

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO



DISEÑO, CÁLCULO Y FABRICACIÓN  
DE UN CARENADO DE MOTOCICLETA  
CON FIBRAS BIODEGRADABLES  
PROCEDENTES DE RESIDUOS DE LA  
INDUSTRIA AGROALIMENTARIA.

**Autor:** Fernando López Vidal-Abarca

**Tutor:** José Martínez Casas

**Cotutor:** Águeda Sonseca Olalla

**Valencia 2018**

# *Agradecimientos*

Me gustaría agradecer a mis tutores, José Martínez Casas y Águeda Sonseca Olalla, por ofrecerse para tutelar este proyecto, por su implicación y consejos ofrecidos para poder realizarlo.

Por otra parte, me gustaría realizar una mención especial a la empresa Projar, por su ayuda donando el material biodegradable para realizar los ensayos para el estudio objeto de este proyecto.

También me gustaría dar las gracias a AEC competición por resolverme numerosas dudas acerca de la fabricación de carenados de materiales compuestos.

En último lugar quiero agradecer a todo el equipo de MotoR-UPV y a mis padres por su ayuda a lo largo de todo el desarrollo del proyecto durante estos 4 años.

## **Resumen**

Este trabajo trata acerca de la fabricación de un material alternativo a partir de fibras naturales biodegradables para utilizarlo como materia prima de un carenado de motocicleta de competición, calculando mediante el método empírico las diversas propiedades mecánicas de este material para así poder determinar la viabilidad de este nuevo material en base a las solicitaciones de su uso final.

Para ello se realizan un ensayo de tracción y otro ensayo de tenacidad, aparte del estudio del peso de las probetas normalizadas usadas en estos ensayos.

Tras los datos obtenidos de estas pruebas se determina que es factible la construcción de este carenado el cual se construye como broche final de este proyecto.

# Resum

El propòsit d'aquest estudi és el de determinar la viabilitat de fabricar un material compost alternatiu a partir de fibres naturals biodegradables per tal d'utilitzar-lo com a matèria primera d'un carenat de motocicleta de competició.

S'han calculat, mitjançant el mètode empíric, les diverses propietats mecàniques d'aquest material per a, així, poder determinar la seua idoneïtat respecte a la seua utilització final.

Per a això, es realitzà un assaig de tracció i altre de tenacitat, a més de l'estudi del pes de les provetes normalitzades utilitzades en aquests.

A la fi d'aquestes proves s'ha determinat que és factible la construcció d'aquest carenat, el qual s'ha fabricat com a punt culminant d'aquest projecte.

# **Abstract**

The purpose of this study is to determine the viability of manufacturing an alternative composite material from biodegradable natural fibers to be used as raw material for a racing motorcycle fairing.

Using the empirical method, the various mechanical properties of this material are calculated in order to determine its suitability based on the demands of its final use.

To do this, a tensile and tenacity tests were carried out, besides from the study of the weight of the standardized specimens used in them.

The results obtained proved the fairing construction viability and therefore it was manufactured as the finishing touch of this project.

# ÍNDICE

<b>DOCUMENTO I.-MEMORIA</b> .....	11
Capítulo 1: INTRODUCCIÓN .....	12
1.1.- Motivación.....	13
1.2.- Objetivo. ....	14
1.3.- Contenido.....	15
Capítulo 2: MATERIALES COMPUESTOS .....	16
2.1.- Introducción a los materiales compuestos. ....	17
2.1.1.- Conceptos básicos.....	17
2.1.2.- Tipos de matrices. ....	18
2.1.3.- Tipos de refuerzos.....	20
2.1.3.1.- Refuerzos discontinuos. ....	20
2.1.3.2.- Refuerzos continuos. ....	20
2.2.- Materiales compuestos de resina termoestables reforzados con fibras. ....	22
Capítulo 3: CARENADOS .....	24
3.1.- Introducción a los carenados de motocicleta de competición. ....	25
Capítulo 4: PROCESO EXPERIMENTAL.....	27
4.1.- Proceso de fabricación de las probetas. ....	28
4.2.- Descripción de ensayos. ....	32
4.2.1.- Ensayo de tracción. ....	34
4.2.2.- Péndulo de Charpy. Tenacidad .....	38
Capítulo 5: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	40
5.1.- Resultados del ensayo de tracción. ....	41
5.2.- Resultados Péndulo de Charpy. ....	51
Capítulo 6: FABRICACIÓN DE CARENADO.....	52

Capítulo 7: CONCLUSIONES .....	59
BIBLIOGRAFÍA .....	61
ANEXOS TABLA DE RESULTADOS .....	62
<b>DOCUMENTO II.-PRESUPUESTO .....</b>	<b>68</b>
COSTE DEL PROYECTO.....	69
Costes de material empleado en la fabricación de los carenados: .....	69
Amortizaciones del equipamiento utilizado: .....	69
PRESUPUESTO DE CONTRATA.....	70
Recursos humanos: .....	70
Gastos generales: .....	71
Resumen del presupuesto:.....	71
<b>DOCUMENTO III.- PLIEGO DE CONDICIONES.....</b>	<b>72</b>
Objeto.....	73
Condiciones Técnicas. ....	73
Condiciones Facultativas. ....	75
Condiciones Económicas.....	76
Condiciones Legales. ....	77
<b>DOCUMENTO IV.- PLANOS .....</b>	<b>79</b>

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.- Refuerzos discontinuos, a) partículas, b) fibras discontinuas, c) plaquetas	20
Figura 3.1.- Carenado de motocicleta de competición	26
Figura 4.1.- Lámina de fibra de coco (libre)	28
Figura 4.2.- Lámina de fibra de coco (90°)	28
Figura 4.3.- Lámina de fibra de vidrio	29
Figura 4.4.- Lámina de fibra de yute	29
Figura 4.5.- Talones de aluminio	30
Figura 4.6.- Proceso de secado de la probeta	31
Figura 4.7.- Diagrama esfuerzo frente a deformación	32
Figura 4.8.- Péndulo de Charpy	33
Figura 4.9.- Máquina de ensayos Ibertest con probeta	34
Figura 4.10.- Consola de control de la máquina de ensayos Ibertest	35
Figura 4.11.- Pantalla de la máquina de ensayos Ibertest durante ensayo de tracción	36
Figura 4.12.- Probetas tras el ensayo	37
Figura 4.13.- Probeta ensayada en la máquina	37
Figura 4.14.- Péndulo de Charpy	38
Figura 4.15.- Probeta colocada en los apoyos para su ensayo	39
Figura 4.16.- Probeta ensayada (izquierda) probetas para ensayar (derecho) fibra de yute 45°	39
Figura 5.1.- Gráfica fuerza frente a carrera de la probeta de fibra de vidrio	41
Figura 5.2.- Pretensado de la probeta de vidrio	42
Figura 5.3.- Zona de comportamiento elástico de la probeta de fibra de vidrio	42
Figura 5.4.- Zona de plasticidad y rotura de la probeta de fibra de vidrio	43
Figura 5.5.- Diagrama fuerza/desplazamiento Yute 45°	44
Figura 5.6.- Diagrama fuerza desplazamiento Yute 90°	45
Figura 5.7.- Datos registrados de la máquina Ibertest (I)	46
Figura 5.8.- Datos registrados de la máquina Ibertest (II)	47
Figura 6.1.- Aplicación de la capa de gelcoat	54
Figura 6.2.- Capa de fibra de yute sin resina	55



Figura 6.3.- Aplicación de la fibra sobre el molde (I)	56
Figura 6.4.- Aplicación de fibra sobre molde (II)	57
Figura 6.5.- Carenado completo acabado (I)	57
Figura 6.6.- Carenado completo acabado (II)	58

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1.- Propiedades de las resinas	22
Tabla 2.2.- Propiedades de las fibras	22
Tabla 4.1.- Peso medio de las probetas	33
Tabla 5.1.- Fuerza máxima	47
Tabla 5.2.- Fuerza media	48
Tabla 5.3.- Resistencia a tracción	48
Tabla 5.4.- Modulo de Young	49
Tabla 5.5.- Módulo de Young específico	49
Tabla 5.6.- Límite de fluencia específico	50
Tabla 5.7.- Energía absorbida por las probetas	51
Tabla 5.8.- Energía media absorbida	51
Tabla 5.9.- Energía absorbida por metro cuadrado	51

# **DOCUMENTO I**

## **MEMORIA**

# **Capítulo 1: INTRODUCCIÓN**

## **1.1.- Motivación.**

En los últimos años la reutilización de materiales residuales para la fabricación de nuevos componentes se ha convertido en una necesidad, por ello la cantidad de empresas que utilizan residuos de otras industrias como materia prima es una tendencia al alza. Una de las industrias que más se centra en desarrollar esta tendencia es la industria petroquímica con la reutilización y reciclaje de materiales plásticos.

La cantidad de residuos no biodegradables que se genera es muy elevada y la capacidad de reprocesarlos es insuficiente. Esto se ve claro con datos tales como los 8 millones de toneladas de plástico que son vertidas a los océanos cada año. Otro dato revelador pone de manifiesto que tan solo el 14% del plástico fabricado a nivel mundial, según el Foro Económico Mundial y la Fundación MacArthur Ellen, proviene del reciclaje de materiales plásticos residuales.

En el caso de los materiales compuestos la palabra biodegradable no es más que una simple utopía. Esta es una actividad en la que las fibras que se utilizan son en su mayoría de carbono y de vidrio, y en menor medida de kevlar. Dada esta tendencia, se trata de un campo en el que la introducción de materiales biodegradables está aún en fase de estudio.

Juntando estas dos tendencias se empieza a gestar la base de este proyecto, uniendo la idea de la reutilización de materiales residuales de la industria agroalimentaria y la integración de materiales biodegradables a componentes fabricados a partir de materiales compuestos.

## **1.2.- Objetivo.**

En el motociclismo de competición cada gramo cuenta. Por ello se trata de un mundo en el que las combinaciones de materiales y métodos de fabricación son uno de los principales campos de estudio en constante búsqueda de ligereza y rigidez en los nuevos materiales.

Pero no por ello deja de ser un campo en el que la investigación para la introducción de materiales biodegradables resulta de primordial interés por el ahorro de coste energético en el proceso de fabricación que esto significa.

En este trabajo se realizará un estudio experimental de las propiedades mecánicas de diversos materiales biodegradables, así como configuraciones de estos materiales, y se compararán con componentes realizados con el material y la configuración más utilizados en competición: fibra de vidrio en configuración libre (Mat).

