



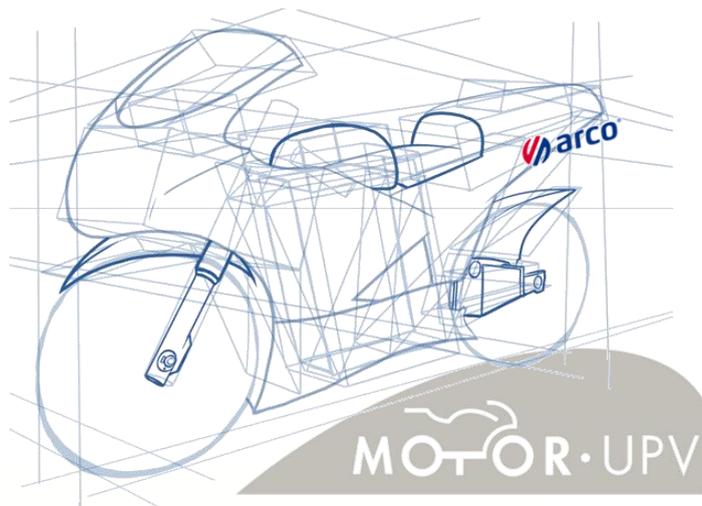
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Universitat Politècnica de València

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Rural y
del Medio Natural.

Grado Ingeniería Forestal.

DISEÑO, FABRICACIÓN Y ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO
DE UN PROTOTIPO DE MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN A
TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE ELEMENTOS
BIODEGRADABLES EN PARTES NO ESTRUCTURALES A
PARTIR DE FIBRAS VEGETALES Y BIORESINAS.



Escuela Técnica Superior
de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural

Autor: Antonio Molina Garrido.

Tutor: Juan Bautista Torregrosa Soler.

Cotutor: José Martínez Casas.

Valencia, 8/06/2020

-Título: DISEÑO, FABRICACIÓN Y ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO DE UN PROTOTIPO DE MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN A TRAVÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE ELEMENTOS BIODEGRADABLES EN PARTES NO ESTRUCTURALES A PARTIR DE FIBRAS VEGETALES Y BIORESINAS.

-Resumen:

Ante el reto que nos presenta la industria en el sector de la automoción , que requiere de una intencionalidad sumamente innovadora y cambiante que se adecúe a las realidades económicas, sociales y tecnológicas que van sucediendo a cada temporalidad, y en vista del desafío que la competición Motostudent nos presenta al equipo MotoR- UPV school team no pude sino sumarme a la actuación requerida, versando las líneas de investigación del siguiente trabajo de fin de grado, en la aplicación de las técnicas y tecnologías interrelacionadas con los estudios de grado en ingeniería forestal, sus valores y principios, con la consecuente ética medioambiental, dando respuesta a los siguientes principios innovadores de los que se pretende demostrar bandera el equipo: Sostenibilidad, reducción de costes, reducción de peso y competitividad, procurando una recirculación de la economía mediante el uso de subproductos agroalimentarios reciclables y aplicaciones tecnológicas de vanguardia.

Para ello se demostrará a modo de innovación tecnológica, en prototipos de competición las siguientes premisa: Atender a la reducción de la huella de carbono tanto en la fabricación como en el posterior uso de motocicletas de competición, sustentado en base a la reducción de materiales susceptibles de emitir emisiones contaminantes por su procesado así como la reducción de los procesos energéticos tanto de fabricación como de manipulación, sustituyendo tales, por el uso en la fabricación de fibras vegetales y bioresinas en la fabricación de los mismos.

La motivación de dicho proyecto viene dada por la necesidad de atender a los residuos que se depositan tras los accidentes, muy proclives a darse en este tipo de competiciones que suelen darse rodeadas de parques naturales, quedando estos al descuido en dichos parajes. Por todo ello además se pretende extrapolar dicha idea tanto a otras disciplinas en las que su entorno viene siendo el medio natural tales como el motocross o el trial, así como en un último término la automoción general, pudiendo sustituirse muchas partes de las carrocerías exteriores por esta tecnología.

Así pues el objetivo en la reducción de la huella de carbono versa en la fabricación mediante fibras vegetales biodegradables y bio-resinas de piezas susceptibles a roturas y desgaste, tales como carenados propiamente dichos, tapones de protección, estribos reposapiés, protege cadenas etc, que en muchos casos los restos tras su desgaste quedan depositados en el terreno sin una recogida eficaz del residuo, o son fabricados en nylon y plásticos con grandes agentes contaminantes durante sus procesos de fabricación, con un gasto energético elevado.

En este trabajo se llevará a cabo el diseño, la caracterización de las propiedades de los diferentes materiales y la fabricación de componentes no estructurales de una motocicleta de competición, haciendo uso de fibras vegetales biodegradables como las fibras de yute, de coco y de plátano, junto a bioresinas. Los componentes no estructurales objeto de estudio en este trabajo han sido: carenado, estribos reposapiés, topes anti caída y protector de manetas.

-Summary:

Given the challenge presented by the industry in the automotive sector, which requires a highly innovative and changing intentionality that adapts to the economic, social and technological realities that are happening to each temporality, and in view of the challenge that competition Motostudent introduces us to the MotoR-UPV school team I could not but join the required action, dealing with the research lines of the following end-of-degree project, in the application of interrelated techniques and technologies with graduate studies in forestry, its values and principles, with the consequent environmental ethics, responding to the following innovative principles of which the team aims to demonstrate: Sustainability, cost reduction, weight reduction and competitiveness, seeking a recirculation of the economy through the use of recyclable agro- food by-products and technological applications of rdia.

To this end, the following premise will be demonstrated as a technological innovation, in competition prototypes: Attend to the reduction of the carbon footprint both in the manufacture and in the later use of motorcycles of competition, based on the reduction of susceptible materials of emitting polluting emissions for its processing as well as the reduction of the energy processes of both manufacturing and handling, substituting such, for the use in the manufacture of vegetable fibers and bioresins in the manufacture thereof.

The motivation of this project is given by the need to address the waste that is deposited after accidents, very likely to occur in these types of competitions that tend to be surrounded by natural parks, leaving them careless in these places. For all this, it is also intended to extrapolate this idea to other disciplines in which its environment has been the natural environment such as motocross or trial, as well as in a final term the general automotive, being able to replace many parts of the exterior bodies by this technology.

Therefore, the objective in reducing the carbon footprint is manufacturing biodegradable vegetable fibers and bio-resins of parts susceptible to breakage and wear, such as fairings, protection plugs, footrest footrests, chains etc ... that in many cases the remains after their wear are deposited on the land without an efficient collection of the waste, or are made of nylon and plastics with large pollutants during their manufacturing processes, with a high energy expenditure.

-Palabras clave: *diseño; motocicleta; fibras vegetales; huella carbono,biocomposites*

- Keywords: *design; motorcycle vegetable fibers; carbon footprint,biocomposites*

-Autor: Antonio Molina Garrido

- Curso 2019/2020

- Tutor: Juan Bautista Torregrosa Soler.

- Cotutor: José Martínez Casas.

- Valencia, 8/06/2020.

- Convocatoria 2020.

Agradecimientos:

Este proyecto va dedicado al carácter emprendedor que se respira en la Universitat Politècnica de València, a su perfil multidisciplinar, que fomenta el trabajo en equipo entre sus alumnos de distintas titulaciones y escuelas.

Por lo tanto es menester expresar un agradecimiento a los miembros del equipo MotoR UPV school team por su involucración y la dimensión que han dado al proyecto, a los impulsores del programa de desarrollo de talento Generación Espontánea, y mención especial al cotutor del presente trabajo, y tutor del proyecto académico MotoR UPV , José Martínez Casas, así como al tutor de este trabajo de fin de grado Juan Bautista Torregrosa, por apoyar y dirigir la consecución del presente estudio.

A su vez, es necesario nombrar a las empresas colaboradoras sin las cuales este proyecto no habría podido realizarse, la valenciana Válvulas Arco, y en el ámbito de los composites y fibras a Carbon Vice por el suministro de éstas.

Por último agradecer a la empresa Projar, por suministrar las fibras vegetales con la que realizar las diferentes pruebas, y a la ETSIAM por sus diferentes clases, en especial aquella en la que se hablaba de la regeneración de taludes mediante mallazos de yute, en unas obras del ave, de donde se fraguó la idea del presente TFG, y con la que después de darle vida un grupo de alumnos, lograron el 3er premio a la innovación y diseño de la motocicleta durante la competición internacional MotoStudent dentro de un campeonato Mundial de entre más de 70 equipos.



Imagen 0 Obra de regeneración de talud.

Índice general documentos:

Documento A – Memoria

Documento B – Anejo

Documento C - Pliego de condiciones

Documento D - Presupuesto

Documento E - Planos

Índice

A- Memoria	9
A.1.1 <i>Introducción: Finalidad y Objetivos</i>	9
A.1.2 Antecedentes.....	10
A 1.3 Componentes estructurales	11
A 1.4 Componentes no estructurales.....	18
A 1.5 Tipos de fibras, caracterización de plantas de procedencia	21
A.1.6 Análisis de alternativas para los diferentes sistemas funcionales de fibras vegetales	31
A 1.7 Diseño y producción	33
A 1.8 Verificaciones	43
A 1.9 Conclusiones	44
A 1.10 Bibliografía.....	46
B- Anejo.....	47
B.1 Tablas de resultados en casos de carga a utilizar en los cálculos estructurales....	48
B.1.1 Análisis Modal de Fallos y Efectos (AMFE) de diseño y evaluación de riesgos técnicos	48
B.2 Tabla Especificación de componentes que afectan al prototipo completo.....	49
B.3. Borrador de diseño (3D/2D), planos generales y restricciones geométricas.....	53

C-Pliego de condiciones57

D- Presupuesto 62

E- Planos67

Índice imágenes:

