, la cual consta de carenado lateral y quilla, los mismos que se encuentran anclados por los pernos originales que sujetaban el carenado original, demostrando así su funcionalidad y fiabilidad a la hora de su conducción.



Figura 3.42 Carenado modelo “S” finalizado e instalado en la motocicleta eléctrica.

3.7. COMPARATIVA DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL MODELO ORIGINAL Y EL MODELO MODIFICADO

- **Carenado Original**

Utilizando un instrumento de medición se obtuvo el valor correspondiente al peso de la masa del carenado original de la motocicleta, cuyo resultado se muestra en la figura 3.43



Figura 3.43 Medida del peso del carenado original de la motocicleta

El carenado original de la motocicleta Super Soco TC Max está fabricado de plásticos ABS al 100%.

El acrilonitrilo butadieno estireno, abreviado ABS, es un plástico creado a partir de procesos térmicos dentro de la ingeniería, cuya obtención se caracteriza por un nivel de dificultad mayor respecto a los plásticos comunes como el polipropileno y el polietileno.

Los primeros plásticos ABS se fabricaban mezclando mecánicamente ingredientes secos o mezclando látex de caucho a base de butadieno y resina de estireno-acrilonitrilo (SAN) (Martínez Sanz, 2016, pág. 18). En comparación con otros materiales del año, el producto tiene buenas propiedades, pero presenta algunas deficiencias, entre las que se pueden destacar la mala procesabilidad y la falta de uniformidad (Martínez Sanz, 2016, pág. 18).

Para mejorar su composición y propiedades, se utiliza una serie de métodos en el proceso construcción. Uno de los métodos es la polimerización de acrilonitrilo-estireno en presencia de caucho. El caucho inicialmente tenía un mayor contenido de acrilonitrilo, pero luego fue reemplazado por cauchos de menor contenido como poli butadieno, caucho natural, caucho de estireno-butadieno y elastómeros acrílicos con la finalidad de mejorar la forma de manipulación material (Martínez Sanz, 2016, pág. 20).

El ABS se puede extruir, moldear por inyección, moldear por soplado y prensar. Los grados de bajo impacto suelen ser los más fáciles de mecanizar. Los de alto impacto son más difíciles de procesar porque son más viscosos y tienen un mayor contenido de caucho (Martínez Sanz, 2016, pág. 20). A continuación en la Tabla 3.8, se presenta las propiedades cuantitativas del material ABS (Techno Polymer), en los cuales fundamentaremos nuestros cálculos.

Tabla 3.8 Características del material ABS.

FÍSICAS	Método ISO	Unidades	Valor
Densidad	1183	g/cm ³	1,11
Adsorción de agua 23 °C	similar al ISO 62	%	0,95
MECÁNICAS	Método ISO		Valor
Módulo de tensión, 23 °C	527	MPa	220
Tensión de rotura 23°C	527	MPa	44
Alargamiento a la tracción (50 mm/min) 23 °C	527	%	2,4
Alargamiento a la tracción hasta la rotura (50 mm/min),	527	%	12
Tensión a la flexión, 23 °C	178	MPa	65

Fuente: (Martínez Sanz, 2016, pág. 21)

La fórmula que se utilizó para determinar el volumen y comparar los valores es:

$$V = \frac{m}{\rho} \quad [8]$$

Donde:

ρ = densidad del elemento

m = masa del elemento

v = volumen del elemento

$$v = \frac{m}{\rho}$$

$$v = \frac{1990 \text{ g}}{1,11 \text{ g/cm}^3}$$

$$v = 1792,79 \text{ cm}^3$$

- **Carenado Modificado – Modelo S**

El carenado del Modelo “S” está constituido por una fracción de 70% de resina epoxi y 30% de fibra de yute, en el capítulo anterior se calculó la densidad del prototipo obteniendo un valor de $2,6 \text{ g/cm}^3$; del mismo modo mediante una balanza se determinó la masa del Prototipo modificado, cuyo valor es igual a 2930 g (Fig. 3.44).



Figura 3.44 Masa del Carenado Modificado – Modelo S

Para obtener la densidad del material compuesto se utilizó la siguiente formula.

$$V = \frac{m}{\rho}$$

$$V = \frac{2930 \text{ g}}{2,6 \text{ g/cm}^3}$$

$$V = 1126.92 \text{ cm}^3$$

Luego de determinar las propiedades físicas del compuesto ABS y el material a base de resina epoxi y fibra de yute, se estableció una comparativa en función de la densidad, masa y volumen como se muestra en la Tabla 3.10, en donde los resultados muestran que la masa del Modelo “S” en comparación con el Modelo Original es 1 kg más pesado, por consiguiente, el peso del vehículo aumenta; respecto al volumen se logra determinar que el Modelo Original abarca 666 cm^3 más que el Modelo S , y finalmente a partir de una investigación bibliográfica se estableció que el material de plástico ABS posee menor densidad que el material compuesto.

Tabla 3.9 Comparativa de las propiedades físicas de los materiales.

PROPIEDAD	CARENADO ORIGINAL - PLÁSTICO ABS	CARENADO MODIFICADO - MODELO S (RESINA EPOXI +FIBRA DE YUTE)	UNIDAD
Densidad	1,11	2,6	g/cm^3
Masa	1990	2930	g
Volumen	1792,79	1126,92	cm^3

Fuente: Autores

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- En base a la indagación bibliográfica de estudios realizados acerca de los materiales compuestos, específicamente de las caracterizaciones de fibra vegetal de coco, yute y cabuya, así como sus configuraciones y características para la aplicación y sustitución de materiales de acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) en la fabricación de piezas automotrices. Se utilizó la matriz de decisión para determinar que, debido a sus propiedades mecánicas, fácil acceso, gran resistencia y reparación en caso de fractura, la fibra de yute es una alternativa ideal para la fabricación del carenado de una motocicleta. La configuración idónea del material para esta aplicación fue una fracción volumétrica del 70% de resina epoxi, y un 30% de material de refuerzo con tejido tipo sarga de fibra de yute, cuya orientación de entre capa y capa es de 90° - 0° , donde las propiedades mecánicas presentadas fueron características suficientes para su aplicación en la industria de autopartes, específicamente, en la fabricación del carenado para una motocicleta eléctrica.
- Se modeló la motocicleta Super Soco TC Max en el Software CAD SolidWorks con su carenado original y tres geometrías que corresponden a las alternativas de carenado, denominadas Modelo Q, R y S respectivamente. Los modelos fueron concebidos a partir de diseños previos que nos permitan reducir el peso y mejorar la aerodinámica del vehículo, posteriormente se realizó un renderizado de cada modelo mejorando su aspecto y dando una apariencia más realista.
- Se analizó el modelo original y sus respectivas alternativas de carenado mediante el software de simulación ANSYS respecto a dos velocidades (60 km/h y 100 km/h) que representan el modo de conducción 1 y 3 de la motocicleta Super Soco TC Max; consiguiendo un coeficiente de arrastre en el Modelo Original igual a (0.64, 0.61) respectivamente; y determinado al Modelo S como la mejor alternativa de carenado en función al coeficiente de arrastre aerodinámico en los modos de conducción 1 y 3

obteniendo los valores (0.58, 0.52) respectivamente, logrando una reducción promedio de 12,85%. De la misma forma se efectuó un estudio comparativo de la fuerza de arrastre aerodinámico y la presión en la cara frontal, determinando de la misma forma al Modelo S como la mejor alternativa; finalmente se estableció que esta geometría permite reducir la fuerza de arrastre aerodinámico en un promedio de 25,69 % y la presión en la cara frontal en un 20,65%, haciendo viable su construcción.