Para la determinación de las propiedades de los diferentes materiales que se estudiarán, se utilizarán los métodos estándar, usando probetas estandarizadas para poder comparar así los resultados obtenidos.

En resumen, el objetivo de este proyecto es el estudio y fabricación de un material compuesto para la fabricación de un carenado de motocicleta con las fibras biodegradables que mejores capacidades mecánicas demuestren en los diferentes análisis realizados.

## **1.3.- Contenido.**

En este estudio realizaremos la caracterización de una serie de materiales basados en fibras biodegradables residuales de la industria agroalimentaria, efectuando una serie de observaciones y pruebas experimentales de donde calcularemos valores intrínsecos del material para, posteriormente, valorar si se trata de un material factible para la fabricación de carenados para motocicletas de competición.

El presente Proyecto de Final de Carrera se ha estructurado en 6 capítulos cuyos contenidos se describen a continuación:

En este primer capítulo se detallan los diferentes motivos que justifican la realización del presente trabajo, los objetivos que se plantean en el mismo y la estructura general del proyecto que nos ocupa.

En el segundo capítulo se realiza un pequeño esquema de los diferentes tipos de materiales compuestos que existen y donde se encuentran dentro de la extensa lista de materiales, los propios del estudio que nos compete.

En el tercer capítulo encontramos una introducción al mundo de la competición en cuanto al desarrollo de los carenados de competición y como fabricarlos mediante la tecnología utilizada actualmente de laminado manual de materiales compuestos.

El cuarto capítulo trata del proceso y desarrollo de los experimentos para determinar las propiedades mecánicas de los materiales a testear como posibles materiales de fabricación.

En el quinto capítulo se realiza un análisis de los resultados obtenidos por estos diferentes experimentos arrojando esperanzadores resultados de estos nuevos materiales.

En el sexto capítulo se relata el proceso de fabricación del prototipo de carenado con el material que mejores propiedades mecánicas presenta.

Por último, se encuentran unas breves conclusiones que analizan todo el trabajo realizado a lo largo de este estudio.

# **Capítulo 2:**

# **MATERIALES COMPUESTOS**



## **2.1.- Introducción a los materiales compuestos.**

### ***2.1.1.- Conceptos básicos.***

Según el Instituto Tecnológico del Plástico (AIMPLAS) “un material compuesto es aquel formado por dos o más componentes, de forma que las propiedades del material final sean superiores que las de los componentes por separado”[1].

Se trata de una definición escueta pero que resume a la perfección un material compuesto y lo que supone para sus propiedades mecánicas, las cuales son el objeto de estudio de este trabajo.

Se podría completar esta definición con una serie de características propias de estos materiales:

- Se componen de dos o más materiales distinguibles (heterogeneidad) y separables mecánicamente.
- El hecho de que sean heterogéneos provoca que también sean en muchos casos anisotrópicos (sus propiedades dependen de la orientación del material de refuerzo), lo que conlleva por tanto una heterogeneidad en las propiedades mecánicas a lo largo de su superficie.

A pesar de la numerosa variedad de tipos de materiales compuestos que podemos encontrar, todos están formados de dos partes:

- Refuerzo: confiere la rigidez y la resistencia al material
- Matriz: configura geoméricamente la pieza, da cohesión al material y transmite los esfuerzos entre fibras.

Atendiendo al tipo de matriz que se emplee en su fabricación cabe enumerar:

- Materiales compuestos de matriz metálica
- Materiales compuestos de matriz cerámica
- Materiales compuestos de matriz polimérica

[1]: **Entrada número 1 de la bibliografía.**

### ***2.1.2.- Tipos de matrices.***

Los refuerzos mediante fibras no suelen utilizarse solos (excepto cables), ya que estas fibras no pueden soportar ni esfuerzos de compresión ni transversales, esto convierte en imprescindible la fase matriz, dado que es la fase que da continuidad al material, manteniendo fijas las fibras de refuerzo en su posición, dando estabilidad al conjunto y transmitiendo las cargas.

#### ***Matriz metálica.***

La matriz metálica confiere al material compuesto una buena resistencia, rigidez y tenacidad a fractura. Presenta una homogeneidad de propiedades superior al resto de los tipos de matrices, y dispone de un gran comportamiento a altas temperaturas.

Por el contrario, se trata de un tipo de matriz que se ve sumamente limitado por su alta densidad, aparte nos encontramos con que se trata de una matriz difícil de procesar y de mecanizar.

Los tipos de matriz metálica más usados son los de aleaciones de aluminio, aleaciones de titanio y aleaciones de cobre.

#### ***Matriz cerámica.***

La característica principal de este tipo de matrices es su capacidad de resistir esfuerzos mecánicos -incluso a alta temperatura- sin modificar su capacidad resistente, otorgando a los materiales compuestos que forman una alta resistencia a compresión.

No obstante, se trata de matrices que tienen una baja tenacidad y baja conductividad térmica y eléctrica; su resistencia a tracción es irrisoria, por lo que se utilizan en diversas aplicaciones junto a fibras de alta resistencia a tracción.

También en ciertas aplicaciones se deben utilizar junto a refuerzos con un alto módulo de elasticidad, dado que la capacidad elástica de la cerámica no es suficiente para transmitir la totalidad de las cargas a la fase de refuerzo.

### ***Matriz polimérica.***

Este tipo de matriz es el objeto principal de estudio de este proyecto, ya que tanto los compuestos biodegradables como la fibra de vidrio (elemento control utilizado como refuerzo de matrices poliméricas) pertenecen a esta categoría.

Las principales características de este tipo de matrices son su alta tenacidad, alta resistencia a corrosión, bajo coste y baja densidad. Cabe destacar su baja resistencia mecánica.

Los materiales compuestos de matriz polimérica, CMP (en inglés PMC), están formados por un polímero que se añade a una fase de refuerzo con fibras. Para estos compuestos se utilizan tres tipos de polímeros: termoplásticos, elastómeros y termoestables.

- Termoplásticos: se trata de polímeros que al aumentar su temperatura se transforman a un estado líquido, permitiendo así que se pueda moldear como se desee, preservando la forma al enfriarse.
- Termoestables: también denominados resinas. Se generan tras una serie de reacciones químicas de entrecruzamiento que dan lugar a un material rígido, insoluble e infusible.
- Elastómeros: se trata de polímeros cuya estructura molecular (uniones covalentes entre cadenas en algunos puntos y menor grado de reticulación/entrecruzamiento que los termoestables) les confiere comportamiento elástico y gran flexibilidad.

Dentro de las resinas termoestables, encontramos la matriz más interesante, la resina de poliéster, ya que se trata de una resina con una buena relación calidad-precio, y es ampliamente usada en el ámbito de la competición por su facilidad de utilización.

### 2.1.3.- Tipos de refuerzos.

Los refuerzos en los materiales compuestos son los encargados de absorber las tensiones e incrementar la resistencia y la rigidez del compuesto.

#### 2.1.3.1.- Refuerzos discontinuos.

Estos refuerzos se utilizan en aquellas aplicaciones donde la sollicitación estructural es baja. Los tipos de refuerzos discontinuos más significativos son:

- Partículas: Este tipo de refuerzo no supone una mejora considerable de las propiedades del material, pero constituyen los materiales más fáciles y baratos de fabricar, contando éstos con una distribución isótropa de propiedades.
- Fibras discontinuas: Las propiedades del material se ven influidas por la longitud de estas fibras, que ofrecen gran resistencia al material en la dirección en la que se dispongan dichas fibras.
- Plaquetas: Estos refuerzos se utilizan cuando se requiere un alto grado de compactación al ser un refuerzo por planos.



Figura 2.1.- Refuerzos discontinuos, a) partículas, b) fibras discontinuas c) plaquetas

#### 2.1.3.2.- Refuerzos continuos.

Este tipo de refuerzos se divide en las siguientes clases:

- Fibras continuas: Son elementos en forma de hilo cuya longitud es mucho mayor que su sección transversal. En este caso, al contrario que en el de las fibras discontinuas, la longitud de las fibras no afecta a las propiedades del material.
- Laminados: Se trata de un tipo de refuerzo consistente en láminas con diferentes orientaciones, que puede ser de diversos materiales y configuraciones.

- Tejidos: Consiste en una malla de diversas fibras entrelazadas que confieren al material una elevada rigidez y resistencia a flexión.

Dentro de las fibras continuas, y ya situados en el campo específico objeto de este proyecto, podemos encontrar:

Fibra de carbono.- Este tipo de fibra está formada por diminutos filamentos que se unen para constituir cada una de las fibras. Se trata de un refuerzo característico por su elevada resistencia y rigidez, teniendo un módulo de elasticidad elevado, entre 200 y 500 GPa. Es ampliamente usada ya que su ligereza, sumada a sus propiedades mecánicas, la convierten en un excelente material para numerosas aplicaciones, aunque inicialmente se desarrollara para la industria aeroespacial.

Fibra de vidrio.-La fibra de vidrio está formada por numerosos filamentos de dióxido de silicio. Dependiendo de la aplicación final, se le añaden otros materiales a su composición, teniendo así diferentes variedades, destacando entre ellas el vidrio-e que es el más usado, y el vidrio-s utilizado en elementos que requieren de una alta resistencia y rigidez.

Fibras orgánicas.- En este tipo de fibras cabe destacar las poliamidas como el nailon (poliamida 6,6) y el kevlar (aramida), resistente a altas temperaturas, aunque su principal característica es la resistencia al impacto por lo que uno de sus principales usos es la fabricación de blindajes (chalecos antibalas).

Dentro de este tipo de fibras, se encuentra la que se va a ensayar en este proyecto: la fibra de yute en diversas configuraciones, con la que realizaremos diferentes ensayos para determinar sus propiedades mecánicas. Al tratarse de materiales inusuales no se tiene constancia de sus características como refuerzo en materiales compuestos.

## 2.2.- Materiales compuestos de matriz termoestable reforzados con fibras.

Para este proyecto los materiales compuestos más significativos son los constituidos por una resina termoestable y un refuerzo de fibra. Este tipo de material compuesto permite alcanzar una elevada relación entre resistencia y peso y entre rigidez y peso, lo que determina que pueda ser utilizado en aplicaciones en las que el peso es considerado un factor limitante: industria aeronáutica, industria aeroespacial, industria automotriz, o como en este caso, el motociclismo de competición.