Figura A1.2.1 Ergonomía piloto.....	11
Figura A1.3.1 Chasis monoviga	11
Figura A1.3.2 Chasis doble viga multitubular acero	12
Figura A1.3.3 chasis híbrido.....	12
Figura A1.3.4 Chasis doble viga aluminio.....	13
Figura A1.3.5 Basculante aluminio	14
Imagen A1.4.1 Desarrollo aerodinámico tipo delfín	19
Imagen A1.4.2 fase 1 evolución carenado.....	19
Imagen A.1.4.3 carenado carreras años 60.....	19
Imagen A1.4.4 carenado carbono ktm moto3.....	20
Imagen A.1.4.5 carenado kevlar Honda moto3	20
Imagen A.1.4.1 Diagrama de fibras vegetales según su parte de extracción	21
Imagen A1.4.2 Planta corchorus capsularis.....	22
Imagen A1.4.3 Planta yute antes de extracción	24
imagen A 1.4.4 Vástago yute apilados.....	24
Imagen A1.4.5 secado de tallos de yute, extracción de la fibra.....	24
Imagen A1.4.6 planta cocos nucifera	25
Imagen A1.4.7 Fruto cocos nucifera humedecido	27
Imagen A1.4.8 Aireación y secado de la fibra.....	27
Imagen A1.4.9 Extracción de la fibra de cocos nucifera	27

Imagen A1.4.10 Compactación de la fibra de cocos nucifera.....	27
Imagen A1.4.11 Planta Musa Balbisiana	28
Imagen A1.4.12 Tallos Musa desechados	30
Imagen A.4.13 Extracción fibra Musa	30
Imagen A1.4.14 Aireación y secado fibra musa	30
Imagen A1.4.15 Muestra Yute	30
Imagen A1.4.16 Muestra Coco.....	30
Imagen A1.4.17 Muestra Plátano.....	30
Imagen A1.4.19 Muestra matriz “yute”	31
Imagen A1.4.20 Diseño carenados CAD	33
Imagen A1.4.21 Limpieza molde.....	34
Imagen A1.4.22 mallas fibra yute.....	35
Imagen A1.4.23 Aplicación bioresina sobre fibra vegetal en molde 1ºcapa	35
Imagen A1.4.24 Aplicación capas sucesivas fibra vegetal y bioresina sobe molde	36
Imagen A1.4.25 Acabado interior carenados de yute	36
Imagen A1.4.26 Acabado exterior gelcoat carenados de yute	36
Imagen A1.4.26 Lijado superficial	36
Imagen A.1.4.27 Imprimación	37
Imagen A1.4.28 Pintura.....	37
Imagen A1.4.29 Perforación para ensamblaje.....	38
Imagen A.1.4.30 Estribera yute sobre báscula	39
Imagen A1.4.31 Acabado final ensamblaje.....	42
Imagen B3.1 Boceto 2D con las dimensiones geométricas sobre el que se trabajará	53
Imagen B3.2 Modelado	54
Imagen B3.3 Ensamblaje	55

Indice de tablas:

Tabla A1.1 Piezas que conforman el cuerpo estructural	15
Tabla A1.2. Piezas que conforman el sistema motor y de admisión	15
Tabla A1.3 Piezas que conforman la línea de escape.....	16
Tabla A1.4 Piezas que conforman las estriberas y tijas	16
Tabla A1.5 Piezas que conforman las llantas y la transmisión	16
Tabla A1.6 Piezas que conforman las suspensiones	16
Tabla A1.7 Electrónica	17
Tabla A1.8 Accesorios	17
Tabla A1.9. Características mecánicas materiales	32
Tabla B1.1 Análisis Modal de Fallos y Efectos de Diseño y Evaluación de Riesgos Técnicos (I)	49
Tabla B1.2 Análisis Modal de Fallos y Efectos de Diseño y Evaluación de Riesgos Técnicos (II)	50
Tabla B.2 Piezas que conforman el cuerpo principal.....	50
Tabla B2.1 Sistema cuerpo principal	51
Tabla B2.2 Sistema cuerpo estructural	51
Tabla B2.1 Sistema motor y de admisión	51
Tabla B2.2 Sistema escape	51
Tabla B2.3 Sistema de estriberas y tijas.....	51
Tabla B2. 4 Sistema de transmisión.....	51
Tabla B2.5 Sistema de suspensión.....	52
Tabla B2. 6 Electrónica	52
Tabla B3.1 Restricciones geométricas básicas para el diseño del prototipo 2020	53

A- Memoria:

A.1. 1Introducción: Finalidad y Objetivos:

Con la finalidad de participación en el campeonato mundial MotoStudent, certamen en el cual universidades de todo el planeta, representadas por equipos de estudiantes de diferentes ingenierías, convergen en un proyecto multidisciplinar en la que se diseña, fabrica y compite con un prototipo de motocicleta de carreras tipo moto3, el cual además deberá llevar implementado una tecnología i+D desarrollada por los miembros del equipo.

Es por ello, el siguiente proyecto versa en el diseño, desarrollo y fabricación de tal prototipo, atendiendo sobre todo a la implementación de elementos no estructurales fabricados a partir de fibras vegetales, tales como carenados, reposapiés y elementos protectores, para lo que se caracterizarán además las plantas de procedencia de las fibras objeto de estudio empleadas en este proyecto, para dar con la fibra más adecuada. Además todos los componentes estructurales serán estudiados y seleccionados en base a criterios técnicos de dimensionado y adaptabilidad de los carenados fabricados en fibra vegetal, compensando así el balance de masas entre ambos.

La idea del proyecto surge de la necesidad de implementar tecnologías sostenibles, sustitutivas de los actuales plásticos, fibras de vidrio y metales ligeros, sumamente perjudiciales para el medio ambiente tanto en sus procesos de fabricación como en su tratamiento en el reciclaje posterior. Para ello, se tendrá en cuenta que *“los compuestos de fibra natural ofrecen propiedades específicas comparables a las de los compuestos de fibra convencionales.”* (Nabi Saheb et al., 1999).

La problemática se observa cuando se produce un accidente o deterioro de una pieza y esta se desprende en muchas ocasiones directamente a la cobertura terrestre, tardando en el mejor de los casos un centenar de años en su descomposición.

Si a esto le sumamos que la práctica deportiva del motociclismo se realiza habitualmente en circuitos inmersos en reservas naturales (Phillip Island Circuit, Australia), o que el mismo entorno natural ejerce de circuito como en las disciplinas motociclísticas de tierra (Motocross Circuito de Yatova, Enduro Altiplano de Requena, Dirt track en Algemesí Circuit de la Ribera) siendo que disciplinas en las que prima la prioridad competitiva

sobre cualquier otra variable, se descuida pues cualquier otro objetivo o finalidad que no ayude a dicho objetivo.

A tal efecto se pretende demostrar la misma fiabilidad y finalidad competitiva con el uso de tecnologías biodegradables salvando así esta alternativa.

Por ello el interés por el uso de fibras naturales de origen vegetal en este proyecto, como alternativa a composites de vidrio y pvc, es el objetivo principal, ya que desde el punto de vista medioambiental presentan características renovables y biodegradables muy interesantes.

Estas tecnologías además llevan implícito un menor coste energético en sus procesos productivos y producen un impacto económico y social positivo, mediante la recirculación de la economía con subproductos agroalimentarios que muchas veces son desechados por carecer de valor comercial, habiendo así un nuevo abanico de oportunidades, abriéndose a una posible industrialización de los procesos con estos nuevos usos de la materia prima.

A.1.2 Antecedentes:

Con el fin de la implementación de las fibras vegetales, como elemento sustitutivo de las actuales fibras de vidrio o de carbono, y para no perder las características propias de todo prototipo de motocicleta de competición que atienden a facilitar al deportista, “el piloto” , la optimización en el rendimiento de su máquina, a través de parámetros tales como el peso-potencia, entre muchos otros, se debe atender cuidadosamente que elementos elegir en el diseño y fabricación de la misma, al introducir las fibras que nos ocupan, para que estas en todo caso sumen en el propósito competitivo de la motocicleta y en ningún caso, puedan conferir problemas en este sentido.

Por ello se procederá a la elección los componentes estructurales, entre ellos el tipo de chasis entre sus diferentes alternativas, también se definirá el basculante, y por último se definirán los carenados donde se analizarán las alternativas entre las diferentes fibras propuestas, eligiendo aquella que case con los objetivos propuestos en cuanto a la optimización y rendimiento del prototipo.

Para la elección de componentes del prototipo de motocicleta que llamaremos científicamente MR-03 “Esperanza”, se tendrá en cuenta que para la evolución del motociclismo y sus motocicletas se tiene como constante la posición del deportista “piloto”, las variaciones geométricas de estas y el uso de nuevos materiales. Todos sus elementos deben actuar en armonía, creando un único elemento dinámico entre piloto-motocicleta, que está sometido a cargas. El propósito por tanto de atender cuidadosamente a la elección de los componentes tanto estructurales como no estructurales es el de dotar al prototipo la conjunción necesaria para que todos sus elementos actúen en su conjunto en armonía como un solo elemento.



Figura A1.2.1 Ergonomía piloto

A.1.3 Componentes estructurales:

Definiremos como componentes estructurales del prototipo de motocicleta aquellos que por su tipología, diseño y dimensionado, interfieran directamente en la motocicleta atendiendo a los criterios de resistencia de esta, y que dan forma a la misma. En ellos diferenciaremos el chasis, basculante, suspensiones, escape, entre muchos otros, además del motor.

- El chasis

El primer componente que se estudiará será el chasis, pudiendo ser éste de tipo monoviga o doble viga. En este caso la opción seleccionada resulta la doble viga dada su versatilidad, su comportamiento dinámico y fiabilidad estructural ante esfuerzos mecánicos. El monoviga por tanto queda descartado, ya que para el prototipo que nos ocupa resulta demasiado tosco.



Figura A1.3.1 Chasis monoviga (Fuente Wordpress)

Atendiendo a los chasis doble viga nos encontramos el del tipo multi-tubular en acero, destacando entre sus características su facilidad en la fabricación y soldadura, una mayor rigidez frente doble viga en aluminio, y presentándose como una opción más económica dado su precio de mercado. No obstante resulta más pesado.