- Se procedió a construir la mejor alternativa de carenado (Modelo S), mediante el proceso de estratificación manual, por las ventajas que ofrece respecto a bajos costos, accesibilidad de materiales y facilidad de manufactura; el diseño construido nos permite obtener una configuración que reduce el impacto medioambiental a la hora de su degradación y un diseño aerodinámicamente eficiente que merma el esfuerzo del vehículo para trasladarse logrando de este modo aumentar la autonomía de la motocicleta Super Soco TC Max. Finalmente, se realizó una comparativa de propiedades físicas como volumen, masa y densidad del Modelo de carenado original y la mejor alternativa de carenado (Modelo S) concluyendo que la propuesta de carenado S es más pesado y denso, sin embargo, su volumen es menor.

4.2. RECOMENDACIONES

- Se debe proponer un estudio de caracterización de la fibra de yute con 3 capas de fibra natural y 4 capas de resina epoxi y analizar los resultados de sus propiedades físicas y mecánicas.
- El diseño propuesto como modelo alternativo debe ser sencillo con detalles útiles para los elementos motrices y mecánicos de la motocicleta. Se debe tomar en cuenta los puntos originales de sujeción del chasis para evitar hacer modificaciones que afecten a la parte estructural del vehículo.
- Se debe realizar un modelo CAD del vehículo lo más parecido al diseño original para obtener resultados similares al comportamiento en la vida real, pero evitando los mínimos detalles de diseño ya que estos ocasionan problemas en la calidad de la malla al realizar un análisis CFD.
- En el proceso de fabricación, es importante aplicar varias capas de desmoldante con la finalidad de disminuir el riesgo de fractura de la pieza a la hora de desmoldar; además, antes de colocar la primera capa de resina epoxi, se debe colocar una capa de Gelcoat con un espesor entre 0,3 mm a 0,5 mm para evitar problemas de arrugamientos en la fibra, luego, se debe aplicar una fina capa de masilla automotriz para resanar imperfecciones de molde y dar un acabado superficial fino.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AME-INEC. (2018). Estadística de Económica en Ambiental Información. *Gestión de Residuos Sólidos*, 14.
2. Albán Pucha, A. (2016). *Análisis y simulación aerodinámica de una motocicleta de carretera tipo Custom 125 cc. mediante dinámica de fluidos computacional (DFC) y propuesta de diseño de un carenado frontal*. 0(0), 17–20. <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/4558/1/65T00183.pdf>
3. Álvarez, E. (2016). SELECCIÓN DE MATERIALES Y PROCESOS DE MANUFACTURA PARA EL CARENADO DE UN VEHÍCULO DE TRACCIÓN HUMANA. *Procede Del Padre y Del Hijo*, 26–27. <https://doi.org/10.3726/978-3-0352-0094-2/1>
4. Askeland, D. (2009). *Ciencia.e.Ingenieria.de.los.Materiales.-Donald.Askeland.ES*. (p. 468).
5. Ayala, R., & Morán, E. (2021). *DISEÑO, SIMULACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE UN PARACHOQUES MEDIANTE UN MATERIAL COMPUESTO DE RESINA EPÓXICA Y REFUERZO DE FIBRAS ORGÁNICAS DE CABUYA*. 60–61.
6. Barragán, Á., & Carpio, C. (2009). Enciclopedia de las Plantas Útiles del Ecuador. In *Plantas como alimento de invertebrados útiles*.
7. Callister, W., & D., R. (2017). *Materials Science and Engineering an Introduction. 8th ed.*, 627–630.
8. Camilo, I., Tapia, M., & Marzo, R. (2019). MOTOCHI-E MOTOCHI-E. *Prototipo Funcional de Carenado Para Motocicleta Eléctrica Camilo*, 0(0), 30.
9. Casajús, L. (2013). *Despiece de la motocicleta*. 6–9.
10. Dávila, J., Galeas, S., Guerrero, V., Pontón, P., Rosas, N., Sotomayor, V., & Valdivieso, C. (2011). *Nuevos Materiales: Aplicaciones Estructurales E Industriales*.
11. Desai, M., Channiwala, S. a, & Nagarsheth, H. J. (2008). Experimental and Computational Aerodynamic Investigations of a Car. *October*, 3(4), 359–368.
12. Diez, S. G. (2011). *FIBRAS Y MATERIALES DE REFUERZO: LOS POLIÉSTERES REFORZADOS APLICADOS A LA REALIZACIÓN DE PIEZAS EN 3D*. 12(5), 268–282.
13. Espinoza, G. E., & Hidalgo, J. A. (2016). *Caracterización de materiales compuestos para la aplicación en la carrocería del vehículo monoplaza tipo Formula SAE*. 184.
14. Estructura, C. D. E. U. N. A., Caracter, N., Panel, S. D. E. U. N., Comportamiento, N.,