Dentro de estos compuestos, la matriz más usada es la resina epoxi gracias a su facilidad de procesamiento y sus propiedades mecánicas, pero también es ampliamente usada la resina de poliéster, ya que su coste es sumamente inferior manteniendo unas propiedades parecidas a las de la resina epoxi.

Propiedad	Poliéster	Epoxi
Tensión de rotura (MPa)	40 – 90	55 - 130
Resistencia ante impacto (J/m)	10,6 - 21,2	5,3 - 53
Módulo de elasticidad (tracción)(GPa)	2 - 4,4	2,8 - 4,2
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	1,1 - 1,46	1,2 - 1,3

Tabla 2.1.- Propiedades de las resinas

Los refuerzos más utilizados son las fibras ya que presentan mejor resistencia y rigidez que los laminados o los tejidos, siendo las fibras más interesantes a estudiar la fibra de vidrio y la fibra de carbono.

Material	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Módulo elástico (GPa)	Tensión límite (tracción)(GPa)
Carbono	1,6	190	1,7
Vidrio-E	2,58	86	3,4
Vidrio-S	2,46	190	4,8

Tabla 2.2.- Propiedades de las fibras

Como podemos apreciar en esta tabla, las propiedades del carbono y el vidrio-s son parecidas, mientras que el vidrio-e presenta unas capacidades mecánicas inferiores, lo que explica su bajo precio en comparación con los otros dos materiales.

# **Capítulo 3: CARENADOS**



### **3.1.- Introducción a los carenados de motocicleta de competición.**

Uno de los principales problemas que presenta cualquier vehículo en movimiento es el de la resistencia del aire, por ello el estudio de la aerodinámica se hace imprescindible para mejorar su rendimiento.

En el caso de las motocicletas el problema se abordó a partir de los años 50 del pasado siglo con el desarrollo de los carenados.

Inicialmente se trataba de dispositivos limitados a una placa frontal y una pequeña cúpula. A partir de esta idea se fueron desarrollando protecciones aerodinámicas más complejas llegando a carenados completos que ofrecen al piloto una protección integral del viento, mejorándose así su rendimiento aerodinámico al reducir el coeficiente de resistencia al aire.

En esa época el material más utilizado para este propósito fue el aluminio, ya que resultaba un material ligero y fácil de moldear. Dos décadas después se introdujo como principal material la fibra de vidrio, que contaba con las mismas características que el aluminio, pero añadía una cualidad importante en el mundo de la competición: la facilidad de reparación sin necesidad de reemplazar una pieza completa.

La investigación en materiales siguió avanzando. En la década de los 90 se introdujeron la fibra de carbono y el kevlar, materiales que permitieron aligerar considerablemente los carenados debido a su gran resistencia mecánica. A día de hoy estos son los materiales que se siguen utilizando en la mayoría de las motocicletas de competición de las categorías superiores, dado que por su alto sobre coste con respecto a la fibra de vidrio, solo es factible su utilización en la más alta competición.

Cabe destacar que en la totalidad de las motos de calle el material utilizado es el plástico, debido a su capacidad de ser producido en serie y su bajo coste.

Se podrían diferenciar como partes del carenado: el frontal, que cuenta con una cúpula transparente que permite ver al piloto en posición aerodinámica; la quilla, que cubre las partes inferiores del motor y que acumula cualquier pérdida de líquido que pueda surgir; los laterales que cubren la mayor parte de la moto; y el colín, que cubre la parte trasera de la moto donde se apoya el piloto.



*Figura 3.1.- Carenado de motocicleta de competición*

# **Capítulo 4:**

# **PROCESO EXPERIMENTAL**

## 4.1.- Proceso de fabricación de las probetas.

El ensayo de las propiedades mecánicas de un material exige que para cada una de las combinaciones material-configuración-propiedad a estudiar se utilice una probeta concreta.

Para el ensayo de tracción la norma que rige las dimensiones de la probeta es la ASTM D3039 [2] para los materiales compuestos con refuerzos de fibra y matriz polimérica.

Para el ensayo de impacto con el método del péndulo de Charpy, la norma utilizada es la ISO 179-1 [3].

Por la disposición que nos interesa estudiar en el ensayo de impacto (perpendicular a la lámina de material) no es posible realizar la entalla por lo que, por facilidad, las probetas para los dos ensayos serán iguales.

Para comenzar con el proceso de fabricación de las probetas, el primer punto es determinar las diferentes disposiciones de los materiales que se van a ensayar. En cuanto a la fibra de vidrio (dado que la malla de material se encuentra en disposición libre) solo existe una configuración posible; en cuanto a la fibra de yute, ya que vamos a fabricar la lámina de material con dos capas, determinamos que las disposiciones más interesantes a estudiar son  $\pm 45^\circ/\pm 45^\circ$  (yute a  $45^\circ$ ), y  $0^\circ/90^\circ$  (yute a  $90^\circ$ ), y en cuanto a la fibra de coco en disposición libre y a la malla de fibra de coco se realizó primero una prueba de compactación que no resultó satisfactoria, por lo que no se continuó realizando pruebas sobre estas disposiciones de material.



Figura 4.1.- Lámina de fibra de coco (libre)



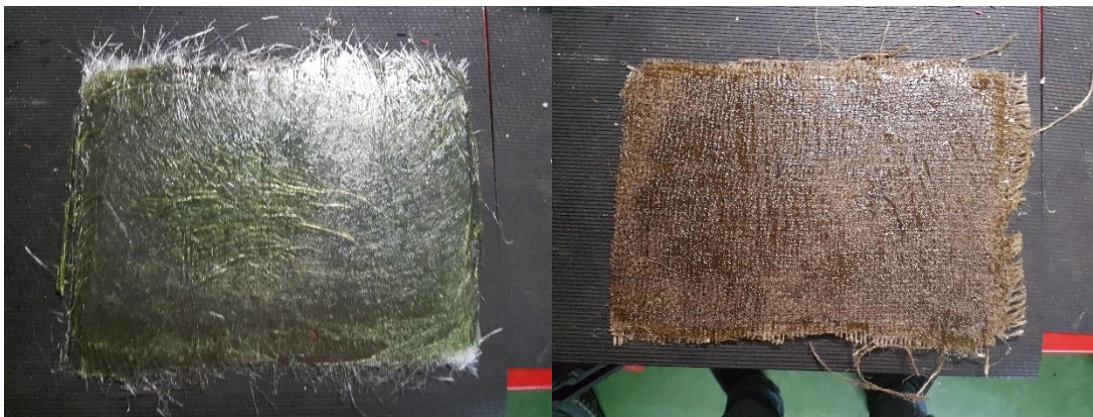
Figura 4.2.- Lámina de fibra de coco ( $90^\circ$ )

[2]: Entrada número 2 de la bibliografía.

[3]: Entrada número 3 de la bibliografía.

La norma ASTM D3039 determina que, para los ensayos de tracción de materiales compuestos, las probetas deben tener unas dimensiones de 250 mm de longitud, 25 mm de ancho, y 3 mm de espesor. Este último punto no es preciso ya que las capas tienen un determinado grosor, por lo que hemos intentado acercarnos a esta cifra lo máximo dentro de las posibilidades existentes.

Para fabricar estas probetas partimos de una lámina de 270 mm de largo y 170 mm de ancho, con un espesor medio de 2,73 mm para la fibra de vidrio utilizando 3 capas, y de 2,5 mm para la fibra de yute utilizando dos capas. Con estas dimensiones dejamos margen en los laterales ya que son los puntos más susceptibles de no tener una buena compactación, y con los espesores mencionados obtenemos la medida más cercana posible a lo estandarizado.



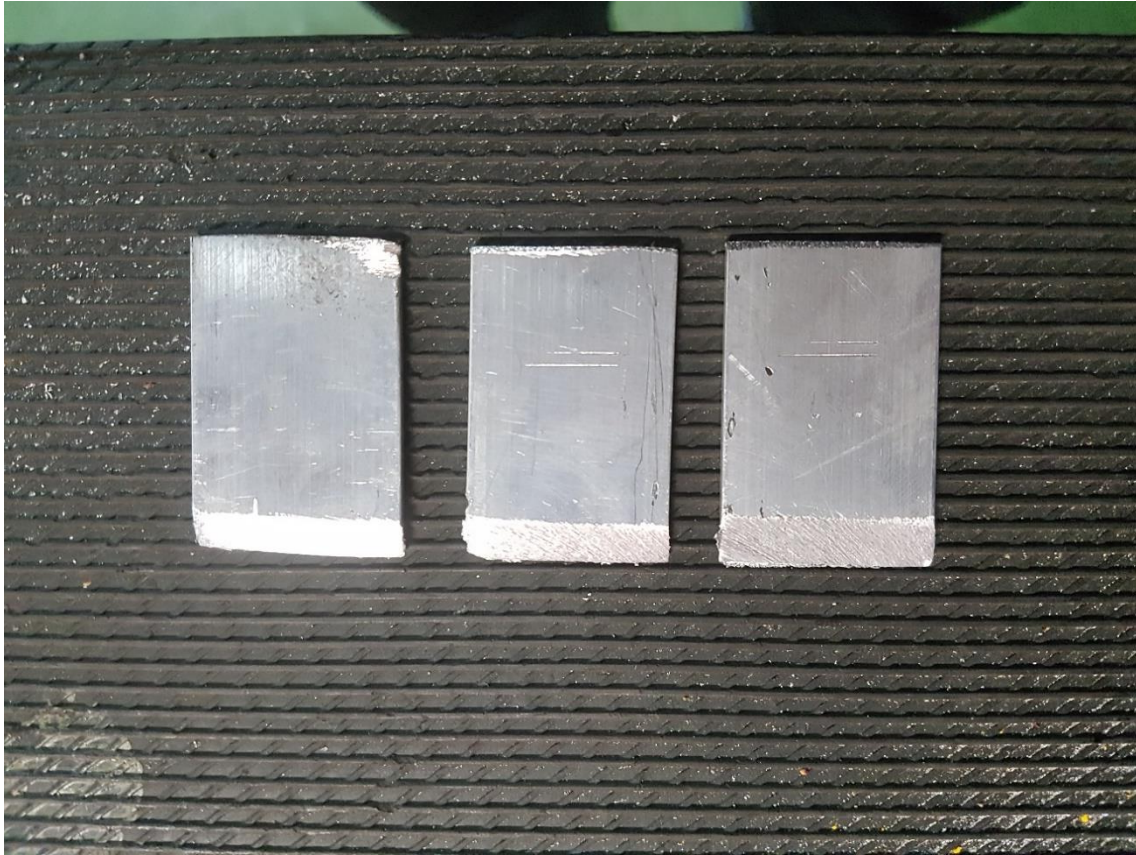
*Figura 4.3.- Lámina de fibra de vidrio.*

*Figura 4.4.- Lámina de fibra de yute.*

A partir de estas laminas recortamos las probetas de las dimensiones normalizadas, obteniendo así 6 probetas, que no se encuentran aún en disposición de ser utilizadas dado que, si las introdujéramos tal cual en la máquina de ensayos, las mordazas romperían la integridad estructural de la probeta y el ensayo de poder realizarse, no sería válido.