Figura A1.3.2 Chasis doble viga multitubular acero.(Fuente KTM parts)

Otra opción resulta el chasis doble viga de carbono, el que está dotado de menor peso dada la ligereza de sus materiales, no obstante es aquel que conlleva unos mayores costes de fabricación dado el precio de mercado, y el proceso de fabricación más complejo, además de caracterizarse por su fragilidad frente al impacto, algo muy común en la finalidad de dichos prototipos.

También existe el chasis híbrido multitubular – dobleviga de aluminio. Actualmente se encuentra en fase experimental y sus costes de fabricación son altísimos y su proceso de fabricación altamente laborioso.



Figura A1.3.3 chasis híbrido (Fuente Red Bull KTM)

Por último encontramos la opción de chasis doble viga fabricado en aluminio, el cual con un buen diseño y el adecuado proceso de fabricación y soldadura, se postula como la

mejor opción atendiendo a los factores de peso, rigidez y comportamiento dinámico que es lo que más nos preocupa en este caso, dado que la ubicación de un carenado no comercial, prototipo formado por fibras vegetales, se presupone algo más grueso y pesado que uno comercial ad hoc para el modelo probado y testado, además de su precio contenido a la hora de fabricación (documento D **presupuesto**). En consecuencia el chasis elegido para el prototipo MR-03 será del tipo doble viga en aluminio, indicado en la **tabla A1.1**, ya que con la reducción de peso lograda frente a otros tipos de chasis, tiene cabida el encaje de carenados de fibra vegetal, manteniendo el equilibrio en el peso total del prototipo.



Figura A1.3.4 Chasis doble viga aluminio.

- **El basculante:**

Otra de las partes estructurales del prototipo es el basculante, de vital importancia ya que chasis y basculante deben trabajar en perfecta armonía para no tener problemas con el ajuste de la cadena de transmisión secundaria ni con el sistema de amortiguación trasero y bielismo. El basculante puede ser de dos tipos: monobrazo o doble brazo. El tipo monobrazo, aunque presenta una gran apariencia física, su peso más elevado y su difícil fabricación hacen que se descarte esta opción. *Por lo tanto, en el presente proyecto se opta por el basculante doble brazo fabricado en aluminio*, referenciado en la **tabla A.1.1** la variante más utilizada por la mayoría de marcas de motocicletas que han existido y existen a día de hoy. Este basculante confiere un menor peso a la parte trasera de la motocicleta y una mejor distribución del mismo, así como un proceso de fabricación más sencillo, además de permitir mayor espacio para la ubicación de estriberas prototipo de material compuesto con fibra vegetal, que debido al moldeado artesanal, se presuponen acabados más gruesos e uniformes conferidos por las resinas, que unas procedentes de mecanizado industrial en aluminio o acero.



Figura A1.3.5 Basculante aluminio.

- **Sistemas de suspensión:**

En lo que confiere al apartado de suspensiones, existen diferentes opciones.

Entre ellas, podemos destacar las horquillas convencionales, las horquillas invertidas (las más usadas en competición), telelever, paralever, duolever y basculante delantero.

Las horquillas invertidas presentan un mejor comportamiento en pista, pues aportan más rigidez a torsión impidiendo el giro de torsión en el puente de la horquilla, además de una mejor puesta a punto de las mismas. Buscando el equilibrio y por todo ello, se opta por el montaje de suspensión delantera basada en horquillas invertidas. Debido a la implementación del carenado proyectado en este proyecto de ingeniería, conformado por bioresina y fibra vegetal, se presupone un mayor peso de carga en el tren delantero con respecto al trasero, hecho que asiente dicha elección. Referente a la suspensión trasera se incorpora un amortiguador hidráulico con regulación de la precarga del muelle, compresión, extensión y rebote.

-Sistema eléctrico:

La parte eléctrica y electrónica es de vital importancia para evitar ciertos problemas en el encendido, garantizar la funcionalidad de los sistemas de información para el piloto y aquellos destinados a la adquisición de datos relativos a parámetros del motor y comportamiento de la motocicleta. Esta parte además comprende el cableado del prototipo, diferentes sensores y los diversos componentes presentes en las motocicletas como la bomba de gasolina, la bobina de encendido, la pipa de encendido, la batería, etc, en los que hay que prestar especial atención al material empleado en los carenados de la motocicleta, ya que podría producirse un cortocircuito o efecto inesperado por mala colocación de una masa, debido a las propiedades conductoras del material implementado en los carenados. Dado que las fibras vegetales que se propone realizar son poco o nada conductoras de la electricidad y para evitar posibles efectos electrostáticos o errores de funcionamiento, se opta a instalar un cableado simplificado de competición recubierto por cinta aislante, y dispuestos sus elementos y masas directamente al chasis como se define en la **tabla A1.7**

- Componentes estructurales seleccionados:

Tabla A1.1 Piezas que conforman el cuerpo estructural

	<p>Chasis: Se realizará un diseño de chasis doble viga adaptado a los condicionantes técnicos del motor proporcionado, para su fabricación en CNC y aluminio 6061, adecuado a las aplicaciones competitivas y esfuerzos dinámicos preformados. <u>Será de diseño y fabricación propia.</u></p>
	<p>Basculante: Se elaborará el basculante en conjunción al diseño del chasis, de tipo doble brazo con cuna inferior, en aluminio 6061 y hueco en su interior para conferir un menor peso. Para ello se tendrá en cuenta el tiro de cadena, amortiguador trasero y características geométricas prediseñadas. <u>Será de diseño y fabricación propia.</u></p>

Tabla A1.2. Piezas que conforman el sistema motor y de admisión

	<p>Embrague: Se instalará un embrague tipo antirebote <u>comercial</u>, manteniendo el tipo original.</p>
	<p>Cuerpo inyección: El cuerpo de inyección será de <u>diseño y fabricación propia</u>, con los sensores originales acoplados.</p>

Tabla A1.3 Piezas que conforman la línea de escape

	<p>Colector: El colector será de <u>diseño y fabricación propia</u> en acero inoxidable.</p>
	<p>Silencioso: El silencioso será de tipo <u>comercial pero de diseño propio</u>, desarrollado en colaboración con una marca comercial de escapes, en materiales ligeros como el titanio y el carbono.</p>

Tabla A1.4 Piezas que conforman las estriberas y tijas

	<p>Estriberas y palancas: Los reposapiés y palancas del prototipo serán de <u>diseño y fabricación propia</u>, combinando el corte por láser y las piezas mecanizadas rebajadas con el objetivo de la reducción de peso y la mejora de la ergonomía.</p>
	<p>Tijas: Las tijas que conformarán el prototipo serán de <u>diseño y fabricación propias</u>, en aluminio, rebajadas en su parte inferior, y pensadas para acoger un sistema de suspensiones tipo “horquilla invertida”.</p>

Tabla A1.5 Piezas que conforman las llantas y la transmisión

	<p>Llantas: Las llantas serán <u>comerciales</u>, en magnesio, buscando reducir la fricción e inercia de la motocicleta.</p>
	<p>Desarrollos y cadena: La cadena será de tipo <u>comercial</u> en aluminio con paso 415 y desarrollos compuestos por piñón y corona de paso igualmente de 415.</p>

Tabla A1.6 Piezas que conforman las suspensiones

	<p>Horquillas: Serán de tipo comercial, con especificaciones moto3, cartuchos interiores y muelles convencionales elegidos según fisionomía del piloto. <u>El pie de horquilla será de diseño y fabricación propia</u> según especificaciones técnicas de la pinza de freno J. Juan suministrada (100mm).</p>
	<p>Amortiguador trasero: En conjunción con el bielismo, se instalará un amortiguador trasero de <u>tipo comercial</u> para categoría Premoto3, con dureza de muelle según fisionomía del piloto.</p>
	<p>Amortiguador de dirección: <u>Elección comercial</u>. Los <u>casquillos y acoples</u> para su instalación <u>serán de diseño y fabricación propias</u>, en aluminio por CNC.</p>
	<p>Bielismo: El sistema de bieletas (Link) de la motocicleta será de <u>diseño y fabricación propia</u>, mecanizado en aluminio, en conjunción con el comportamiento dinámico estudiado durante los ensayos, acorde a los requerimientos técnicos del sistema de suspensión comercial elegido.</p>

Tabla A1.7 Electrónica

	<p>Quickshift: El sistema de cambio rápido semiautomático será de tipo <u>comercial</u>, descartando el sistema vlipper por elección del piloto.</p>
	<p>Cableado: La instalación eléctrica será la <u>original de la motocicleta</u>, simplificada para obtener únicamente los pines necesarios para el funcionamiento de la motocicleta, procedente de una ktm duke 390.</p>
	<p>Adquisición datos: El sistema de telemetría es de tipo <u>comercial</u>, compuesto por un dashboard para ofrecer al piloto la información de los sensores de temperatura, rpms, velocidad y tiempo por vuelta, así como los parciales por sectores (gps). Los sensores de suspensión delantero y trasero, tps apertura de gas, presión de freno delantero y velocidad de la rueda delantera estarán conectados a la expansión.</p>
	<p>Batería: Se instalará una batería de litio <u>comercial</u> de 12V, buscando alimentar tanto la instalación como los diferentes sensores conectados, tratando de optimizar el peso de la motocicleta.</p>

Tabla A1.8 Accesorios

	<p>Diábolos: De <u>diseño y fabricación propia</u> en impresión 3D y material PLA.</p>
	<p>Tapas de motor: Serán de tipo <u>comercial</u> y homologación FIM.</p>
	<p>Puño gas: Será de tipo rápido, cable corto y retorno automático, de tipo <u>comercial</u>.</p>

Una vez definidos los componentes estructurales se procede al ensamblaje de todos ellos, referidos en las tablas de la **A.1.1** a la **A1.7**, empezando por los elementos del chasis en este caso del tipo doble viga en aluminio y basculante anteriormente definido.

Siguiendo el objetivo de reducción de la huella de carbono en el proceso de fabricación, y con el objetivo de involucrar el menor coste energético en los mismos se propone la soldadura de las piezas que componen chasis y basculante mediante “**soldadura en frío**”. Este tipo de soldadura innovadora implica una reducción importante en la expulsión de gases dañinos a la atmósfera, y consiste en la alternancia en la secuencia frío-calor-frío-calor, por lo tanto el aporte energético en la fase de calor se ve reducido.