- Panel, D. E. U. N., Hip, N., An, T. D. E., & Paneles, L. E. N. (2017). *COMPORTAMIENTO DE PANELES SANDWICH EMPLEADOS EN EL CARENADO DE AVIONES COMERCIALES*.
15. Fraga, B. (2017). *Universidad Internacional SEK*.
 16. García, N., Arrocha, H., & Lorenzo, J. (2015). ANALISIS AERODINAMICO DEL CARENADO DE UNA MOTO PROTOTIPO USANDO TECNICAS EXPERIMENTALES. *IV CONGRESO ANUAL DE INGENIERÍA ASME USB 2005*, 0(November), 1–2.
 17. Honda. (24 de 03 de 2021). *honda-montesa*. Obtenido de Montesa Honda: http://www.honda-montesa.es/noticias/Noviembre2012/marquez_completa_primera_jornada.php
 18. Huarte Martínez, R. (2017). Estudio de posibles mejoras aerodinámicas en moto de competición. *Estudio de Posibles Mejoras Aerodinámicas En Moto de Competición*, 0(mayo), 21.
 19. Imbaquingo Navarrete, R. P. (2014). Caracterización, Diseño y Simulación de un Guardafango del Vehículo Chevrolet Aveo Constituido con Material Compuesto a base de Resina Epoxi y Refuerzo de Fibras Orgánicas. *Panorama*, 126.
 20. Joffre Marcelo & Vistín Bastidas, J. D. T. S. (2015). *Aplicación de materiales compuestos para la formación de guardabarros y tapas laterales de una moto de 125cc, 4 tiempos*. 155.
 21. López Vidal, F. (2018). *DISEÑO, CÁLCULO Y FABRICACIÓN DE UN CARENADO DE MOTOCICLETA Agradecimientos*. 0(0), 60.
 22. Loza, R., & Pila, G. (2017). *Fabricación de un retrovisor para el vehículo suzuki forsa con material compuesto de matriz polimérica de poliéster y refuerzo natural de cabuya*. 108.
 23. Mazumdar, S. K. (2002). *Composites Material Engineer and Science*. In *New York*.
 24. Mentutuk. (02 de 07 de 2020). *motociclistas 2020*. Obtenido de Motociclistas Antiguos: <https://motociclistas2020.blogspot.com/2020/02/motociclistas-antiguos.html>
 25. Miranda, M. F. (2014). *Universidad Internacional SEK*. *Panorama*, 5–20.
 26. Morales García, J. C. (2016). Facultad de ciencia y tecnología. *Google Academico*, 111 pag. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/6858>
 27. Moro García, A. (2016). *Cálculo experimental de los procesos de punzonado sobre los principales plásticos del sector automovilístico*. 31–38. <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/17037>
 - Albán Pucha, A. (2016). *Análisis y simulación aerodinámica de una motocicleta de carretera tipo Custom 125 cc. mediante dinámica de fluidos computacional (DFC) y propuesta de diseño de un carenado frontal*. 0(0), 17–20. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4558/1/65T00183.pdf>

28. Naranjo Santiana, R. J. (2021). TECNOLOGÍA DE MANUFACTURA DE CARROCERÍAS DE VEHÍCULOS TIPO GO-KARTS CON EL USO DE MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ EPOXI CON FIBRA BIODEGRADABLE YUTE. *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO*, 0(0), 23,26,38,39,40,41.
29. Oury Julián, M., & Martín Martín, S. (2016). *Diseño, desarrollo y fabricación de un carenado para una moto eléctrica de competición*. http://ccuc.csuc.cat/record=b6838642~S23*cat
30. Parlamento Europeo, & Consejo Europeo. (2013). *Reglamento (UE) N o 168/2013 del Parlamento y del Consejo Europeo de 15 de enero de 2013*. 2012(7), 1. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32013R0168&from=ES>
31. Ponce, L. (2020). *Caracterización de un material compuesto a base de Resina Epóxica reforzado con fibra de cabuya comparado con la misma resina reforzado con fibra de caña de azúcar*. 86–87. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10299>
32. Quesada López, L. (06 de 2006). *UPCommons. Portal de acceso abierto al conocimiento de la UPC*. Obtenido de Propuesta para la gestión de motocicletas al fin de su vida útil y análisis de alternativas para el aumento de su tasa de reciclado: <http://hdl.handle.net/2099.1/3200>
33. Sarmiento Bayona, J., & Delgado Rodríguez, J. (2009). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MOTOCICLETA DEPORTIVA*. 2009(75), 27.
34. Sataloff, R. T., Johns, M. M., & Kost, K. M. (2011). *LOS MATERIALES COMPUESTOS*. 1–9.
35. Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida*. 84. http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL_0K.compressed1.pdf
36. Tamayo, N. A. (2012). *Obtención y caracterización de materiales compuestos de matriz poliéster reforzados con fibra de cabuya mediante estratificación*. 1–246.
37. Torres Vázquez, A. (12 de 09 de 2019). *REAXSOL*. Obtenido de Moldeo por aspersión (spray up): <https://www.reaxsol.com/2019/09/12/moldeo-por-aspersion/>
38. Villegas López, J. S., & Tous, E. (2019). Uso de prototipado rápido para el diseño y construcción de piezas en materiales compuestos bio referentes para aplicaciones solares fotovoltaicas Use of rapid prototype for desing and cosntruction of composites materials bioreference' s parts used in phot. *Revista de La Asociacion Española de Materiales Compuestos.*, 3, 7–10.
39. Wong, J. Y. (2002). Theory of ground vehicles. In *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering* (Vol. 216, Issue 7). <https://doi.org/10.1243/095440702760178640>
40. Zulia, U., Urdaneta, G., Joheni, A., & Zulia, U. (2006). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Choice Reviews Online*, 44(03), 44-1347-44–1347.

<https://doi.org/10.5860/choice.44-1347>

41. Oury Julián, M., & Martín Martín, S. (2016). *Diseño, desarrollo y fabricación de un carenado para una moto eléctrica de competición*. http://ccuc.csuc.cat/record=b6838642~S23*cat