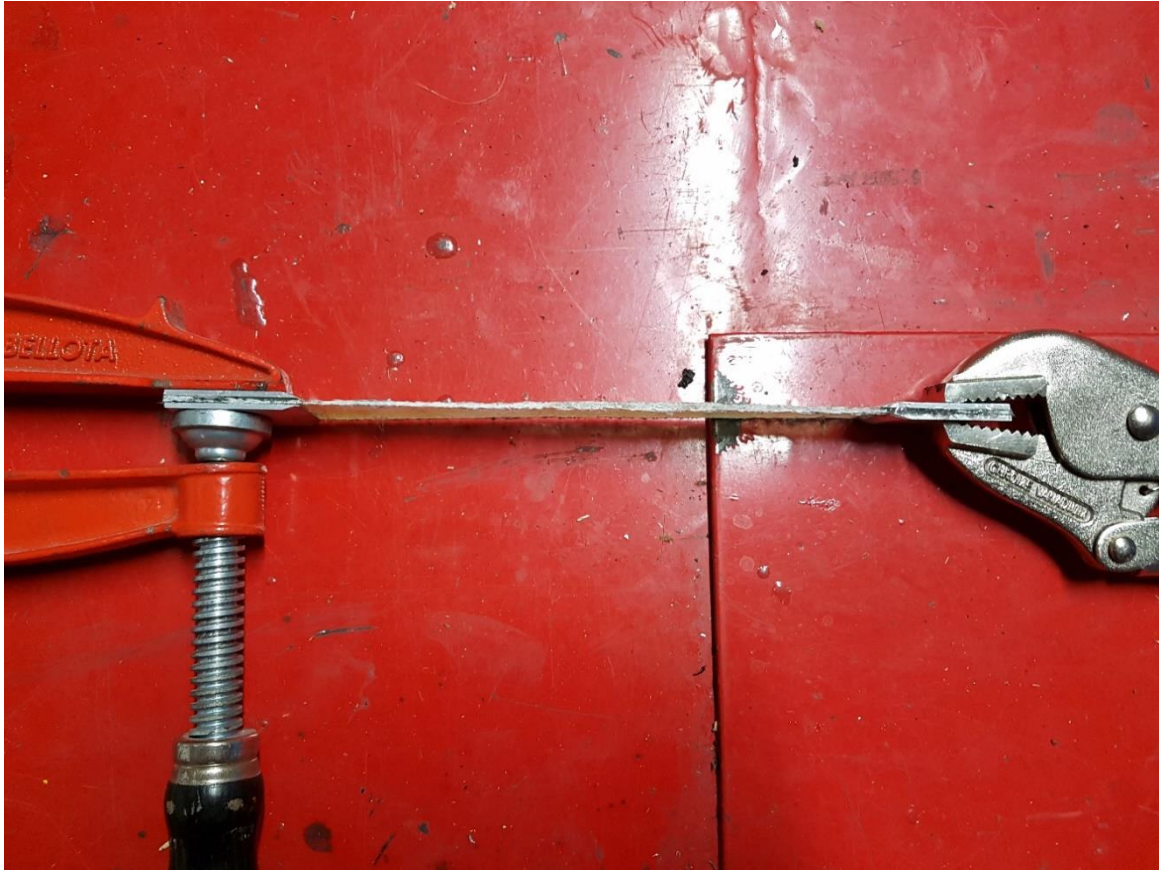
Para solucionar este tema se acoplan en los extremos dos piezas de aluminio que distribuyen la presión realizada por las mordazas de las máquinas de ensayos. Las dimensiones de dichas láminas de aluminio están normalizadas en la misma norma que rige las dimensiones de las probetas, la ASTM D3039, miden 40 mm de largo, 25 de ancho, y 2 mm de espesor, con un bisel en el extremo interno.





*Figura 4.5.- Talones de aluminio*

Estas piezas se adhieren a las probetas a ensayar con pegamento epoxi bicomponente que confiere la suficiente rigidez a la unión como para que no se produzca desplazamiento en el momento del ensayo de tracción. Este pegamento necesita un tiempo de curado de 24 horas, ayudándonos de mordazas lo mantenemos en posición hasta poder retirar las probetas finalizadas.



*Figura 4.6.- Proceso de secado de la probeta*

## 4.2.- Descripción de ensayos.

El proceso experimental de este estudio se basa en la realización de 2 ensayos sobre las probetas anteriormente mencionadas. Con estos ensayos se busca la caracterización de las propiedades mecánicas del material con las distribuciones seleccionadas.

El primer ensayo realizado es el ensayo de tracción. Con este ensayo extraemos información muy valiosa acerca de diversas propiedades mecánicas.

Los datos que obtenemos con este ensayo son:

- Módulo de Young, una constante elástica propia del material y relacionada con la tensión axial aplicada y la deformación producida.
- Elongación de rotura.
- Límite elástico: considerado como la tensión a la cual el material tiene una deformación plástica del 0,2%.
- Resistencia a tracción: Tensión máxima soportada por la probeta.

En este ensayo se mide tanto la carga aplicada como el alargamiento de la probeta, por lo que uno de los puntos más interesantes para su estudio es la gráfica que se forma al representar ambas magnitudes.

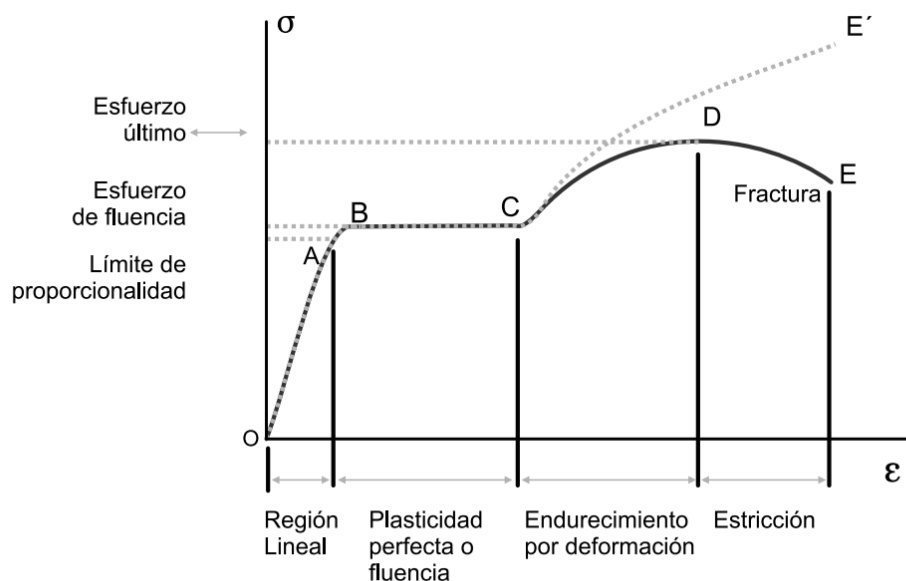


Figura Diagrama esfuerzo-deformación de una barra de acero.

Figura 4.7.- Diagrama esfuerzo frente a deformación.



El otro ensayo que se va a realizar es el de tenacidad mediante el péndulo de Charpy.

Con este método podemos obtener la energía absorbida ante un impacto por la probeta que está sometida a un esfuerzo de tensión de 3 puntos, 2 de apoyo y el del péndulo que la golpea. Conociendo la altura desde la que se deja caer el péndulo, la altura que alcanza una vez rota la probeta, y su peso, podemos obtener la tenacidad del material ensayado.

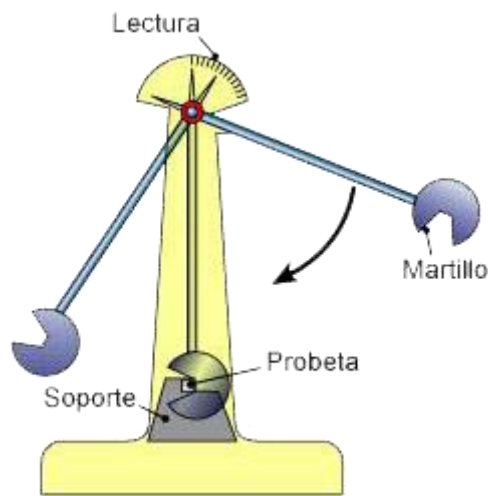


Figura 4.8.- Péndulo de Charpy

Pero antes de realizar las pruebas, debemos saber el peso de las probetas que vamos a ensayar:

	Peso Medio (g)
Yute 90	11.217
Yute 45	12.162
Vidrio	14.838

Tabla 4.1.- Peso medio de las probetas.

Aquí podemos observar como las probetas de fibra de vidrio son las más pesadas ya que la fibra de vidrio es la más compacta, por lo que tiene un mayor porcentaje de resina (más pesada) para obtener el mismo grosor de probeta.

#### ***4.2.1.- Ensayo de tracción.***

Para esta prueba se utilizó una de las máquinas de las que dispone el Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales para realizar ensayos de este tipo. Se trata de una máquina electromecánica Ibertest modelo ELIB -50/W. [4].



*Figura 4.9.- Máquina de ensayos Ibertest con probeta.*

Esta máquina consta de una mordaza fija en la parte inferior, y una mordaza móvil a la cual se encuentra acoplada toda la instrumentación. Cabe destacar que en la parte trasera dispone de un sistema de seguridad mediante finales de carrera, que se debe revisar antes de cada prueba.

[4]: Entrada número 4 de la bibliografía.