En la secuencia de frío se produce el momento de aporte de material sin aumento de temperatura, cuando se produce el contacto entre los 2 materiales aparece el momento en la secuencia del calor, produciéndose un cortocircuito que funde el material, retirando el hilo metálico y reduciendo el aumento de temperatura, acortando los periodos de calor únicamente a los de fundición. La soldadura se realiza con la ayuda de un potro en acero y se deja enfriar, evitando así posibles deformaciones en su construcción. El siguiente paso es seguir el orden de montaje y ensamblaje de los sucesivos componentes.

A.1.4. Componentes no estructurales:

Se diferencian como componentes no estructurales aquellos elementos definidos y considerados a estar sometidos a los movimientos de los componentes estructurales.

Tales elementos no soportan cargas cruciales del conjunto, y su modificación o remplazo no resulta crítica en el funcionamiento mecánico básico, pero si define el rendimiento final del prototipo. En tales componentes se incluye al grupo de carenados y estriberas.

- Carenados:

El carenado de la motocicleta es aquella parte no estructural exterior, que conforma su apariencia final, y afecta al deportista en su ergonomía y aerodinámica a la hora de acoplarse en la misma. También llamada carrocería, se diferencia de los automóviles en que en este caso no forman parte de su estructura principal ni está conformada por materiales pesados.

Durante décadas estos elementos estaban formados por piezas externas que servían para una función específica, tales como el depósito de gasolina, el sillín o silleta y placas laterales hechas en fibra de vidrio o termoplásticos cuando estos estuvieron más desarrollados para su producción a nivel industrial.

Con el tiempo la influencia de la aerodinámica ha obligado a estudiar formas con unos coeficientes aerodinámicos que otorgasen condiciones más ventajosas en cuanto la disminución de la resistencia con el aire (como se observa en **imagen A.1.4.1**), con la consecuencia de lograr mayor velocidad con la misma potencia y dando lugar a formas singulares como el carenado de tipo delfín desarrollado por un grupo de ingenieros italianos. En los inicios estos estudios se concentraron en el ámbito competitivo, dado

que la aeronáutica, resultaba estar en una fase incipiente, resultando ser el eje motriz de estas investigaciones.



Imagen A1.4.1 Desarrollo aerodinámico tipo delfín (fuente Museo Andorra)

Los primeros carenados de competición surgieron en prototipos destinados a romper récords de velocidad, siendo con formas extravagantes que no respondían a ningún otro fin.

Para las motos de circuito, en las carreras, estos accesorios aparecieron poco después. En los inicios se limitaban a pequeñas cúpulas en materias de vidrio o plástico situados en la parte frontal delante de los semi manillares, protegiendo algo al piloto de la resistencia con el aire. Poco después los carenados fueron cogiendo consistencia cubriendo toda la motocicleta en su parte frontal y posteriormente ampliándose a sus laterales, unidos a una quilla en su parte inferior y una silleta con forma aerodinámica para la descarga de las corrientes aerodinámicas.



Imagen A1.4.2 fase 1 evolución carenado (fuente Nieto)



Imagen A.1.4.3 carenado carreras años 60

En el mercado del motociclismo de competición existen infinidad de carenados atendiendo a diversos requerimientos, diversas aerodinámicas y necesidades, pero con una premisa común, atender a los criterios de robustez y peso adecuados, compuestos a su vez con diversos materiales, resinas y fibras.

Los materiales que se pueden encontrar básicamente son fibra de carbono (el más ligero) y fibra de vidrio (el más practicable). Aunque estos son los más utilizados en el mundo de la competición hoy por hoy, están apareciendo nuevas opciones como los carenados construidos con plásticos mediante impresión 3D.



Imagen A1.4.4 carenado carbono ktm moto3 Imagen A.1.4.5 carenado kevlar Honda moto3 (fuente MotoGP)

Estos se encuentran en constante evolución en la que equipos y marcas invierten ingentes cantidades de recursos en desarrollar nuevos prototipos que optimicen el rendimiento de las motocicletas.

Por tanto, se crea el caldo de cultivo adecuado para la introducción de fibras vegetales, confiriendo así a la pieza de un carácter biodegradable, suscitando interés dado su que estas fibras resultan más económicas en cuanto a la obtención de la materia prima, y el ahorro energético que supone en contraposición al proceso de fabricación tradicional que se viene empleando a tal efecto.

Teniendo en cuenta el tipo de prototipo del que se trata se valora que la opción más adecuada es conseguir unos carenados tipo Moto3 con la forma de KTM, Honda o Mahindra, en nuestro caso se va a proceder al estudio con la forma que se ajusta a los tipo HONDA NSF250, ya que los moldes de los que se dispone para su ensayo y fabricación pertenecen a este tipo

El objeto de estudio y prototipado consiste en realizar la fabricación en nuestro caso con compuestos biodegradables y bio-resinas.

A.1.5 Tipos de fibras, caracterización de plantas de procedencia.

- Caracterización:

Se va a realizar el estudio de las diferentes características de fibras de origen vegetal para seleccionar aquellas más adecuadas para emplearse como materiales compuestos y llevarse a la práctica en la fase de producción de muestras para los carenados y estriberas. Para ello se realiza un breve resumen de las características de las plantas, su hábitat, usos tradicionales y necesidades ambientales, ya que puede arrojar información acerca de su idoneidad o no, en la fase de selección de la fibra.

Los materiales compuestos: Los materiales compuestos o composites “son aquellos formados por dos, o más, materiales distintos que presentan algunas propiedades físicas determinadas superiores a las de los materiales que los constituyen” siguiendo la definición del Instituto Nacional de Educación Tecnológica (INET).

Por tanto la fase de fabricación partirá con la premisa de emplear como material aquél compuesto por la fibra vegetal, “gel coat” y bio resina (bioepoxi).

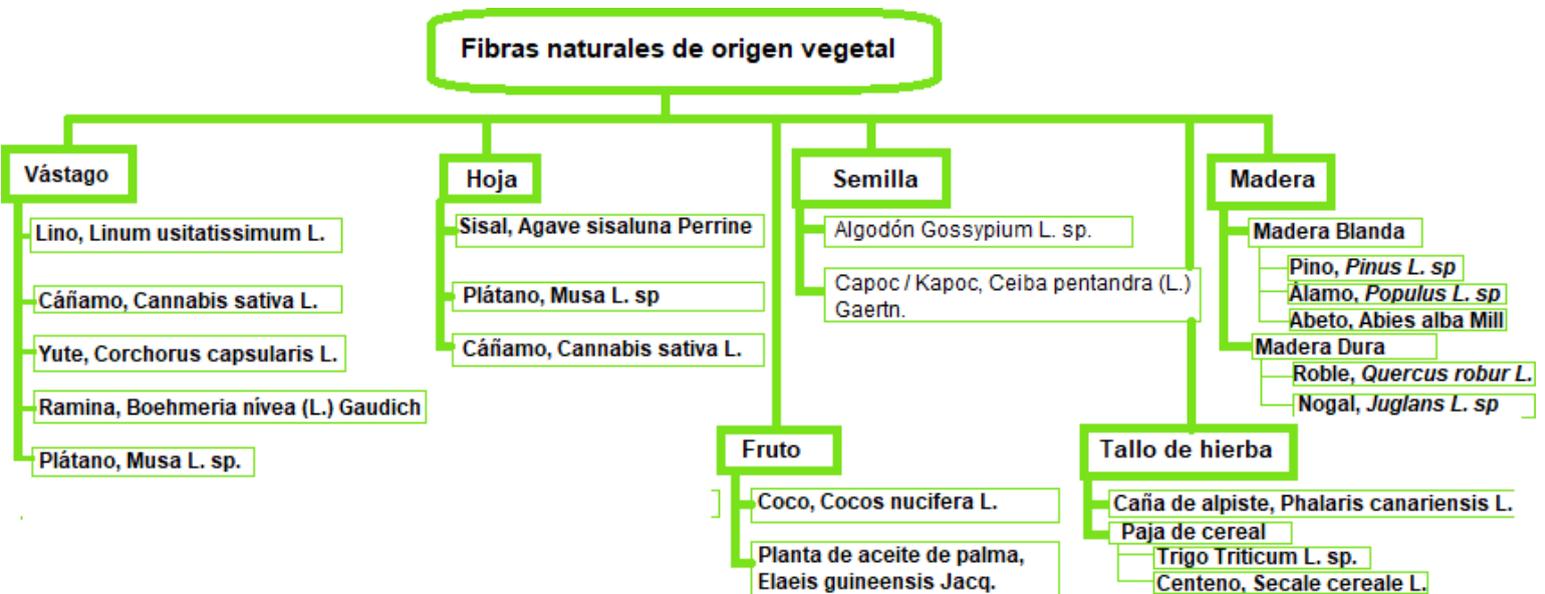


Imagen A.1.4.1 Diagrama de fibras vegetales según su parte de extracción.

Para ello se realizará la fabricación a escala y el estudio con 3 fibras propuestas, sean estas el Yute (*Corchorus Capsularis L.*) el Coco (*Cocos nucifera L.*) y el plátano (*Musa Balbisiana*), analizando sus propiedades mecánicas, físicas y su facilidad de obtención y coste, para determinar cuál se adecua más al diseño del prototipo en cuestión, donde se procederá a su fabricación.

“Los compuestos reforzados con fibra natural son un área emergente en la ciencia de polímeros. Estas fibras naturales son fibras de bajo costo con baja densidad y altas propiedades específicas”. (Nabi Saheb D et al, 1999).

Las siguientes fibras por consiguiente, *Corchorus Capsularis L.*, *Cocos nucifera L.* y *Musa Balbisiana*, son considerados subproductos agroalimentarios, dado que la industria agroalimentaria prioriza otros usos tradicionalmente, y su uso como fibra no es sino una revolución tecnológica incipiente y en fase de constante estudio y desarrollo. El interés que puede suscitar tras las pruebas experimentales y la fase de observación en el comportamiento de los materiales para su uso en el desarrollo de carenados de competición entrañaría un novedoso uso de dichos subproductos, que actualmente carecen de un valor significativo más allá de sus usos generales para alimentación, embalaje o paquetería, o algún otro valor residual.