ANEXOS

ANEXO II
EL AIRE Y SUS PROPIEDADES A 1 ATM DE PRESION

Propiedades del aire a 1 atm de presión							
Temp. T, °C	Densidad ρ , kg/m ³	Calor específico c_p J/kg · K	Conductividad térmica k, W/m · K	Difusividad térmica α , m ² /s	Viscosidad dinámica μ , kg/m · s	Viscosidad cinemática ν , m ² /s	Número de Prandtl Pr
-150	2.866	983	0.01171	4.158×10^{-6}	8.636×10^{-6}	3.013×10^{-6}	0.7246
-100	2.038	966	0.01582	8.036×10^{-6}	1.189×10^{-5}	5.837×10^{-6}	0.7263
-50	1.582	999	0.01979	1.252×10^{-5}	1.474×10^{-5}	9.319×10^{-6}	0.7440
-40	1.514	1002	0.02057	1.356×10^{-5}	1.527×10^{-5}	1.008×10^{-5}	0.7436
-30	1.451	1004	0.02134	1.465×10^{-5}	1.579×10^{-5}	1.087×10^{-5}	0.7425
-20	1.394	1005	0.02211	1.578×10^{-5}	1.630×10^{-5}	1.169×10^{-5}	0.7408
-10	1.341	1006	0.02288	1.696×10^{-5}	1.680×10^{-5}	1.252×10^{-5}	0.7387
0	1.292	1006	0.02364	1.818×10^{-5}	1.729×10^{-5}	1.338×10^{-5}	0.7362
5	1.269	1006	0.02401	1.880×10^{-5}	1.754×10^{-5}	1.382×10^{-5}	0.7350
10	1.246	1006	0.02439	1.944×10^{-5}	1.778×10^{-5}	1.426×10^{-5}	0.7336
15	1.225	1007	0.02476	2.009×10^{-5}	1.802×10^{-5}	1.470×10^{-5}	0.7323
20	1.204	1007	0.02514	2.074×10^{-5}	1.825×10^{-5}	1.516×10^{-5}	0.7309
25	1.184	1007	0.02551	2.141×10^{-5}	1.849×10^{-5}	1.562×10^{-5}	0.7296
30	1.164	1007	0.02588	2.208×10^{-5}	1.872×10^{-5}	1.608×10^{-5}	0.7282
35	1.145	1007	0.02625	2.277×10^{-5}	1.895×10^{-5}	1.655×10^{-5}	0.7268
40	1.127	1007	0.02662	2.346×10^{-5}	1.918×10^{-5}	1.702×10^{-5}	0.7255
45	1.109	1007	0.02699	2.416×10^{-5}	1.941×10^{-5}	1.750×10^{-5}	0.7241
50	1.092	1007	0.02735	2.487×10^{-5}	1.963×10^{-5}	1.798×10^{-5}	0.7228
60	1.059	1007	0.02808	2.632×10^{-5}	2.008×10^{-5}	1.896×10^{-5}	0.7202
70	1.028	1007	0.02881	2.780×10^{-5}	2.052×10^{-5}	1.995×10^{-5}	0.7177
80	0.9994	1008	0.02953	2.931×10^{-5}	2.096×10^{-5}	2.097×10^{-5}	0.7154
90	0.9718	1008	0.03024	3.086×10^{-5}	2.139×10^{-5}	2.201×10^{-5}	0.7132
100	0.9458	1009	0.03095	3.243×10^{-5}	2.181×10^{-5}	2.306×10^{-5}	0.7111
120	0.8977	1011	0.03235	3.565×10^{-5}	2.264×10^{-5}	2.522×10^{-5}	0.7073
140	0.8542	1013	0.03374	3.898×10^{-5}	2.345×10^{-5}	2.745×10^{-5}	0.7041
160	0.8148	1016	0.03511	4.241×10^{-5}	2.420×10^{-5}	2.975×10^{-5}	0.7014
180	0.7788	1019	0.03646	4.593×10^{-5}	2.504×10^{-5}	3.212×10^{-5}	0.6992
200	0.7459	1023	0.03779	4.954×10^{-5}	2.577×10^{-5}	3.455×10^{-5}	0.6974
250	0.6746	1033	0.04104	5.890×10^{-5}	2.760×10^{-5}	4.091×10^{-5}	0.6946
300	0.6158	1044	0.04418	6.871×10^{-5}	2.934×10^{-5}	4.765×10^{-5}	0.6935
350	0.5664	1056	0.04721	7.892×10^{-5}	3.101×10^{-5}	5.475×10^{-5}	0.6937
400	0.5243	1069	0.05015	8.951×10^{-5}	3.261×10^{-5}	6.219×10^{-5}	0.6948
450	0.4880	1081	0.05298	1.004×10^{-4}	3.415×10^{-5}	6.997×10^{-5}	0.6965
500	0.4565	1093	0.05572	1.117×10^{-4}	3.563×10^{-5}	7.806×10^{-5}	0.6986
600	0.4042	1115	0.06093	1.352×10^{-4}	3.846×10^{-5}	9.515×10^{-5}	0.7037
700	0.3627	1135	0.06581	1.598×10^{-4}	4.111×10^{-5}	1.133×10^{-4}	0.7092
800	0.3289	1153	0.07037	1.855×10^{-4}	4.362×10^{-5}	1.326×10^{-4}	0.7149
900	0.3008	1169	0.07465	2.122×10^{-4}	4.600×10^{-5}	1.529×10^{-4}	0.7206
1000	0.2772	1184	0.07868	2.398×10^{-4}	4.826×10^{-5}	1.741×10^{-4}	0.7260
1500	0.1990	1234	0.09599	3.908×10^{-4}	5.817×10^{-5}	2.922×10^{-4}	0.7478
2000	0.1553	1264	0.11113	5.664×10^{-4}	6.630×10^{-5}	4.270×10^{-4}	0.7539

Tabla A. II. El aire y sus propiedades a 1 atm de presión

EVALUACIÓN Y APLICACIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS PARA LA REDUCCIÓN DE PESO EN EL CARENADO DE UNA MOTOCICLETA ELÉCTRICA

Dennis F. Martínez¹, Jimmy G. Puente²

Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica del Norte, Av.
17 de Julio 5-21, Ibarra-Ecuador.
dfmartinezj@utn.edu.ec, jgpuentec@utn.edu.ec

Resumen. La presente investigación es una aplicación de bio-compuestos biodegradables en la manufactura del carenado para una motocicleta eléctrica, para ello en primer lugar se realizó una investigación bibliográfica acerca de caracterizaciones de materiales compuestos, donde, gracias a un conjunto de análisis de propiedades y matrices de decisión se determinó el mejor composite para esta aplicación. Posterior a ello se propuso varios modelos denominados “Q”, “R”, y “S” realizados en un programa CAD, junto al estudio del desempeño aerodinámico de cada uno de ellos, mismo que se realizó en el programa de dinámica computacional CFD, seguidamente se seleccionó el diseño con mejores resultados y se procedió su fabricación. La propuesta presentada satisface el criterio de diseño y selección del compuesto, siendo un material con mejores características que el polipropileno, que, aunque más pesado, sus valores no afectan al desempeño del ciclomotor convirtiéndose en un material ideal para su sustitución

Palabras clave: Bio-compuesto, Manufactura, Carenado, Modelos, Programa, Fabricación, Selección.

1 Introducción

La presente investigación abarca un proceso de selección de material, diseño, simulación y construcción de un carenado para un vehículo eléctrico, en los cuales se realizaron un conjunto de indagaciones como el diseño de alternativas de carenado para la motocicleta eléctrica Super Soco TC Max, dentro de estos elementos se estudiará aspectos importantes como la estética, funcionalidad y eficiencia aerodinámica mediante un software de simulación (ANSYS).

Uno de los objetivos primordiales de esta investigación es dar a conocer los beneficios que ofrece el uso de vehículos eléctricos como alternativa de circulación en nuestro país, con la cualidad de poder adaptarle un carenado construido a partir de un material compuesto por fibras biodegradables que complemente su intención a favor del medio ambiente reduciendo emisiones y aumentando la autonomía del vehículo [1]. Actualmente, uno de los principales problemas es el material (polímero) del que está hecho el carenado de las motos eléctricas, el cual al ser desechado forma parte de los residuos sólidos, en el Ecuador conforma el segundo puesto en cuanto a residuos sólidos después de los orgánicos y con la característica de alargar su tiempo de descomposición [2].