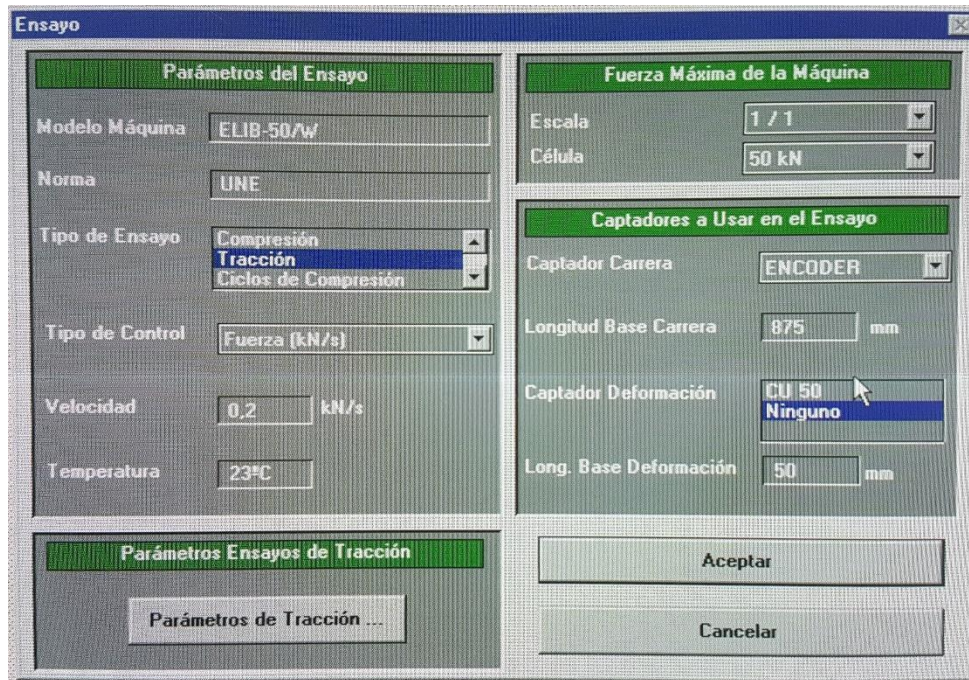


Figura 4.10.- Consola de control de la máquina de ensayos Ibertest.

Previo a la realización de cada ensayo es necesario revisar los parámetros de la máquina, fijándonos especialmente en el tipo de ensayo y la velocidad de la prueba, que se fija en 0,2 kN/s basándonos en las recomendaciones del fabricante de la máquina para materiales compuestos.

La máquina se encuentra controlada por un ordenador desde el que se debe mover la pinza superior para ajustarla hasta que se pueda introducir la probeta y que quede aproximadamente en el punto medio, tanto de la mordaza superior como de la inferior, las cuales apretaremos firmemente sobre la misma.

Una vez fijas las mordazas se puede comenzar el ensayo. La máquina comienza a estirar la probeta hasta que se produce un ruido seco a la vez que la rotura de la misma, mientras que en la pantalla se observa la gráfica de lo que terminará siendo la curva tensión-deformación.

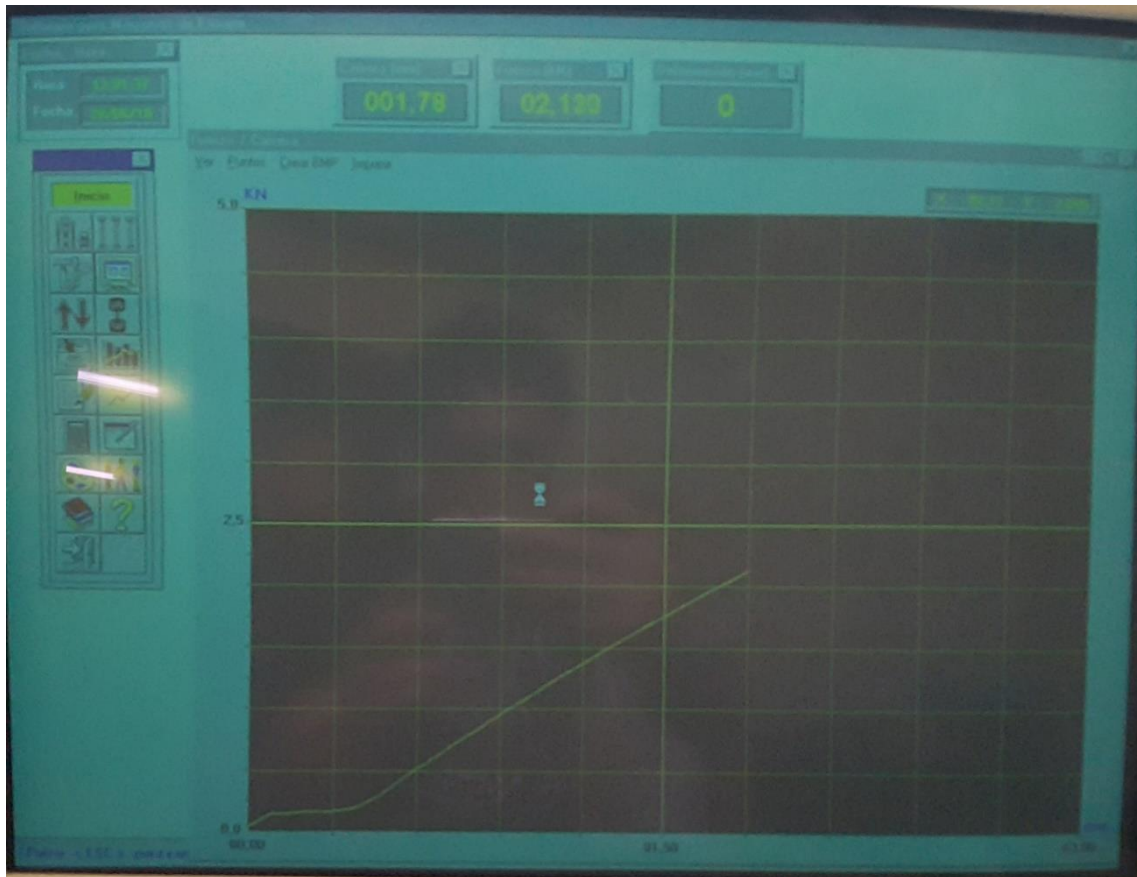


Figura 4.11.- Pantalla de la máquina de ensayos Ibertest durante ensayo de tracción.

Una vez finalizada la prueba se debe detener la máquina ya que ésta, por defecto, continúa moviendo la mordaza superior incluso una vez producida la rotura.

Los parámetros que hemos utilizado son constantes para las 9 pruebas realizadas: 3 probetas de fibra de vidrio, 3 de fibra de yute a 45° y 3 de fibra de yute a 90°.





*Figura 4.12.- Probetas tras el ensayo.*

*Figura 4.13.- Probeta ensayada en la máquina.*

De todos los ensayos realizados, todas las probetas a excepción de una se resolvieron de forma correcta, mientras que en el caso de una probeta de fibra de vidrio se produjo un desplazamiento del asiento metálico que obliga a descartar los resultados de dicho ensayo.

#### 4.2.2.- Péndulo de Charpy. Tenacidad

Para esta prueba se utilizó una de las máquinas de las que dispone el Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales para realizar ensayos de este tipo.

Por características de la máquina se tuvo que variar el tamaño de las probetas ya que no entraban en los apoyos de la máquina pasando a ser exactamente una cuarta parte de las originales, cortando por la mitad tanto transversal como longitudinalmente, cosa que no afecta al ensayo ya que vamos a trabajar con la sección de rotura, datos de los que disponemos.

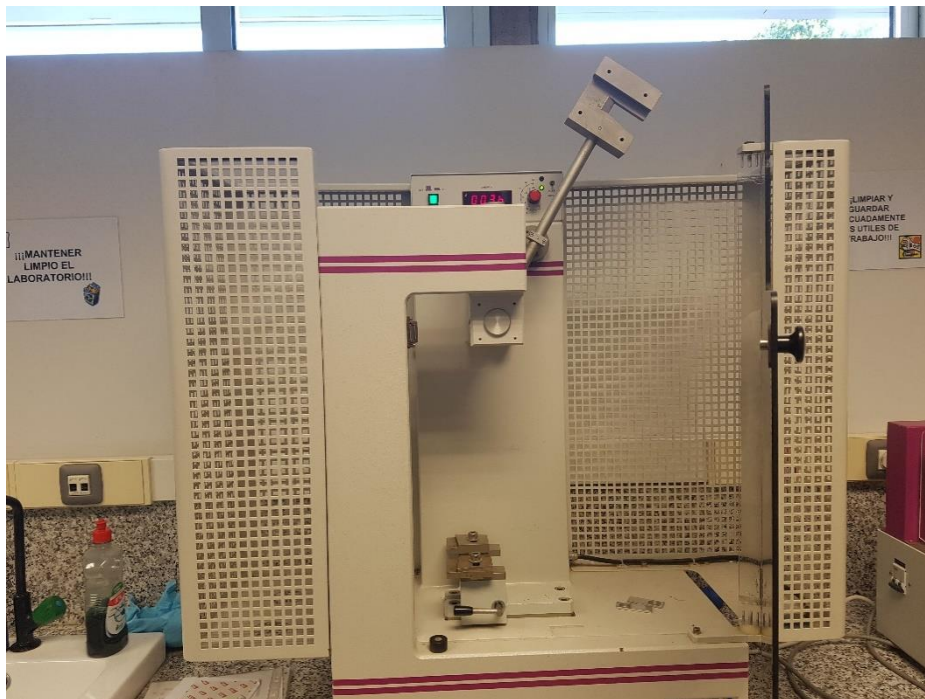
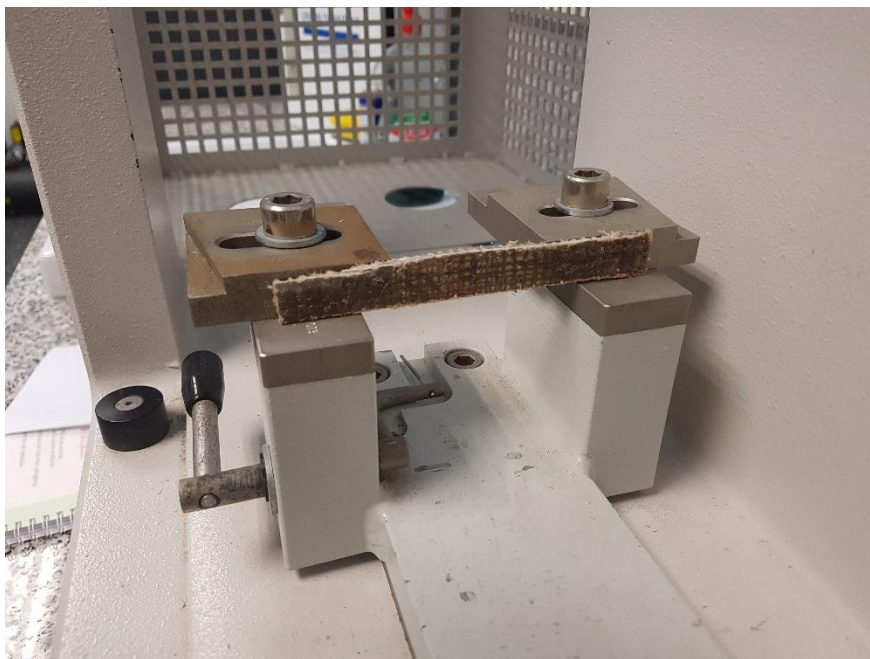


Figura 4.14.- Péndulo de Charpy.