Además, cabe reseñar que las fibras naturales estudiadas en el presente proyecto son renovables pudiendo éstas ser incineradas, además de haber presentado propiedades interesantes tales como, aislante térmico, aislante acústico, o aislante eléctrico, dada su disposición y su estructura a nivel microscópico. Tienen una baja densidad y un comportamiento mecánico aceptable a flexión y tracción. Por último, la facilidad en su obtención es un elemento claramente reseñable, su carácter cíclico, renovable, en su producción las hacen aún más interesantes, como señala Begun y Islam (2013).

Yute (*Corchorus capsularis* L.) :

Dominio: Eucariota

División: Magnoliophyta.

Familia: Malvaceae

Clase: Magnoliopsida



Imagen A1.4.2 Planta corchorus capsularis (Fuente ANTROPOCENE, 2009)

Hábitat: Resulta una ser una planta originaria de los trópicos, en humedales tropicales, sospechándose como primer origen en China, aunque actualmente se encuentra de forma generalizada en Asia, tanto en la India, extendida por África tropical y la región amazónica de Brasil. Esta planta está relacionada en zonas templadas y subtropicales cálidas. En los trópicos se puede llegar a ubicar en altitudes de hasta 2000 metros. Vive en regiones con temperaturas anuales entre los 20 y 38 °C, aunque pudiere tolerar entre los 12 y los 46 °C.

Descripción: Planta arbustiva con porte erecto, tallos rectos y delgados, sin ramificar, con una altura de hasta dos metros de altura, aunque pudiere alcanzar los 3-4 metros en situación de cultivo. Sus hojas son opuestas, lanceoladas y afiladas con bordes ranurados, de color verde a verde intenso. Sus flores son pequeñas de unos 2-3 cm de diámetro y amarillas. Sus frutos tienen forma globular, siendo capsulas que transportan muchas semillas.

Cultivo: Como hemos reseñado anteriormente, teniendo en cuenta que el hábitat natural del yute (*Corchorus capsularis L.*) está relacionado con los humedales tropicales, los cuales soportan una precipitación anual media de entre los 1.500 y 3.000 mm , aunque también es tolerable una precipitación entorno los 900 y 3.600 mm. En su fase de crecimiento es necesario contar con abundante agua.

Hay que tener en cuenta que se trata de una planta arbustiva cuya preferencia es de solana, en suelos fértiles y climas cálidos y húmedos. Cabe reseñar que el estadio joven de la planta, denota cierta sensibilidad al estancamiento de agua, no siendo así en su madurez en la que sí pueden tolerar condiciones exageradamente húmedas.

Su cultivo se comporta en ciclos anuales de recolección de la fibra entorno los 75-155 días después de la siembra, siempre atendiendo a diversos condicionantes como la variedad del mismo, pretendiendo obtenerse unos rendimientos de entorno 34 toneladas por hectárea de plantas verdes, de las cuales se puede lograr unas 2 toneladas por hectárea de fibra seca.

El ph del suelo óptimo para su cultivo oscila entorno a 7 con pequeñas oscilaciones, cultivándose a menudo en zonas enriquecidas con materia orgánica. Por tanto prefiere terrenos de tipo aluvial o arcillo-arenosos.

Su fase vegetativa es corta, pudiendo esta prolongarse en condiciones de días largos, pese a que son plantas diurnas cortas, pese a ello se siembran normalmente cuando la duración del día excede las 12'5 horas por motivos de producción.

La siembra suele realizarse entre los meses de Marzo a Junio, requiriendo que la tierra sea previamente arada y abonada, con espacios de 15 cm entre semilla y semilla.

La germinación se realiza entorno a los 2 o 3 días, tras ello la floración de la planta se da a los 3 – 4 meses . Dejando un mes de margen tras la floración y antes de la maduración del fruto . es cuando se realiza la corta de los tallos a la altura del suelo.

Hay que tener en cuenta que durante todos estos meses se requiere deshierbar la planta de una a tres veces, rastrillando además el suelo, como se intuye de ANTROPOCENE (2019).

Usos: Los usos del yute son varios y diversos, desde los más tradicionales como sustitutivo de las espinacas, o espesante en sopas, dada su cualidad proteica.

De sus tallos es de donde se produce la fibra, con propiedades altamente resistentes, de textura rugosa. De esta fibra tradicionalmente su destino productivo ha sido la fabricación de sacos y embalajes, bolsas, cuerdas, textiles, y más actualmente en la regeneración de taludes.

Extracción de la fibra: Para la extracción de la fibra de yute se emplean los tallos de la planta *Corchorus Capsularis*, cortados a la altura del suelo. Tras la corta se atan en haces, los cuales se llevan a secar. Una vez secos se retirarán hojas y ramas, en lo que se realizará el proceso de enriar los haces, separando las partes leñosas las propias fibras de yute, en un entorno con temperatura de 30°. Este proceso suele conllevar un periodo de 3 semanas, el cual resulta crucial su atención para determinar la calidad de la fibra y que está no resulte pegajosa y difícil de manipular. Finalmente se obtienen fibras de yute de entorno 1 a 4 metros de longitud con color blanco amarillento o castaño, tras lo que se acaban de secar y se comprimen en balas para su almacenaje y transporte, estando estas listas para su futura venta.



Imagen A1.4.3 Planta yute antes de extracción



imagen A 1.4.4 Vástago yute apilados



Imagen A1.4.5 secado de tallos de yute, extracción de la fibra

- Coco (*Cocos nucifera* L.):

Dominio: Eucariota.

División: Magnoliophyta

Familia: Arecaceae

Clase: Liliopsida



Imagen A1.4.6 planta *Cocos nucifera* L.

Hábitat: El origen de la planta resulta ser controvertido, ligado a la acción antrópica contribuyente a su expansión en la antigüedad, estableciendo su posible origen en el archipiélago indonesio y Sudamérica. Sin embargo su hábitat característico es en zonas costera de regiones tropicales. De forma característica se puede encontrar en zonas costeras de regiones tropicales con precipitaciones anuales entre 1300 y 2000 mm y en latitudes de hasta 600m sobre el nivel del mar según recoge Conti et al.(2005).

Descripción: Distinguiremos el *Cocos nucifera* L. por su tallo cilíndrico y delgado, con una altura entre los 20 y 40m cuyo diámetro puede alcanzar entre 50 y 60 cm en su base y

25-35 en partes superiores. El tallo termina con una corona de hojas grandes, siendo estas paripinadas de unos 4-5 m de largo, con base dilatada formando una gran vaina. Las flores son de pequeño tamaño y color amarillento en inflorescencias de espádices, protegidas externamente por una gran vena cóncava.

En cuanto a su fruto resultan drupas voluminosas con exocarpio combinado con endocarpio leñoso muy duro.

La semilla consta de la pulpa de la nuez, con una capa marrón delgada, adherida de forma estrecha un endoespermo rico en grasas llamado copra, formado este último por una capa espesa, formando a su vez una cavidad que contiene un líquido lechoso, comúnmente conocido como “agua de coco”. El embrión está envuelto por el endospermo en un extremo de la fruta. (Pignatti, 1982).

Cultivo: Para el cultivo de la palma de coco, y atendiendo al clima, se puede destacar que en un clima mediterráneo resulta posible su crecimiento en un invernadero cálido de aire confinado, provocando alta humedad ambiental y con luz filtración de la luz solar, fertilización y riego frecuentes, evitando el estancamiento de agua. Por tanto cabe destacar que las palmas de coco no son extremadamente exigentes con respecto a la naturaleza del suelo, no siendo así con la humedad y aireación que si resultan ser esenciales.

Usos: Un dato curioso que reseñar sobre esta especie y sus diversos usos, que explica su propagación a nivel global desde la antigüedad resulta de la capacidad del fruto, el coco, para flotar en el agua del mar, pudiendo así brotar incluso transcurridos más de 100 días inmersos, lo que concurre en desplazamientos de incluso 5000km, dando respuesta así a su expansión por el mundo al margen de la acción antrópica, como se refleja Treben (2000).

Por ello esta planta tradicionalmente se emplea de forma ornamental en condiciones óptimas para ello, consumo de cocos, tiene un uso extendido como aceite vegetal, fabricación de zócalos, jabones etc.

En uso industrial otro de los usos subproducto, resulta del procesamiento de la copra, harinas y alimentos para animales.

Además, el que más nos ocupa, a partir de las fibras del mesocarpio, se obtienen alfombras, cuerdas y tejidos.

También esta extendido su uso para la producción de vino y azúcares de palma, consumo de su savia fresca, producción de madera para mobiliario y para el consumo del agua de coco dadas sus propiedades nutritivas.

Extracción de la fibra: De la extracción de la fibra resulta un sustrato artificial extraído de su concha, cuyo uso en la agricultura está muy extendido y resulta de gran importancia. Para su extracción se ejecuta dejando a remojo el fruto, los cocos durante algunos días. Después y con la ayuda de un útil contundente se golpea estos hasta aflojar su parte exterior y así extraer su fibra, deshilachándola y dejándola airear hasta lograr su secado. Posteriormente se suele realizar un prensado para su embalaje.



Imagen A1.4.7 Fruto cocos nucifera humedecido.



Imagen A1.4.8 Aireación y secado de la fibra.



Imagen A1.4.9 Extracción de la fibra de cocos nucifera



Imagen A1.4.10 Compactación de la fibra de cocos nucifera

- Plátano rosado (*Musa Balbisiana*):

Dominio: Eucariota

División: Magnoliophyta

Familia: Musaceae.

Clase: Liliopsida.

Orden: Zingiberales.



Imagen A1.4.11 Planta *Musa Balbisiana*

Hábitat: Se localiza en Asia, originariamente en las regiones de China, en su forma salvaje. También es posible localizarla en Indonesia, India, Nueva Guinea, Filipinas y Tailandia. Cabe reseñar el crecimiento de la planta en las partes empinadas de bosques tropicales de hoja perenne, hasta elevaciones de 1100m.