En un artículo científico López Vida, (2018) determinaron las propiedades mecánicas de los compuestos derivados de fibras vegetales (fibras de yute) a partir de un estudio de materiales biodegradables a base de fibra utilizados como materiales de construcción para carenados. Se puede aplicar con bajo estrés mecánico, como el carenado de una motocicleta, donde los requisitos mecánicos son totalmente aerodinámicos [3].

En el estudio titulado “Selección de materiales y proceso de fabricación de carenados de Rickshaw”, el modelado y construcción de carenados es una tarea difícil y multifacética, en la que el tema de investigación a través del análisis de elementos finitos en fluidos es muy importante. la carrocería para conseguir un aumento del

coeficiente de resistencia aerodinámica, así como la cuestión de los factores estructurales que permitan fijar correctamente el carenado y asegurar su rigidez durante la conducción. Una consideración crucial son los materiales que intervienen en su fabricación, ya que es posible tener un carenado que optimice el rendimiento del ciclomotor sin tener que elegir las materias primas más caras del mercado [4].

Modelar el carenado de una motocicleta también implica restringirse a varios elementos externos que limiten el diseño y la fabricación del modelo renderizado original debido a su funcionalidad en la vida real. Uno de los estudios relacionados con el comportamiento aerodinámico de un diseño a distintas velocidades [5], en el que menciona que “el parámetro principal para crear un diseño de carenado es que debe tener un Precisión de alta geometría, especialmente en la zona delantera, ya que esta es la parte con mayor contacto del flujo de aire en comparación con el resto de la motocicleta y es la parte que el diseño del disipador debe tener en cuenta para una buena refrigeración del motor.”

A continuación, se proponen elementos importantes respecto al diseño del carenado de la motocicleta eléctrica Super Soco TC Max y sus respectivas alternativas, empezando el proceso por el dimensionamiento de la estructura de la motocicleta a escala normal (1:1) para poder transferir estas medidas al programa de diseño SolidWorks. El presente proyecto se divide en cuatro objetivos que se resumen en la selección del material, diseño, simulación y construcción del carenado, los resultados se expondrán en las secciones que se presentan a continuación.

2 Materiales y Métodos

El proceso metodológico utilizado encaro siete facetas sistemáticas

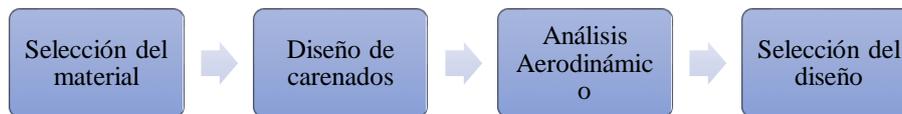


Fig. 1 Proceso metodológico del proceso de diseño y construcción de un carenado para una motocicleta eléctrica

2.1. Selección del material

Los materiales que se tomó en cuenta para este análisis son los bio-compuestos de yute, coco y cabuya. La obtención de datos de los diferentes materiales compuestos a tomar en cuenta en esta investigación se realizó en base a resultados de distintos estudios que se han llevado a cabo en diferentes trabajos de investigación. Las propiedades mecánicas de los materiales compuestos se encuentran detallados en la Tabla 1

Tabla 1. Propiedades Físicas de los materiales compuestos [6], [7], [8]

Material Compuesto	Orientación	Fuerza Máxima (N)	Esfuerzo a Tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (MPa)
Fibra de yute	90°-0°	650,33	45,96	1493
Fibra de coco	90°-0°-90°	650,33	45,96	1493
Fibra de cabuya	90°-0°-90°	2166,33	97,06	2907,36

De los materiales compuestos analizados se determinó que las propiedades mecánicas dependen de la orientación del material y en base a las propiedades de las diferentes caracterizaciones se ha determinado que el material compuesto que mejor características mecánicas presenta es el que

está compuesto de fibra de coco con una disposición de 90°-0°-90° entre capa y capa con una matriz de resina epoxi al 60% y fibra de coco al 40%.

2.1.1. Peso de las probetas

Según la metodología aplicada en esta investigación, el peso del material compuesto fue un factor de suma importancia a la hora de elegir el material idóneo para la construcción del carenado de la motocicleta eléctrica debido a la influencia directa que tiene en el consumo de batería y protección de los elementos motrices internos.

A continuación, en la Tabla 2. Se presenta un análisis de pesos de las probetas de los materiales compuestos en donde se determinó que el bio-compuesto menos pesado es el que esta reforzado con fibra de yute.

Tabla 2. Pesos de Materiales utilizados en la fabricación de una lámina de material compuesto de fibra de Cabuya.

Material compuesto	Matriz de resina epoxi	Fibra vegetal	total
Yute	6,74 g	2,43 g	9,17 g
Coco	12,37 g	9 g	21,37 g
Cabuya	12,37g	9,75 g	22,12g

2.1.2. Matriz de decisión

El objetivo principal de realizar la matriz de decisión es evaluar las propiedades del material compuesto y, en base al mejor ponderado, seleccionar el bio-compuesto ideal que cumpla con los requerimientos de acuerdo a nuestras necesidades.

Para la selección del material ideal, se tomó en cuenta varios factores de vital importancia para la manufactura del carenado de la motocicleta, mismo que serán detallados a continuación en la Tabla 3.

Tabla 3. Matriz de decisión para el material compuesto con 3 capas de fibra de cabuya y refuerzo con resina epoxi

Matriz de decisión del material compuesto			
Factores críticos	Fibra de yute	Fibra de coco	Fibra de cabuya
Peso	9	7	6
Tenacidad	7	10	9
Carga	7	10	9
Costo	9	7	8
Accesibilidad	9	2	9
Impacto ambiental	9	9	9
Mecanizado	8	7	7
Total	62	52	57

Los factores son características que fueron tomadas en cuenta como puntos de mayor importancia para la fabricación del carenado del ciclomotor. El valor más alto de la tabla de decisión es 62 perteneciente al material compuesto de fibra de yute, por lo que fue el material elegido para esta aplicación.

2.2. Diseño de los carenados

El diseño de la motocicleta Super Soco TC Max y sus alternativas debe estar regida a las medidas originales del vehículo para que se acople a las características morfológicas respecto a peso y estatura de una persona promedio, por lo cual también se procederá al diseño de un Dummy. A continuación, en la Tabla 1 se muestran las medidas originales de la motocicleta eléctrica, que nos ayudaran a establecer una estructura para el diseño de los carenados propuestos.

Tabla 1. Dimensiones de la Motocicleta Super Soco TC Max

Medida del Vehículo	Dimensión
Largo	1982 mm
Ancho	740 mm
Altura	1031 mm

En el proceso de modelado de las geometrías es fundamental concebir una estructura y sistemas complementarios de la motocicleta lo más original posible, sumado a la creación de un modelo geométrico del cuerpo humano que lo denominaremos “Dummy”, que permitirá evidenciar la postura y el acople de los carenados propuestos (Fig.2).