Esta máquina nos devuelve la energía absorbida por la probeta tras su rotura en Julios.

Hemos ensayado 3 probetas de cada material y disposición, que se asientan sobre 2 puntos impactando un tercer punto en el péndulo sobre ellas, produciendo la rotura de esta, y absorbiendo la energía del péndulo.



*Figura 4.15.- Probeta colocada en los apoyos para su ensayo.*



*Figura 4.16.- Probeta ensayada (izquierda) probetas para ensayar (derecha) fibra de yute 45°.*

# **Capítulo 5:** **ANÁLISIS DE RESULTADOS**



El resultado de las pruebas efectuadas para este proyecto genera una serie de datos gráficos y numéricos que se han de analizar para determinar el éxito o fracaso del diseño y fabricación del material de fibras naturales para su utilización en la elaboración de carenados para motocicletas de competición.

### 5.1.- Resultados del ensayo de tracción.

En primer lugar, para el ensayo de tracción de las diferentes probetas los resultados obtenidos son representados por la máquina en una gráfica de fuerza/carrera y en una serie de datos numéricos registrados por los sensores de la máquina.

La siguiente gráfica refleja el resultado del primer ensayo realizado sobre una probeta de fibra de vidrio:

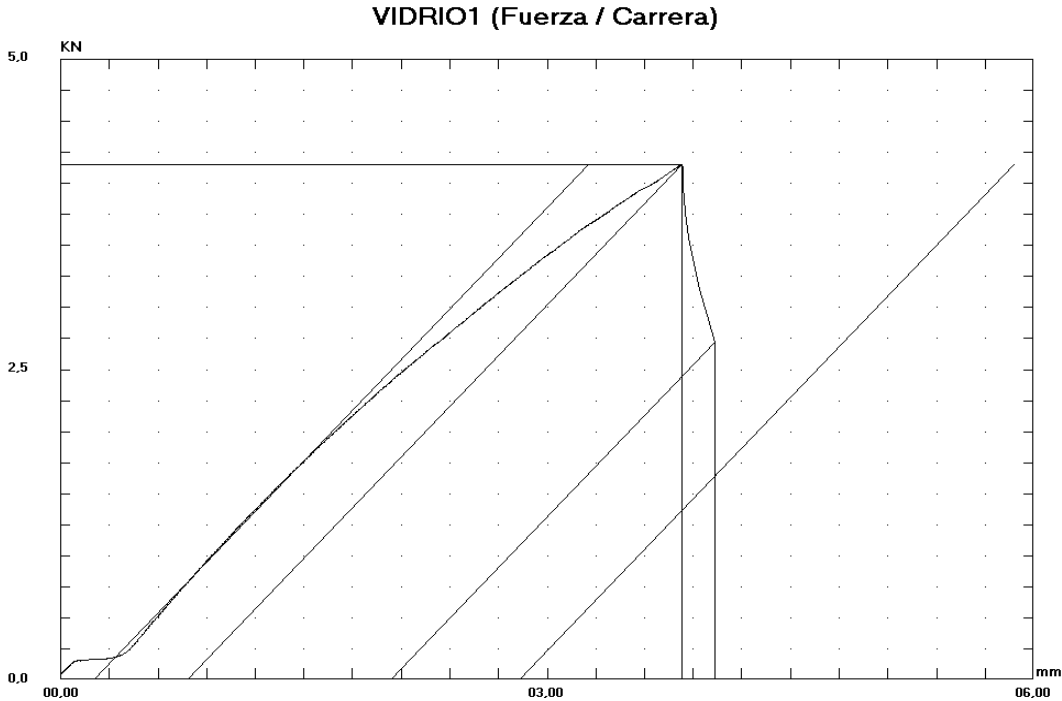
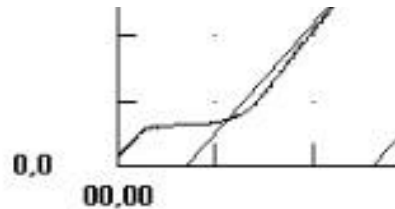


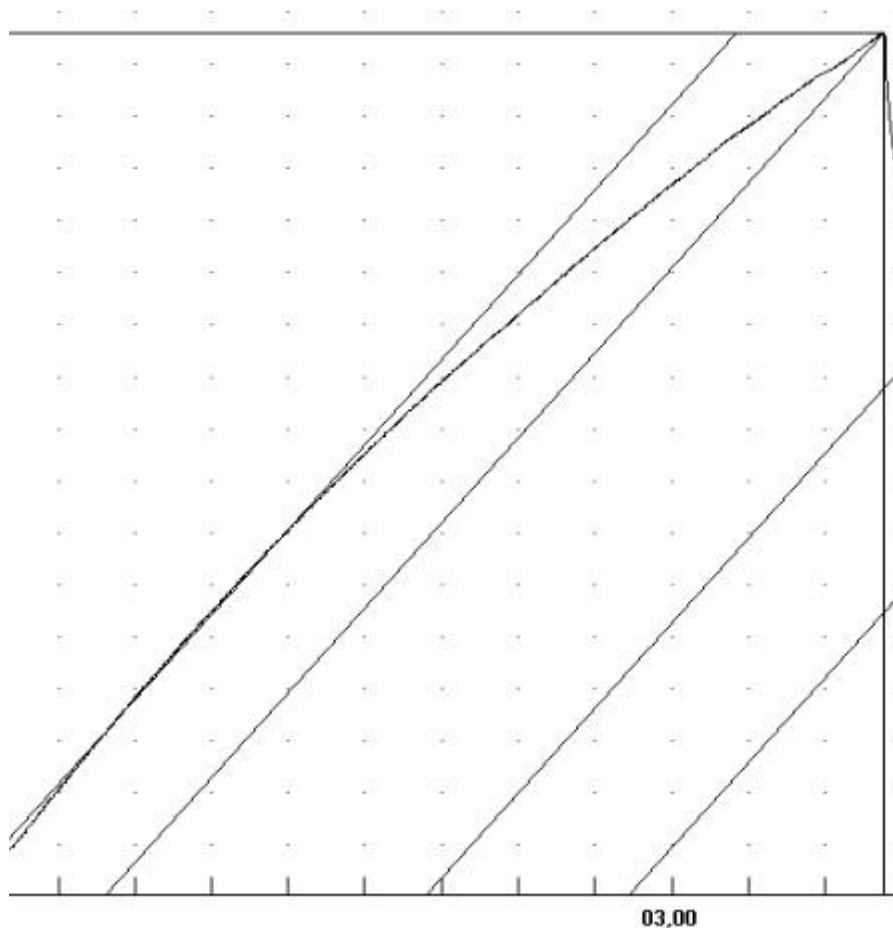
Figura 5.1.- Gráfica fuerza frente a carrera de la probeta de fibra de vidrio

Se observa cómo se ha producido el esfuerzo de tracción y como ha sido el comportamiento de la probeta ante este esfuerzo. Inicialmente se comprueba la zona de pretensado (Figura 5.2.) donde la máquina asienta la probeta con una fuerza de 30 N.



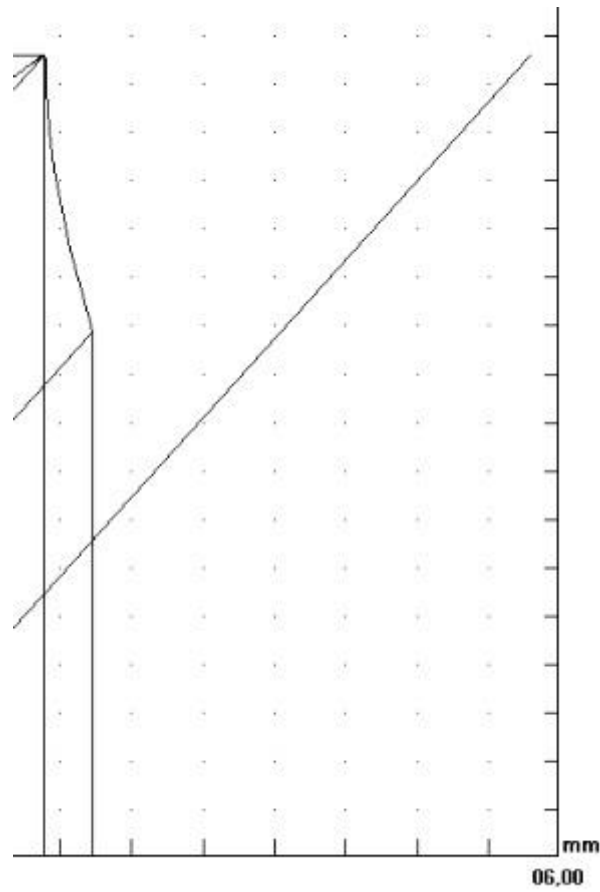
*Figura 5.2.- Pretensado de la probeta de vidrio*

Posteriormente en la figura 5.3. se observa la zona en la que la probeta comienza a alargarse produciéndose unas deformaciones elásticas hasta alcanzar el punto de fuerza máxima.