Descripción: Nos encontramos ante una especie diploide, reconocida por sus hojas de gran tamaño y de porte más erecto que la *Musa acuminata*. Por tanto, resulta ser una planta herbácea monocotiledónea, de tallo corto y subterráneo con un pseudofusto originado por las bases foliares que la envuelven fuertemente, pudiendo alcanzar los 5 metros de altura y 30 centímetros en su base. Presenta un color amarillo verdoso con manchas punteadas ennegrecidas, según se deduce de Pignatti (1982).

El pseudofusto finaliza en un mechón de hojas que son oblongas-ovadas de hasta 3 metros de largo y 70 cm de ancho, de coloración verdosa. Su pecíolo está ranurado en la parte de arriba y resulta ser de hasta unos 70 centímetros de largo.

Las flores adquieren un color rojizo.

Sus frutos se encuentran en un pedúnculo de 1-2 cm de largo, siendo bayas de color grisáceo verdoso y azulado, amarilleados en su madurez. Contienen una gran cantidad de semillas globosas y presentan una falta de pulpa, considerándose poco comestibles.

Por la poliploidía aparecen naturalmente clones partenocarpicos que producen plátanos comestibles.

Su polinización es llevada a cabo principalmente por murciélagos, nectarinas y abejas.

Cultivo: La planta del plátano rosado se puede cultivar en áreas tropicales y subtropicales, sobre suelos fértiles, con buen drenaje, de carácter subácidos o neutros,

y ricos en potasio o magnesio, fertilizados a menudo, y con gran cantidad de agua en su momento de crecimiento óptimo. Se reproduce con facilidad tanto por división, semilla y retoños con raíces. Puede soportar períodos secos ligados al clima monzónico, con la consecuente disminución de su vegetación. En zonas templadas cálidas se puede tratar su cultivo, prolongando los tiempos de crecimiento, siendo estos más largos. En cuanto a sus temperaturas su proceso vegetativo se interrumpe alrededor de los 10°C, viéndose destruidas sus hojas por debajo de los 2°C y toda su parte aérea por debajo de los -4°C, aunque se reanuda su vegetación del rizoma en primavera. Es una planta cuyas hojas son muy sensibles al viento, destruyendo o dañando estas debido a su gran superficie y tamaño. En cuanto a sus tiempos de crecimiento varían en función del clima y sus condiciones particulares de cultivo, pudiendo ser estos desde los 6 hasta los 12 meses hasta que emerge la inflorescencia y de 3 a 10 meses desde la cosecha. Es necesario la eliminación de retoños para evitar su competencia con la planta madre, prestando atención a aquellos cuya viabilidad garanticen la sucesión de la producción según se señala ANTROPOCENE (2019)

Usos: Tradicionalmente el uso de la misma está ligado al cultivo aún si los frutos no son destinados a la alimentación, intuyendo que antiguamente incluso se empleaban estos frutos para dicho fin.

Se emplea con fines ornamentales dado el colorido que presenta y su porte.

También resulta de gran valor para estudios de mejora genética para la producción de plátanos comestibles, utilizándose como planta progenitora.

En algunos lugares también es empleada como forraje para el ganado, envoltorio de dulces locales, o medicina tradicional, como deduce de Treben (2000).

Extracción de la fibra: Como extraemos de Venkateshwaran y Elaya (2010), como solución textil, de la planta se puede extraer una fibra, considerada un residuo de la agricultura, extrayendo esta del tallo de la misma.

El proceso de obtención de la misma resulta pues de la recolección de los tallos desechados por los agricultores. En el caso de la musa se acentúa más ya que para que esta planta cada año debe ser cortada para que genere de nuevo el fruto, produciendo una enorme cantidad de residuos agrícolas, quedando desechados más de un 40% de sus tallos y por tanto desaprovechados.

Una vez extraída la fibra, se procede a un tinturado de la misma mediante pigmentos naturales, tras lo cual se procede al secado al aire de la fibra, y con ello ya es manipulable para los distintos fines que se puedan requerir.



Imagen A1.4.12 Tallos Musa desechados.



Imagen A.4.13 Extracción fibra Musa



Imagen A1.4.14 Aireación y secado fibra musa.

A.1.6 Análisis de alternativas para los diferentes sistemas funcionales de fibras vegetales:

En este apartado, se enumerará cada uno de los sistemas muestrales, compuestos por una unidad de fibra de yute, una de coco y una de plátano y se procederá a analizar las diferentes opciones que existen para cada uno de ellos, con el fin de adoptar la decisión más acertada para la implementación en el prototipo en cuestión.



Imagen A1.4.15 Muestra Yute



Imagen A1.4.16 Muestra Coco

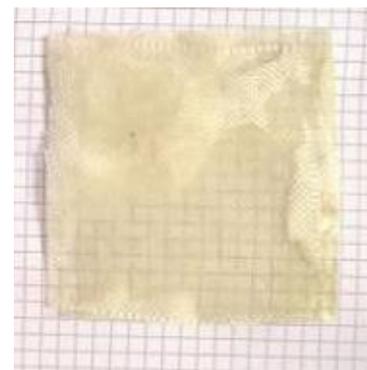


Imagen A1.4.17 Muestra Plátano

(Fuente Molina, 2015)

Para ello se han realizado 3 muestras de dimensiones todas ellas, 250mm de longitud x 25 mm de ancho y 3mm de espesor, según normativa ASTM D3039, que componen cada una de ellas un material compuesto, de matriz polimérica dada las características de los materiales, dando lugar a matrices con una alta tenacidad, alta resistencia a la corrosión y presentando una baja densidad. Además cabe resaltar su bajo coste y su baja resistencia mecánica.

Estas muestras por tanto se definen como materiales compuestos de matriz polimérica, estando los cuales constituidos por un polímero al que se añade una fase de refuerzo con fibras (Pan, 1993). A tal fin se suelen emplear 3 tipos de polímeros:

- Elastómeros: Son polímeros los cuales poseen una estructura molecular que dota de un comportamiento elástico y se presentan con abundante flexibilidad.
- Termoplásticos: Son polímeros que presentan sensibilidad a la temperatura, es decir que al aumentar su temperatura sufren una transformación con cambio de estado a líquido, lo que les confiere la posibilidad de moldeo acorde a las necesidades requeridas, conservando la forma al bajar la temperatura de nuevo.
- Termoestables: Resultan el grupo de las resinas, y son producidos a través de reacciones químicas, originando un material sólido y gran rigidez.

Es por ello que la matriz polimérica más adecuada y por tanto empleada resulta ser de las termoestables, encontrando en el mercado bio resinas con las características apropiadas, siendo la empleada bioresina CLR (bioepoxi) con endurecedor extra rápido CLX y gelcoat, presentando las siguientes características:

- Viscosidad mixta cPs: 580
- Tiempo de gelificación: 2 horas. (25°C)
- Catálisis completa: 7 días. (25°C)
- Proporción mezcla por volumen: 2:1
- Tensión de rotura: 60-120 mPa.
- Resistencia ante impacto: 5 – 50 J/m
- Densidad: 1,1- 1,3 g/cm³



Imagen A1.4.18 Resina Bio Epoxi CLR

Para su aplicación se ha empleado el sistema laminación/adhesivo/revestimiento.

Estas bioresinas, son las que confieren la posibilidad de denominar estas uniones como Biocomposite, están basadas en aceites vegetales, procedentes principalmente de soja y que permiten acuñar el término de biocomposite renovable y medioambientalmente sostenible dado el grado de biodegradabilidad que otorga a la pieza en su conjunto.

Una vez terminadas las 3 muestras con las diferentes fibras en conjunción con la resina bioepoxi, se analizan los datos de la siguiente tabla, en relación a sus características técnicas en cuanto a material y su comportamiento mecánico, atendiendo a su peso, gramaje, densidad, resistencia a la tracción y su módulo de elasticidad.

En cuanto a la resistencia a la tracción, medida en unidad de MPa, se hace referencia al máximo esfuerzo a tracción que el material podría soportar antes de colapsar y destruirse (rotura por tracción). En cuanto a la característica de módulo de elasticidad indica, atendiendo a su comportamiento elástico, a la relación entre la tensión y la deformación. Conociendo que la elasticidad del material es la propiedad mecánica que hace que los materiales sufran deformaciones reversibles por la acción de fuerzas externas aplicadas al mismo, y referido a todo lo anterior se adjunta la siguiente tabla referencial:

	Peso (g)	Gramaje (g/m²)	Densidad (g/cm³)	Resistencia a tracción (MPa)	Módulo de elasticidad (GPa)
Yute	12,2	310	1.46	672	44
Coco	16,49	2050	1.25	222	33
Plátano	14.35	175	1,35	550	20

Tabla A1.9. Características mecánicas materiales. (Salvador et al, 2009)

Tras observar las muestras y comparar la tabla reseñada según Salvador et al. (2009), y atendiendo a las propiedades mecánicas de las muestras, así como el acabado final logrado en las mismas, se descarta en un primer impasse la matriz polimérica compuesta por fibra procedente de *Musa balbisiana*, dado que durante el secado de la fibra, ya se observa que el proceso de impregnación de la bio resina a la fibra ha sido el más arduo de las 3 muestras reseñadas, además de presentar dificultades a la hora de su manejo o modificación. Ello sumado a que, observando a los datos de las características mecánicas de los materiales como se puede observar con los datos de la **tabla A1.9**, la fibra de musa es la que presenta el módulo más bajo, siendo muy poco rígida para el requerimiento al que se pretende destinar, descartándose pues su uso.

En un segundo estadio, se procede a la comparativa entre las matrices poliméricas compuestas por fibra de yute y fibra de coco, determinando, que dado el gramaje que presentan, en el caso de la matriz de coco, absorbe mayor cantidad de bio resina,

y atendiendo a las propiedades mecánicas de las muestras, así como el acabado final logrado en las mismas, se descarta en un primer impasse la matriz polimérica compuesta por fibra procedente de *Musa balbisiana*, dado que durante el secado de la fibra, ya se observa que el proceso de impregnación de la bio resina a la fibra ha sido el más arduo de las 3 muestras reseñadas, además de presentar dificultades a la hora de su manejo o modificación. Ello sumado a que, observando a los datos de las características mecánicas de los materiales como se puede observar con los datos de la **tabla A1.9**, la fibra de musa es la que presenta el módulo más bajo, siendo muy poco rígida para el requerimiento al que se pretende destinar, descartándose pues su uso.