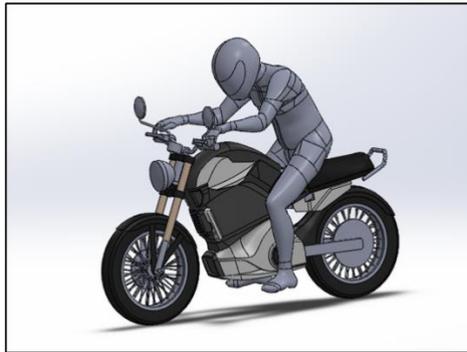


Fig. 2. Modelo Original y Dummy.

El enfoque del diseño está encaminado en conseguir características relevantes como: crear carenados más livianos, aerodinámicamente eficientes y que no interfirieran en las operaciones del tren motriz [9].

De este modo, el software CAD SolidWorks fue empleado para el modelado de las diferentes geometrías de carenado. El desarrollo fue a partir del manejo de superficies limitantes, planos y extrucciones tomando como referencia fotografías y diseños previos para la consolidación de los modelos.

Finalmente se realizó un renderizado por cada modelo donde se obtiene un resultado real y sus acabados son de mejor calidad, como se a continuación.



Fig. 3. Diseño y renderizado del Modelo Q

En la Fig. 3 se muestra el Modelo denominado “Q” inspirado en un diseño conservador, complementando con un carenado frontal, mostrando un estilo chopper conjugado con un conjunto de líneas vanguardistas.



Fig. 4. Diseño y renderizado del Modelo R.

En este modelo se presenta un carenado mucho más sencillo y liviano, ya que se ha simplificado el carenado lateral con la finalidad de obtener una mejor recirculación del fluido (aire) y reducción de peso como se puede visualizar en la Fig. 4.



Fig. 5. Diseño y renderizado del modelo S.

Para este diseño, se ha tomado en cuenta cierta personalidad en el carenado lateral como se puede visualizar en la Fig. 5, tomando en cuenta que es una zona muy importante ya que se enfoca en la reducción del área frontal y protección de las pantorrillas del flujo de aire directo al conductor.

2.3. Simulación

Luego de obtener los cuatro diseños y sus respectivos renderizados, se procede a realizar un análisis de elementos finitos por medio del software ANSYS, siguiendo los pasos y etapas que se presentan a continuación en la Tabla 4.

Tabla 4. Proceso para la simulación CFD.

Etapas	Actividades
Pre-Proceso	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Correcciones de superficie de los modelos. ✓ Exportación de geometrías en formato parasolid CFD. ✓ Determinar dominio computacional o túnel de viento
Proceso	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Establecer áreas inlet (entrada) y outlet (salida) del fluido. ✓ Establecer superficies que delimiten el dominio computacional. ✓ Validación de Malla ✓ Establecer condiciones de frontera
Postproceso	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Generación de resultados

Se debe crear un área de estudio que simule el espacio por donde se desliza el fluido (aire), las dimensiones de este campo serán: 3 metros de largo, 1,5 metros de ancho y 1,8 metros de altura; como se indica en la Fig. 6, el dimensionamiento es determinado por los autores con la finalidad de que el resultado sea legible.

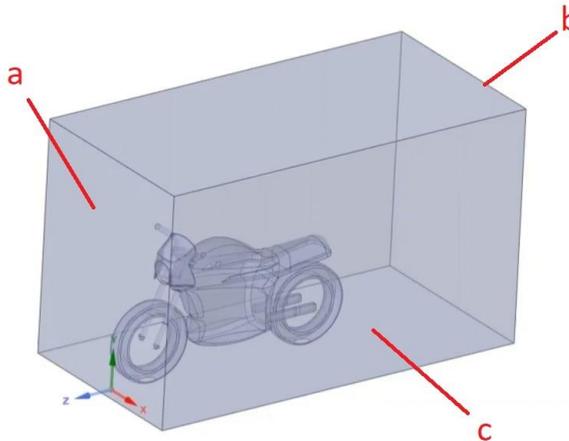


Fig. 6. Medidas del dominio computacional

A continuación, en la Tabla 5 se identifican las secciones con sus respectivas condiciones de frontera que servirán para los posteriores análisis de resultados

Tabla 5. Condiciones de frontera.

Lado	Condición de frontera
a	Entrada del fluido (Inlet)
b	Salida del fluido (Outlet)
c	Paredes del túnel

La calidad de malla adecuada permite garantizar resultados fiables y certeros, en nuestro estudio para evaluar la malla de los 4 modelos se tomó en cuenta el criterio de Skewness obteniendo los resultados presentados a continuación.

En la geometría del Modelo Original se puede identificar un mallado de 0,038 a 0,947 como se indica en la Fig. 7 cumpliendo con los valores permisibles según el criterio de Skewness, obteniendo una malla “aceptable”.

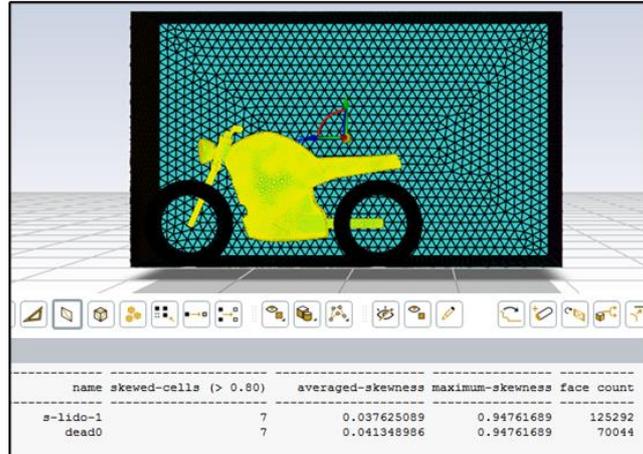


Fig. 7. Mallado y Valores Skewness para modelo original.

Como se indica en la Fig. 8 para el Modelo Q, se obtuvo un mallado según el criterio de Skewness de 0,035 a 0,877, definiendo a la malla como “aceptable”.

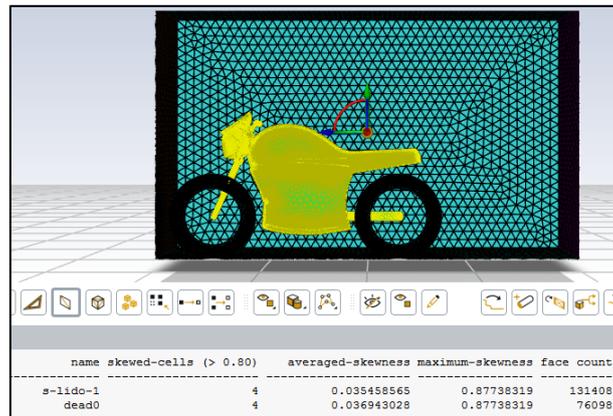


Fig. 8. Mallado y Valores Skewness para modelo Q.