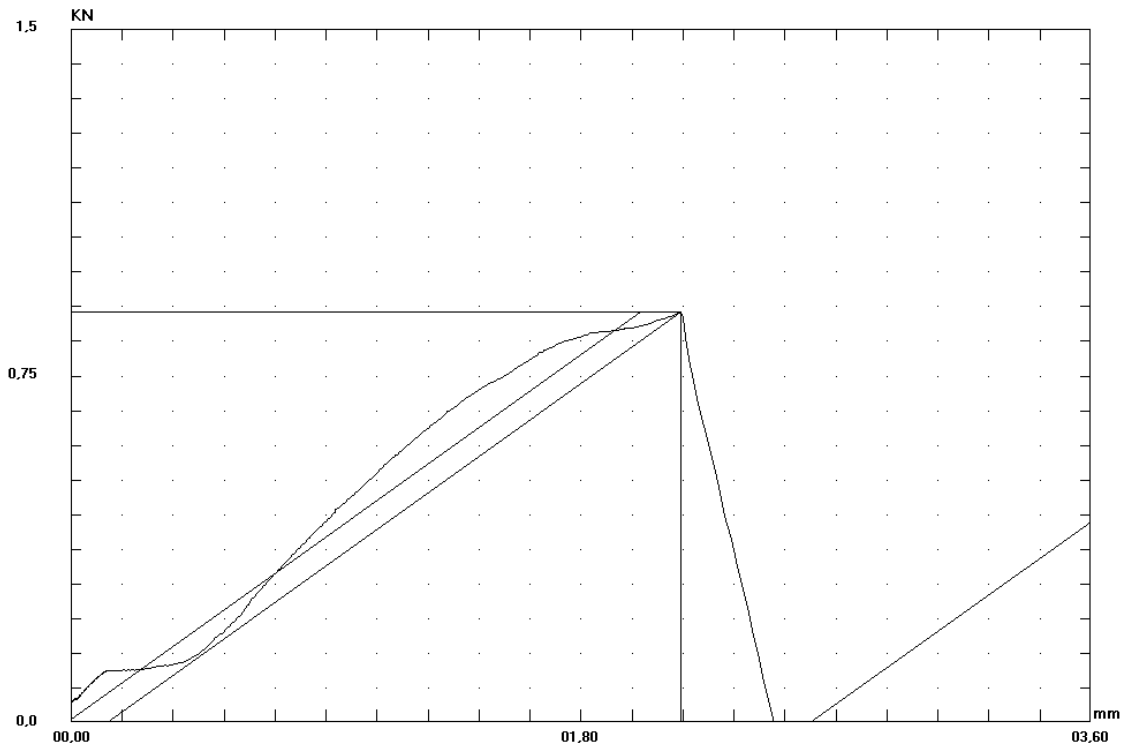
*Figura 5.3.- Zona de comportamiento elástico de la probeta de fibra de vidrio*

Pasado el punto de fuerza máxima la probeta comienza a deformarse de manera plástica y la fuerza comienza a disminuir hasta el punto de rotura.



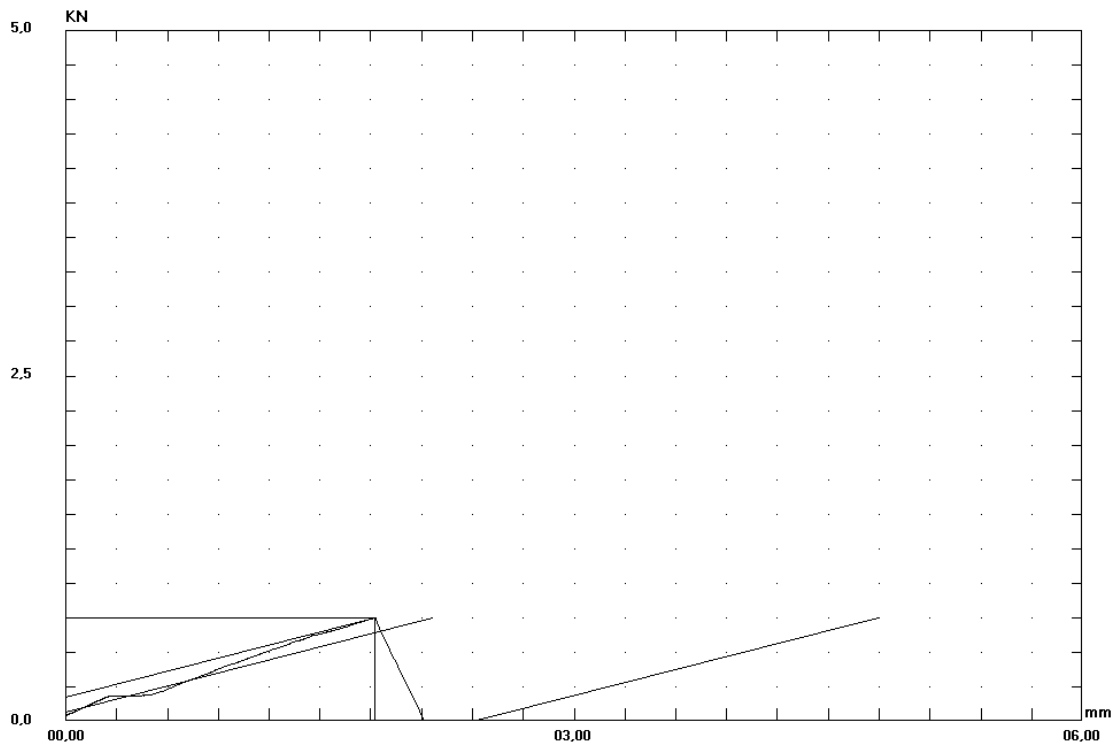
*Figura 5.4.- Zona de plasticidad y rotura de la probeta de fibra de vidrio*

A continuación, comprobamos que todas las gráficas presentan esta estructura, a partir de esto leemos los datos del archivo de resultados numéricos.



*Figura 5.5.- Diagrama fuerza/desplazamiento Yute 45°*

Como se puede apreciar en la figura 5.5 el diagrama fuerza frente a desplazamiento de la fibra de yute con disposición a 45° es muy similar a la mostrada por la probeta de fibra de vidrio, pero en este caso no encontraríamos la zona de plasticidad y rotura, ya que se produce una rotura al finalizar la zona elástica.



*Figura 5.6.- Diagrama fuerza desplazamiento Yute 90°*

En la gráfica de la figura 5.6 se puede apreciar que se diferencian las mismas zonas que en el caso del yute con disposición a 45° volviendo a producirse la rotura al final de la zona elástica.

"Tipo de Ensayo	", "Tracción", 4	
"Fecha del Ensayo	", "28/06/2018"	
"Procedencia	", "DPMCM"	
"Muestra	", "CEL, CARGA"	
"Material	", ""	
"Sección	", "Rectangular", 1	
"Lado 1	", 25	
"Lado 2	", 2	
"Area	", 50	
"Longitud	", 175	
"NO UTILIZADO	", 0	
"Referencia Ensayo	", "VIDRIO1"	
"Norma	", "UNE"	
"Tipo de Control	", "Fuerza (kN/s)", 0	
"Velocidad	", .2	
"Escala	", "1 / 1	", 0
"Temperatura	", "23°C"	
"Tiempo	", 26.31524	
"NO UTILIZADO	", "0"	
"Modelo Máquina	", "ELIB-50/W	"
"Célula	", "50 kN	", 0

Figura 5.7.- Datos registrados de la máquina Ibertest (I)

Se puede comprobar que se guardan todos los datos de la prueba tales como fecha, tipo de ensayo etc. mostrados en la figura 5.7.

Lo interesante aquí es validar que no hay ningún tipo de error en los parámetros de control que invalidarían los resultados del ensayo.

```

"Fuerza máxima",4.1524,2.7245,0
"Carrera máxima",3.83,4.04
"Deformación máxima y final (mm)","CU 50",0,0
"Deformación máxima y final (mm)","AUX1",0,0
"Deformación máxima y final (mm)","AUX2",0,0
"Deformación máxima y final (mm)","AUX3",0,0
"Deformación máxima y final (mm)","AUX4",0,0
"Deformación máxima y final (mm)","AUX5",0,0
"Resistencia máxima",83.047,54.49,0,"#0.0##"
"Cálculo manual del alargamient","No",0
"LE supuesto",0,0
"Corregir Origen de Coordenadas","Sí",1
"Ajuste Recta en Carrera (inf.)",10,50
"Ajuste Recta en Deform. (inf.)",20,60
"Long. Inicial Ptos (Lo)",5
"Long. Final entre Ptos (Lu)",666
"Area Rotura (Su)",12600
"Coef. de Estricción (Z)",-25100
"Límite Elástico al",.3
"Límite de Extensión al",.5
"Alarg. Remanente Rotura",1.83061

```

Figura 5.8.- Datos registrados de la máquina Ibertest (II)

Continuando con los datos numéricos, obtenemos los resultados del ensayo como tal, fuerza máxima, en este caso 4,1524 KN, o el alargamiento de rotura, en este caso 3,83 mm. Estos son los parámetros más destacables:

	Fuerza máxima (N)		
	Vidrio	Yute 45	Yute 90
Probeta 1	4152,4	888	749
Probeta 2	2894	774	503
Probeta 3	3596	621	699

Tabla 5.1.- Fuerza máxima

En esta tabla se pueden observar los datos de las fuerzas máximas alcanzadas por cada una de las probetas. A partir de esto, se obtiene la media de las fuerzas máximas, descartando la probeta 2 de fibra de vidrio, aunque se muestran los datos.

	<b>Media (N)</b>
Vidrio	3874,2
Yute 45	761
Yute 90	650,33

*Tabla 5.2.- Fuerza máxima media*

Con estas medidas se puede calcular la tensión de fluencia para cada material conociendo su área en el punto de fuerza máxima de modo que:

$$\sigma_{max} = \frac{F_{max}}{A}$$

Donde  $\sigma_{max}$  es la resistencia a tracción,  $F_{max}$  la fuerza máxima media y  $A$  el área, que se considera área inicial ya que, como hipótesis de cálculo, se supone que en el punto de fuerza máxima se encuentra una zona de deformaciones elásticas.

	<b>Tensión (Pa-N/m<sup>2</sup>)</b>	<b>MPa</b>
Vidrio	77484000	77,48
Yute 45	15220000	15,22
Yute 90	13006666,67	13,01

*Tabla 5.3.- Resistencia a tracción*

Cuando se representan los datos obtenidos por la máquina de ensayos para la fuerza en el punto de rotura se observa que, para el caso de los materiales compuestos de fibra de yute, se produce la rotura para la tensión máxima a la que se someten estas probetas.