En un segundo estadio, se procede a la comparativa entre las matrices poliméricas compuestas por fibra de yute y fibra de coco, determinando, que dado el gramaje que presentan, en el caso de la matriz de coco, absorbe mayor cantidad de bio resina, hasta completar su secado, aumentando considerablemente su peso y su coste económico al emplear mayor cantidad de material. En el proceso de secado también se observa que el periodo de tiempo necesario de secado en la muestra de coco resulta ser mayor que con respecto a la matriz formada por fibra de yute.

Por tanto, a partir de dicha comparación queda seleccionada la fibra de *Corchorus capsularis* L. como material para la elaboración de los materiales compuestos formados por fibra vegetal y bioresina que se producirán para elaborar los carenados, estriberas y protectores de la motocicleta.



Imagen A1.4.19 Muestra matriz "yute"

Tras haber realizado las 3 muestras y elegido la más apropiada para la fabricación, podemos además determinar que en el desarrollo de estos compuestos, se aprecia cierta incompatibilidad de las fibras en cuanto a su resistencia a la humedad, pudiendo reducir su potencial. Para ello se observa la necesidad de reforzar éstas con un tratamiento de gelcoat o bioresina para tratar de impermeabilizar así los compuestos reforzados, y evitar que se convierta en un problema crítico, ya que reduciría drásticamente sus posibilidades de uso, dejando incluso inoperativa las piezas fabricadas, en condiciones climatológicas de lluvia. Atendiendo a un análisis económico, tras el ensayo muestral, podemos realizar la comparativa de costes de lo que supone la realización de un carenado de Yute (*Corchorus Capsularis L.*) frente a las alternativas meramente comerciales a las que se pretende sustituir, (desarrollo de costes detallado en el documento *Presupuesto*).

Elementos empleados en la fabricación de carenados en cuanto a resinas y materia prima de fibra:

Bio Resina: 54,45€ 1,5kg.

Fibra Yute: 0,25 € /m²

Resina Epoxi : 32,04 € 1,5 kg.

Fibra Vidrio: 4,31 € /m²

Fibra de Carbono: 59,29 € /m²

Estos precios son de mercado, y han sido analizados sobre las mismas características de gramaje (300g) y dimensiones, de los cuales podemos determinar claramente que pese al mayor coste en la introducción de la bioresina bioepoxi, es claramente compensable con la reducción económica en la implementación de la fibra vegetal, dado que las diferencias como se observa son tremendamente elevadas. Podemos determinar que si el coste de un carenado similar al que nos ocupa realizado en fibra de carbono, oscila los 3000€ (precio catálogo KTM), uno de fibra de vidrio puede oscilar los 900€ (precio catálogo ITR componentes) , uno realizado en fibra de yute se podría realizar por precios cercanos a los 300€, siendo económicamente hablando muy ventajoso.

A.1.7 Diseño y producción:

- Diseño:

Para el diseño del carenado se tiene en consideración en primera instancia que los materiales seleccionados no se comportan de la misma forma que los materiales tradicionales utilizados en fabricación como los composites de fibra de carbono, kevlar o vidrio y los plásticos ABS, así que asumimos que partimos con un hándicap, que para solucionar tendríamos que utilizar mayor cantidad de material y de resina, por lo que el peso de nuestro carenado iba a ser superior en un primera instancia con respecto a algunos con otros materiales.

El primer paso en el diseño por ordenador será definir la forma que se quiere lograr en el carenado. Dado que diseñar un carenado desde cero es un trabajo arduo y laborioso al igual que difícil y costoso, ya que en competición los ingenieros especializados en carenados tardan meses de duro trabajo en desarrollar uno, se decide adaptar uno a partir de una honda de moto3, para lo que se realiza un pre diseño mediante la herramienta informática Solid Works, cuyos planos son exportables a formato CAD.

Teniendo así un carenado de Honda FTR conformado y prediseñado para los requerimientos que se precisan desarrollar.

Para ello se ha realizado un ensamblaje completo de todos los componentes reseñado en el ANEJO con el posterior análisis de lo que se requiere maximizar o minimizar, así como los bocetos previos en 2D y 3D. Se ha tenido en consideración las cotas generales de la motocicleta, mostrados en el plano 3, a la hora de validar el dimensionado de los moldes.



Imagen A1.4.20 Diseño carenados CAD (Fuente MotoR UPV)

- **Producción:**

Es por ello que tras el análisis muestral y toma de decisiones con la información de la que disponemos, y tras el diseño predefinido y conformado, se procede a fabricar los carenados para el prototipo de motocicleta MR-03. Para ello el proyecto de prototipado del carenado de fibra vegetal se realizará manualmente mediante el uso de moldes con forma de carenado tipo moto3 Honda HRC 2018, método apropiado para la realización de los mismos atendiendo a la optimización de sus propiedades y lograr los acabados adecuados para uso competitivo, siendo esta la unidad 0 y que en términos incipientes no se pretende una reproducción a escala industrial, sino más bien de prueba piloto.

Así mismo el método de producción a emplear dota al público objetivo del producto, los equipos de competición, extrapolando el entorno competitivo al que está enfocado el producto, de la versatilidad y dinamismo adecuados para su reproducción, adaptación y producción, y llevando aparejado una reducción de costes y plazos, con el resultado de ser un valor añadido frente a otros métodos.

Para la realización a partir del molde citado, como primer paso se requiere pulir y limpiar a conciencia la superficie en la que se va a proceder a la elaboración del producto

para evitar sedimentos e impurezas que puedan viciar la superficie final del carenado. Para ello se emplea gel con base polivinílica que actuará como agente antiadherente facilitando en últimos términos la separación de la pieza final en el molde, evitando que esta pudiera quedar adherida viciando así el acabado esperado.

Tras ello se aplicará una capa de gelcoat, una sustancia empleada para embellecer la parte exterior de la pieza, a la vez de dotarla de cierta uniformidad, y es así mismo la superficie que permitirá un acabado uniforme y liso, en donde se aplicará la pintura para el acabado final deseado. Para ello, se realiza la aplicación con un pincel grueso, tras lo cual, la pieza deberá permanecer en un horno para materiales durante media hora a una temperatura de unos 65°, antes de aplicar fibra alguna.



Imagen A1.4.21 Limpieza molde (Fuente Molina, 2015)

Una vez terminado este primer proceso, y con el gelcoat en el estado requerido, se obtiene una muestra de la fibra vegetal, en este caso de yute, de las dimensiones adecuadas para cubrir la superficie del molde, y se mide los retales a tal efecto, para su recorte según las medidas necesarias.



Imagen A1.4.22 mallas fibra yute (Fuente Molina, 2015)

A continuación se cataliza la bioresina en proporción 2:1 a 25 °C , impregnando los mallazos de yute medidos en un primer estadio. Transcurridos 15 minutos para un breve secado, se siguen impregnando los mallazos con la bioresina y se introducen en

los moldes, a lo que se presta especial atención en cubrir toda la superficie de los mismos, apelando a un acabado uniforme tras el moldeado.



Imagen A1.4.23 Aplicación bioresina sobre fibra vegetal en molde 1ªcapa

Tras aplicar todos los mallazos de fibra, empleando hasta 3 capas de la misma, se procede a la distribución de bioresina uniformemente a lo largo de toda la pieza mediante una brocha.



Imagen A1.4.24 Aplicación capas sucesivas fibra vegetal y bioresina sobre molde.

Para finalizar, se requiere un periodo de secado de alrededor de 48h para asegurar la correcta rigidez de la pieza con la bioresina, dada la capacidad absorbente del yute y la cantidad de bioresina aplicada.

Una vez comprobada que la pieza ha superado el proceso de secado, se desmoldea, separando la pieza de carenado del molde quedando así la pieza queda lista para su posterior pintado en cabina de pintura, instalación cedida por la Escuela Técnica Superior de Diseño ETSID, colaborada del proyecto.



Imagen A1.4.25 Acabado interior carenados de yute.(Fuente AEC competición)



Imagen A1.4.26 Acabado exterior gelcoat carenados de yute

Para ello se lija sobre la capa de gelcoat mediante lija de grano fino para eliminar las pequeñas impurezas que puedan viciar la uniformidad esperada. Una vez aplicada la imprimación se vuelve a lijar para dotarle de mayor uniformidad. Humedeciendo un pincel se eliminan los restos de polvo de imprimación.



Imagen A1.4.26 Lijado superficial Imagen A.1.4.27 Imprimación Imagen A1.4.28 Pintura

Una vez analizada la superficie se introducen en cabina de pintura, y se aplica pintura bicapa. Transcurridas 48h, se colocan vinilos de empresas colaboradoras con el proyecto y que han permitido la viabilidad del mismo.

Por último, se aplica barniz para dotar a la pieza del brillo requerido, se procede a la perforación de los agujeros que permitirán el anclaje de la pieza a la motocicleta con taladro percutor y broca de 6mm a velocidad lenta para no dañar la pieza, quedando finalmente esta lista para su montaje y uso competitivo.

Esta concatenación de operaciones se repite hasta en 4 ocasiones, una para el molde correspondiente a la pieza frontal que compone el carenado, lateral derecho, lateral izquierdo, y quilla respectivamente. Una vez dispuestas las piezas del carenado se procede a su montaje en la motocicleta, quedando esta ensamblada.

Después de la fabricación de las piezas del carenado podemos observar ciertas características hidrofóbicas. Por ello resulta conveniente el refuerzo de las mismas, mediante gelcoat y bioresina para paliar su incompatibilidad en condiciones húmedas. Otra característica limitante, resulta de su exposición a altas temperaturas. En aquellas zonas en las que pudieran estar sometidas a temperaturas elevadas, conviene ser reforzadas, con materiales aislantes, ya que presentan cierto oscurecimiento y pérdida de propiedades.