En la Fig. 9 se muestra los valores respecto al criterio Skewness del mallado correspondiente al Modelo R, cuyos valores son de 0,035 a 0,884 definiéndola como “aceptable”.

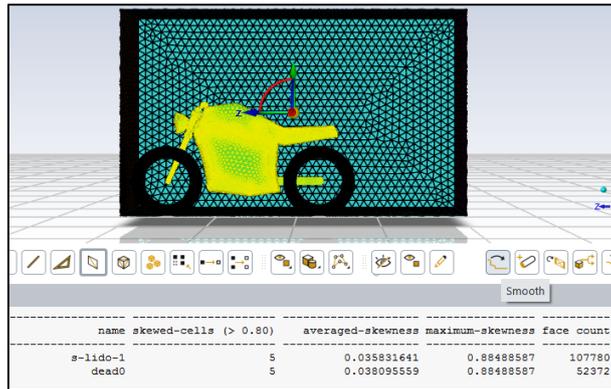


Fig. 9. Mallado y Valores Skewness para modelo R.

Para la geometría del Modelo S como se muestra en la Fig. 10 se obtuvo unos valores entre 0,034 a 0,92 definiendo a la malla como “aceptable”.

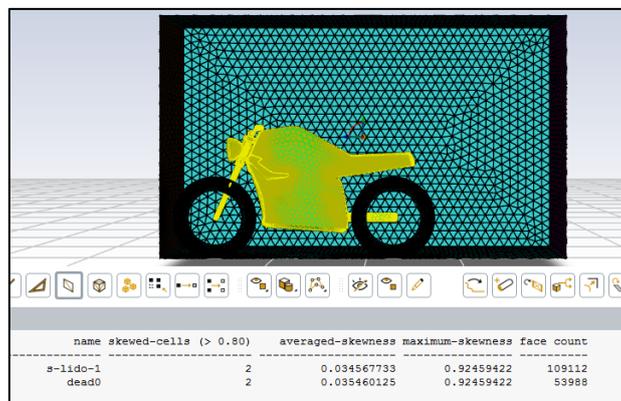


Fig. 10. Mallado y Valores Skewness para modelo S.

A continuación en la Tabla 6 se puede observar las características del fluido (aire) como son la presión, densidad y viscosidad y las áreas frontales de los 4 modelos.

Tabla 6. Propiedades del Fluido

Parámetro	Valor	Unidad de medida
Velocidad	60 - 100	km/h
Presión Atmosférica	1	atm
Densidad	1,184	kg/m ³
Viscosidad	1,849 × 10 ⁻⁵	kg/m*s
Área frontal	Modelo Original: 0,241 Modelo Q: 0,289 Modelo R: 0,239 Modelo S: 0,236	m

3. Análisis de Resultados

En este apartado se presentan los resultados obtenidos del análisis aerodinámico de los cuatro modelos del carenado para la motocicleta Super Soco TC Max a dos velocidades (60km/h-100km/h) en el programa de dinámica computacional (CFD), en el cual se consideró la fuerza, presión y velocidad aerodinámica como puntos principales de

estudio en el carenado del ciclomotor en el cual se tiene mayor incidencia de flujo de aire en un ciclo de conducción, cuyos resultados se presentan a continuación.

3.1. Análisis de la simulación en el carenado modelo “S” a 60km/h

3.1.1. Presión del fluido

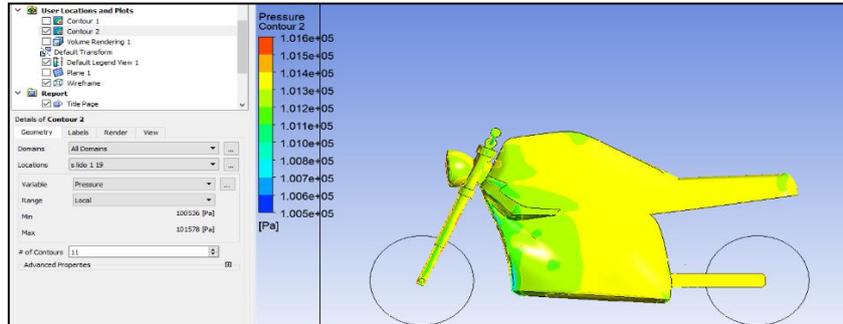


Fig. 6 Análisis de la presión total ejercida por el fluido en el carenado del modelo “R” a 60km/h.

Presión máxima ejercida en el área frontal a 60km/h (16,62m/s) es 78,30 Pa.

3.1.2. Velocidad de flujo de aire

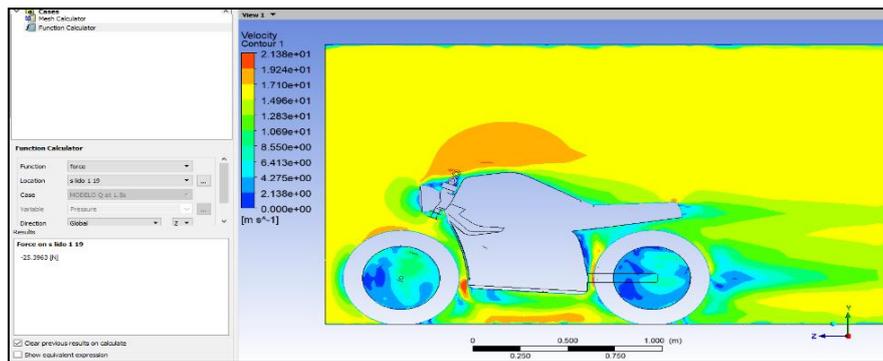


Fig. 7 Análisis de la velocidad y comportamiento del fluido en el modelo original a una velocidad de 60km/h.

Velocidad máxima alcanzada por el fluido a 60km/h (16,62m/s) es igual a 19,24m/s.

3.1.3. Fuerza aerodinámica

El valor de la fuerza de arrastre aerodinámico (F_{ad}) a 60km/h es 18,01 N, misma que fue calculada en el sólido por el programa CAD.