Otro punto que cabe destacar ha sido la facilidad en el manejo de la fibra, y su seguridad a la hora de manipulación, sin provocar irritaciones en la piel y sin riesgo de respirar partículas, como si sucede a la hora de manipular la fibra de vidrio.

- **Estriberas y protectores anticaídas:**

Las estriberas son los elementos de la motocicleta donde el piloto apoya los pies le sirve de sujeción en la motocicleta en donde ejerce una fuerza alterna para ayudarse en los cambios de dirección de la motocicleta. Requiere esta pieza de un compromiso entre rigidez y flexión óptimos para que el piloto adopte una posición adecuada a bordo de la máquina y estas le ayuden en su cometido.

Además resultan ser junto con los carenados y los protectores anti caída, las piezas que componen una motocicleta más susceptibles de rotura en caso de caída o accidente, dado que se encuentran más expuestas en el momento de contacto o colisión con el suelo. Los protectores anticaídas son de forma similar que las estriberas, pero de mayor grosor y su finalidad es que el chasis y motor no lleguen a rozar el suelo y resulten dañados. Su procedimiento es idéntico al de la fabricación de las estriberas desarrollado a continuación.

Por ello, atendiendo a la problemática existente entre rigidez de los materiales existentes, los costes de producción de las mismas, unido a la dificultad y dejadez a la hora de recoger los trozos dañados tras las colisiones en los diferentes parajes en los

que se desarrollan las competiciones, se sigue un procedimiento similar para la fabricación de unas estriberas realizadas de material compuesto por bioresina y fibra vegetal de *Corchorus capsularis L.*

Siguiendo el mismo procedimiento anteriormente descrito, se realiza primeramente unos moldes de la pieza que se requiere realizar. Estos serán el negativo, para ello se efectúan con espuma de poliestireno expandido rodeando una pieza original de aluminio de las que se emplean usualmente.

Obtenemos pues un negativo cilíndrico de 28cm de largo por 2,5 cm de ancho, el cual realizamos una escisión trasnversal con lo que obtenemos 2 negativos. A dichos negativos se realiza el mismo proceso anteriormente descrito para la producción de las piezas de carenado elaboradas con bioresina y epoxi, en las cantidades apropiadas.

Finalmente se obtiene una muestra apta para ser ensamblada. La muestra pesa 21g, frente a los 7,2 de su homóloga en aluminio, por tanto resulta más óptima en términos de peso para su uso en competición y como ayuda al deportista encima de la moto.



Imagen A.1.4.30 Estribera yute sobre báscula

A.1.8 Verificaciones:

- Verificación por cálculos mediante software:

Para el diseño geométrico de componentes mecánicos estructurales como chasis, subchasis y basculante, se utilizan softwares comerciales de CAD como Autodesk, Autocad SolidWorks, etc, referenciado en el documento **E planos** y en el **Anejo**.

- Verificación en pista de sistemas y prototipo completo:

Por último, y aunque se hayan validado ciertos componentes con las metodologías expuestas anteriormente, indicar que una vez ensamblados los componentes eléctricos, electrónicos, mecánicos e hidráulicos en el prototipo, se valida en pista asegurando el buen funcionamiento de cada uno de ellos y la sinergia del conjunto, y se llevarán a cabo las mejoras y rediseños que se consideren oportunos.

Para la verificación en pista, se llevarán a cabo ciertos test simulando escenarios de carrera y las pruebas dinámicas de la fase MS2 de la competición (test de frenado, de aceleración, gymcana, etc). En este caso, los test para la verificación de los componentes se realizarán en el Circuit Ricardo Tormo de la ciudad de Valencia. Al finalizar cada test se verificará que los elementos estructurales y no estructurales no posean fallos tales como estrías, grietas o deformaciones. Para ello, se procederá después de la finalización de los entrenamientos a analizar los componentes estructurales mediante ensayos no destructivos (END). Los componentes serán aceptados para la VI Competición Internacional MotoStudent si prueban ser lo suficientemente fiables y resistentes y si su comportamiento en pista es el óptimo.

También se comprobará que las suspensiones trabajan adecuadamente, que el frenado es eficiente, y que todos los sistemas eléctricos y electrónicos del prototipo cumplen su función y no impiden el correcto y rápido acceso a otras partes más internas de la motocicleta. Al finalizar los test de verificación, todas aquellas piezas o sistemas defectuosos o no óptimos, serán sustituidos o rediseñados.

A.1.9 Conclusiones:

Tras el diseño final de la motocicleta, el estudio y características de la misma con la implementación de las piezas producidas en el presente proyecto y su análisis podemos concluir como primera medida que estos compuestos elaborados mediante fibras vegetales no resultan competitivos frente a los utilizados habitualmente en la industria de automoción en cuanto a disponibilidad de repuestos, resistencia o competitividad, a día de hoy. Además se demuestra que presentan cierta debilidad en la resistencia a la humedad, por lo que cabe establecer refuerzos para corregir esta carencia, por lo que el proceso puede ser algo más laborioso, en cuanto a su verificación de calidad y proceso de corrección de este déficit.

No obstante, cabe reseñar que si se muestran interesantes teniendo en consideración otros parámetros importantes como la recirculación de la economía mediante subproductos agroalimentarios, siendo su forma de obtención más respetuosa con el medio ambiente, implicando menos costes energéticos en sus procesos de fabricación y generando muchos menos residuos.

Con la fabricación de lo que finalmente podemos denominar **biocomposites** podemos determinar que dada su baja densidad, inferior a la de la fibra de vidrio incluso, se muestra altamente adaptable y cumple las expectativas de sostenibilidad, dado su origen natural, y su carácter renovable, pudiendo incinerarse sin riesgo alguno al haberse empleado bioresina, presentando características que conducen a la completa sostenibilidad medioambiental, confiriéndoles características renovables, frente a las de la fibra de vidrio, cuya incineración es del todo desaconsejable.

Atendiendo un requerimiento puramente competitivo, es veraz indicar que existen fibras y materiales más ligeros y resistentes, como las fibras de carbono y los compuestos de carbono y kevlar, que dotan de mayor rendimiento a las motocicletas en el apartado peso potencia, pero es más cierto indicar, que también estos compuestos fabricados en fibras vegetales si que muestran mejores aptitudes que muchas otras de uso extendido tales como la fibra de vidrio o plásticos, inclusive destacar, el marco económico, los costes de la materia prima son notablemente inferiores en los biocomposites, y suponen la reactivación de un sector productivo, aportando un valor añadido a la agricultura, pudiendo servir para abrir nuevas vías de reactivación económica del sector primario.

Otro punto a favor es su manejo, la fibra de vidrio libera pequeñas fibras y partículas que son muy peligrosas si fueran respiradas, a la vez que molestas al contacto con la piel para los operarios en la hora de su manipulación. Durante la fabricación de los

elementos no estructurales del presente proyecto con fibras vegetales, no hemos tenido ningún problema en ese sentido, ya que las fibras de origen vegetal no presentan esta problemática, siendo un aspecto muy positivo en el ámbito de la salud y la seguridad laboral.

También podrían presentar cierto valor para ciertas disciplinas que actualmente en el marco legal en el que se encuentran regladas dichas actividades, presentan grandes restricciones en su desarrollo, dado el carácter de las políticas sociales y de conservación que nos regulan, orientadas hacia la protección del medio ambiente en el que estamos inmersos, vamos avanzando a pequeños pasos, pudiendo la implementación de esta tecnología dar respuesta a estas limitaciones. Artículos como el 54 o 67 de la ley 43/2003, de 21 de noviembre, de Montes podrían ser revisados a tal efecto, dejando sin sentido sus restricciones y regulaciones.

Por todo lo anterior, señalar que dota de un valor añadido el uso de esta tecnología al equipo o deportista, siendo una novedad que ofrecer a patrocinadores e instituciones, la cual resulta ser incipiente en su tecnología y con gran futuro en su desarrollo.

Es por tanto aplicable y extrapolable perfectamente a la industria automovilística general, destacando el tipo de soldadura propuesto para los componentes estructurales como la soldadura en frío, colaborando a la reducción de la huella de carbono en la industria del automóvil, siendo aún más agudo observando la tendencia a la electrificación del parque móvil, atendiendo a la sostenibilidad energética del material que impulsa los vehículos, y en nuestro caso apelando a la carrocería exterior, por lo cual en el largo plazo si existiere voluntad se postula como una tecnología totalmente válida, y en el corto plazo perfectamente útil para la disciplina competitiva en el ámbito de la ingeniería de competición y el motor sport, siendo una alternativa limpia y biodegradable.



Imagen A1.4.31 Acabado final ensamblaje.

Bibliografía:

- ANTROPOCENE, 2019, visto el 6 de junio de 2020.
<http://antropocene.it/es/ambiente/agroambiente/>
- BEGUN, K.; ISLAM, M.A. (2013). Natural Fiber as a substitute to Synthetic Fiber in Polymer Composites: A Review. *Research Journal of Engineering Sciences*, 2.3: 46-53.
- CONTI F.; ABBATE G.; ALESSANDRINI A.; BLASI C. (ed), 2005. *Una lista comentada de la flora vascular italianos*. Palombi Editore.
- NABI SAHEB, D.; JOG, J.P. (1999). Natural fiber polymer composites: A review. *Advances in Polymer Technology*, 18.4: 351-363.
- PAN, N. (1993). Theoretical determination of the optimal fiber volumen fraction and fiber-matrix property compatibility of short-fiber composites. *Polymer Composites.*, 14.2: 85-93.
- PIGNATTI, S. (1982). *Flora de Italia*. Edagricole. Bologna.
- SALVADOR, V.; AMIGÓ, A.; NUEZ, O.; SAHUQUILLO, R.; LLORENS, F. (2009). Caracterización de fibras vegetales utilizadas como refuerzo en matrices termoplásticas. *X Congreso Nacional de materiales. San Sebastián*.
- TREBEN, M. (2000). *Health from the Pharmacy of the Lord, Consejo y experiencia con hierbas medicinales*. Ennsthaler Publisher.
- VENKATESHWARAN, N.; ELAYA PERUMAL, A. (2010). Banana Fiber Reinforced Polymer Composites: A Review. *A Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 29.15: 2387-2396