3.1.4. Coeficiente de arrastre

Para el cálculo de arrastre se usó la siguiente fórmula en función con los parámetros detallados a continuación:

$$Cd = \frac{2 * Fa}{A * \rho * v^2}$$

Datos:

F_{ad} = 18,01 N

A = 0,24 m²

ρ = 1,184 Kg/m³

$$v = 16,62 \text{ m/s}$$

El Cd obtenido a través del cálculo es 0,48

3.2. Resultados de la simulación de los modelos “ORIGINAL”, “Q”, “R” y “S”

En la Tabla 7 se presenta los resultados del análisis aerodinámico del modelo original y los denominados “Q”, “R” y “S” a 60km/h (16,62m/s) y 100km/h (27,700m/s).

Tabla 7 Resultados del análisis aerodinámico del modelo “ORIGINAL”, “Q”, “R” y “S” a 60km/h-100km/h.

Parámetros	Velocidad km/h	Modelo Original	Modelo “Q”	Modelo “R”	Modelo “S”
Fuerza de arrastre aerodinámico (N)	60	25,396	31,421	23,861	18,012
	100	67	79,90	60,87	54,39
Coeficiente de arrastre aerodinámico	60	0,64	0,66	0,60	0,47
	100	0,61	0,60	0,55	0,52
Presión en el área frontal (Pa)	60	105,81	108,34	99,42	78,31
	100	279,51	275,51	253,62	236,47

En la tabla 7 se puede visualizar los resultados de los análisis CFD de los parámetros considerados en este estudio a 60km/h y 100km/h, en donde se visualiza que el comportamiento del modelo “S” es mucho mejor con relación a los otros diseños analizados.

4. Conclusiones

- En base a la indagación bibliográfica de estudios realizados acerca de los materiales compuestos, específicamente de las caracterizaciones de fibra vegetal de coco, yute y cabuya, así como sus configuraciones y características para la aplicación y sustitución de materiales del PP+EPDM+T10 en la fabricación de piezas automotrices. Se utilizó la matriz de decisión para determinar que, debido a sus propiedades mecánicas, fácil acceso, gran resistencia y reparación en caso de fractura, la fibra de yute es una alternativa ideal para la fabricación del carenado de una motocicleta. La configuración idónea del material para esta aplicación fue una fracción volumétrica del 70% de resina epoxi, y un 30% de material de refuerzo con tejido tipo sarga de fibra de yute, cuya orientación de entre capa y capa es de 90°-0°, donde las propiedades mecánicas presentadas fueron características suficientes para su aplicación en la industria de autopartes, específicamente, en la fabricación del carenado para una motocicleta eléctrica.
- Se modeló la motocicleta Super Soco TC Max en el Software CAD SolidWorks con su carenado original y tres geometrías que corresponden a las alternativas de carenado, denominadas Modelo Q, R y S respectivamente. Los modelos fueron concebidos a partir de diseños previos que nos permitan reducir el peso y mejorar la aerodinámica del vehículo, posteriormente se realizó un renderizado de cada modelo mejorando su aspecto y dando una apariencia más realista.
- Se analizó el modelo original y sus respectivas alternativas de carenado mediante el software de simulación ANSYS respecto a dos velocidades (60 km/h y 100 km/h) que representan el modo de conducción 1 y 3 de la motocicleta Super Soco TC Max; consiguiendo un coeficiente de arrastre en el Modelo Original igual a (0,64, 0,61) respectivamente; y determinado al Modelo S como la mejor alternativa de carenado en función al coeficiente de arrastre aerodinámico en los modos de

conducción 1 y 3 obteniendo los valores (0.47, 0.52) respectivamente, logrando una reducción promedio de 20,66%. De la misma forma se efectuó un estudio comparativo de la fuerza de arrastre aerodinámico y la presión en la cara frontal, determinando de la misma forma al Modelo S como la mejor alternativa; finalmente se estableció que esta geometría permite reducir la fuerza de arrastre aerodinámico en un promedio de 25,69 % y la presión en la cara frontal en un 20,65%, haciendo viable su construcción.

- Se procedió a construir la mejor alternativa de carenado (Modelo S), mediante el proceso de estratificación manual, por las ventajas que ofrece respecto a bajos costos, accesibilidad de materiales y facilidad de manufactura; el diseño construido nos permite obtener una configuración que reduce el impacto medioambiental a la hora de su degradación y un diseño aerodinámicamente eficiente que merma el esfuerzo del vehículo para trasladarse logrando de este modo aumentar la autonomía de la motocicleta Super Soco TC Max. Finalmente, se realizó una comparativa de propiedades físicas como volumen, masa y densidad del Modelo de carenado original y la mejor alternativa de carenado (Modelo S) concluyendo que la propuesta de carenado S es más pesado y denso, sin embargo, su volumen es menor.

Referencias

- [1] P. Díez, “Principios básicos del vehículo eléctrico,” pp. 1–77, 2019.
- [2] O. Torres, A. Vallejos, and J. Sierra, “Alternativa producción de material reciclado PET en la ciudad de Ibarra, Ecuador,” *45.238.216.13*, vol. 5, pp. 489–499, 2018, [Online]. Available: <http://45.238.216.13/ojs/index.php/EPISTEME/article/view/1499>.
- [3] F. López Vidal, “DISEÑO , CÁLCULO Y FABRICACIÓN DE UN CARENADO DE MOTOCICLETA Agradecimientos,” vol. 0, no. 0, p. 60, 2018.
- [4] E. Alvarez, “SELECCIÓN DE MATERIALES Y PROCESOS DE MANUFACTURA PARA EL CARENADO DE UN VEHÍCULO DE TRACCIÓN HUMANA,” *Procede del Padre y del Hijo*, pp. 26–27, 2016, doi: 10.3726/978-3-0352-0094-2/1.
- [5] N. Garía, H. Arocha, and J. Lorenzo, “ANÁLISIS AERODINAMICO DEL CARENADO DE UNA MOTO PROTOTIPO USANDO TECNICAS EXPERIMENTALES,” *IV Congr. Anu. Ing. ASME USB 2005*, vol. 0, no. June 2005, pp. 3–6, 2015.
- [6] R. J. Naranjo Santiana, “TECNOLOGÍA DE MANUFACTURA DE CARROCERÍAS DE VEHÍCULOS TIPO GO-KARTS CON EL USO DE MATERIAL COMPUESTO DE MATRIZ EPOXI CON FIBRA BIODEGRADABLE YUTE,” *Univ. TÉCNICA AMBATO*, vol. 0, no. 0, p. 23,26,38,39,40,41, 2021.
- [7] J. Leguisamo, “Caracterización de un material compuesto de fibra de coco y matriz.pdf,” *Sci. Res.*, vol. 3, no. 2528–8083, pp. 7–11, 2018.
- [8] L. Ponce, “Caracterización de un material compuesto a base de Resina Epóxica reforzado con fibra de cabuya comparado con la misma resina reforzado con fibra de caña de azúcar,” pp. 86–87, 2020, [Online]. Available: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10299>.
- [9] U. D. E. L. Azuay, “FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA,” 2021.