Otro parámetro que conviene calcular para la caracterización de cualquier material es su Módulo de Young o Módulo de elasticidad longitudinal, este parámetro se obtiene a partir de su fórmula:

$$E = \frac{Sy}{\varepsilon}$$

Donde E es el mencionado Módulo de Young y  $\varepsilon$  el alargamiento unitario de la probeta (deformación), calculada como:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

Siendo  $\Delta L$  el incremento de la longitud, y  $L_0$  la longitud inicial.

Para calcular este parámetro necesitamos el límite de fluencia, y dado que los materiales con los que hemos estado trabajando no producen deformación plástica, este límite coincide con el de la tensión máxima, por lo que:

	<b>Módulo de Young (GPa)</b>
Vidrio	3,60
Yute 45	1,36
Yute 90	1,36

*Tabla 5.4.- Módulo de Young*

También resulta interesante estudiar las propiedades específicas de los diferentes materiales y disposiciones.

	<b>E/<math>\rho</math> (GPa*m<sup>3</sup>/kg)</b>
Vidrio	2,12
Yute 45	0,98
Yute 90	1,06

*Tabla 5.5.- Módulo de Young específico*

En la tabla se puede observar como en el caso de la fibra de yute a 90° presenta un mayor módulo de Young específico que la disposición a 45°.

	<b>Sy/ρ (MPa*m<sup>3</sup>/kg)</b>
Vidrio	45,69
Yute 45	10,95
Yute 90	10,15

*Tabla 5.6.- Límite de fluencia específico*

En la tabla 5.7 se aprecia como para el límite de fluencia específico para las dos disposiciones de fibra de yute se obtiene que los valores son muy semejantes distando mucho del propio de la fibra de vidrio.

## 5.2.- Resultados Péndulo de Charpy.

Con el ensayo del Péndulo de Charpy obtenemos la tenacidad de un material. Tradicionalmente la energía absorbida por la probeta se calculaba por la diferencia de altura entre el punto de partida del péndulo, y la altura a la que obtiene velocidad cero tras impactar con la probeta, dado que en nuestro caso el péndulo usado nos da como dato la energía absorbida directamente, este proceso es obviado.

	Energía absorbida (J)		
Vidrio	1,32	1,17	1,32
Yute 45	0,36	0,42	0,42
Yute 90	0,57	0,39	0,39

Tabla 5.7.- Energía absorbida por las probetas

	Media
Vidrio	1,27
Yute 45	0,4
Yute 90	0,45

Tabla 5.8.- Energía media absorbida

Como era de esperar la resistencia a impacto de la fibra de vidrio es superior, siendo el doble que en el caso de las fibras de yute, diferencia que no es significativa dado que hasta que no se determine la energía absorbida por unidad de superficie, no se puede realizar una comparación objetiva.

	Energía absorbida/superficie (J/m <sup>2</sup> )
Vidrio	88563,46
Yute 45	16913,32
Yute 90	17516,54

Tabla 5.9.- Energía absorbida por metro cuadrado

Como podemos observar al ver la energía absorbida por unidad de superficie denotamos que la resistencia a impacto de la fibra de vidrio es significativamente superior a la ofrecida por las dos disposiciones de fibra de yute.

# **Capítulo 6: FABRICACIÓN DE CARENADO.**

A la vista de los resultados ofrecidos por las pruebas realizados nos disponemos a fabricar el carenado para la motocicleta. En este proyecto nos vamos a centrar en la fabricación de carenados de una forma artesanal, la utilizada para conseguir el mejor resultado posible de cara a las propiedades mecánicas, facilidad de fabricación y costes cuando hablamos de pequeñas producciones. El hecho de fabricar sus propios carenados confiere al equipo de competición una independencia en cuanto a la fabricación y reparación de las piezas, reduciendo el coste y disminuyendo considerablemente los plazos.

Para comenzar el proceso de fabricación de unos carenados de motocicleta el paso inicial consiste en construir unos moldes de las diferentes piezas que se deseen realizar. Para esto deberemos contar con una pieza que sirva de modelo que poder recrear.

En el caso de tratarse de un carenado prototipado, sería necesario realizarlo en espuma o en algún material de fácil moldeado, como por ejemplo el poliestireno extruido, ampliamente utilizado por su ligereza y por el hecho de que presenta una superficie sin rugosidad, lo que ayuda a la correcta formación del molde.

En nuestro caso vamos a recrear un carenado comercial de la marca Honda para la categoría de moto3 del año 2015, cumpliendo así con los requerimientos de tamaño del reglamento de MotoStudent, donde será utilizado este carenado [5], por lo que nos centraremos en como fabricar el molde a partir de un carenado definitivo.

Para iniciar la fabricación, el primer paso consiste en limpiar a conciencia la pieza por la que se va a empezar. Posteriormente se tapan los agujeros de los tornillos de acople con cinta de carroceros. Con la pieza lista se aplica alcohol polivinílico con una pistola, ya que de otra manera el acabado superficial de la capa sería significativamente peor. El alcohol polivinílico actúa de desmoldeante para no dañar la pieza al retirar el molde.

Llegados a este punto se deben aplicar numerosas capas de fibras de vidrio impregnadas en resina de poliéster hasta obtener un molde de unos 15mm de espesor, lo que equivaldría a siete u ocho capas de fibra. Se podría realizar con menor cantidad de capas, pero dada la inversión de tiempo y dinero que supone realizar un molde de cada una de las piezas es conveniente fabricarlo con una resistencia suficiente para que pueda ser reutilizado.

Para realizar las piezas tales como el frontal o el colín se requiere cortar el molde por ciertas zonas que permitan facilitar el desmontaje tanto de la pieza original como de las piezas terminadas.

**[5]: Entrada número 5 de la bibliografía.**

Esta parte del proceso termina dejando secar el nuevo molde veinticuatro horas ante de desmoldear.

Con estos pasos ya tendremos listos los moldes para comenzar a fabricar las piezas en fibra de yute.

El proceso de fabricación de estas piezas, descrito someramente, es como sigue:

Inicialmente se aplica una capa de alcohol polivinilico que, al igual que en el caso de los moldes descrito anteriormente, actuará como desmoldeador.

Seguidamente se aplica una capa de gelcoat, un compuesto utilizado para mejorar el acabado de la pieza, y que permite que la pintura se adhiera de forma uniforme a la superficie de la pieza terminada. Esta capa se aplica con una brocha sobre el molde requiriéndose un horno de grandes dimensiones ya que debe calentarse a 60 grados durante treinta minutos para poder aplicar la fibra sobre ella.



*Figura 6.1.- Aplicación de la capa de gelcoat*

Asentado ya el gelcoat se comienza con la preparación de la fibra. Medimos para recortar de forma aproximada la fibra para que cubra el molde.



*Figura 6.2.- Capa de fibra de yute sin resina*

Para poder trabajar de manera correcta, se preimpregna la pieza en la resina de poliéster que previamente hemos catalizado (al 2% a 25 grados centígrados, aunque se puede corregir en función de los factores ambientales) y dejado reposar durante diez minutos. Una vez que las láminas de fibras están impregnadas con resinas, las colocamos sobre el molde asegurándonos que cubrimos toda la superficie de forma uniforme, una vez aplicada la fibra, distribuimos la resina de forma uniforme con la ayuda de un rodillo.



*Figura 6.3.- Aplicación de la fibra sobre el molde (I)*

Aplicando dos capas completas de fibra tendremos terminada la pieza que dejaremos secar durante veinticuatro horas, para posteriormente desmoldear y obtener la pieza acabada y lista para pintar.





*Figura 6.4.- Aplicación de fibra sobre molde (II)*



*Figura 6.5.- Carenado completo acabado (I)*



*Figura 6.6.- Carenado completo acabado (II)*

# **Capítulo 7:**

# **CONCLUSIONES**

La primera conclusión que obtenemos del análisis de las pruebas realizadas es que las propiedades mecánicas de los materiales compuestos fabricados con fibras vegetales residuo de la industria agroalimentaria no están a la altura de los materiales de uso más extendido como la fibra de vidrio. Todos los parámetros analizados muestran esta clara diferencia, valga como ejemplo la fuerza máxima alcanzada a tracción que en el caso de la fibra de vidrio es 5 veces superior a la fibra de yute. Sin embargo, la rigidez de las fibras de yute es aproximadamente la mitad que la fibra de vidrio.

Aun así, estos materiales podrían tener utilidad en aplicaciones con una baja sollicitación mecánica, como es el caso que nos compete -fabricación de un carenado de motocicleta de competición-, donde los requerimientos mecánicos son exclusivamente los producidos por las fuerzas aerodinámicas, cumpliendo la fibra de yute holgadamente los límites mínimos necesarios.

De las dos configuraciones probadas en cuanto a la distribución de las fibras de yute, la que ha presentado mayor resistencia mecánica es aquella en que se disponen a 45°, aunque las diferencias son mínimas sobre todo si se comparan con los parámetros alcanzados por la fibra de vidrio.

Sin embargo, otro parámetro de gran importancia es el peso, y en este caso es donde la fibra de yute se asemeja a la fibra de vidrio, siendo incluso más ligera. Un carenado realizado en fibra de yute es ligeramente más ligero que el mismo fabricado con fibra de vidrio, proporcionando una mínima ventaja competitiva.

Dado que el peso es el factor limitante en el mundo de la competición, la fabricación de un carenado para moto de competición realizado con fibras de yute es viable y ya se ha realizado. Cabe recordar que como valor añadido se presenta una alternativa biodegradable y compatible medioambientalmente.

# **BIBLIOGRAFÍA**

- 1.- AIMPLAS: Asesoramiento técnico.
- 2.- American Society for Testing and Materials: ASTM D3039/D3039M-08 Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials.
- 3.- International Organization for Standardization: ISO 179-1:2010 Determination of Charpy impact properties.
- 4.- Ibertest: Modo de empleo máquina electromecánica Ibertest mod. ELIB-50 / W.
- 5.- Reglamento de la competición internacional para Universidades Moto Student.

# **ANEXOS**

## **TABLAS DE RESULTADOS**

	<b>Fuerza máxima (N)</b>		
	Vidrio	Yute 45	Yute 90
Probeta 1	4152,4	888	749
Probeta 2	2894	774	503
Probeta 3	3596	621	699

Tabla 1.- Fuerza máxima a tracción

	<b>Tensión (Pa-N/m<sup>2</sup>)</b>	<b>MPa</b>
Vidrio	77484000	77,48
Yute 45	15220000	15,22
Yute 90	13006666,67	13,01

Tabla 2.- Resistencia a tracción

	<b>Media (N)</b>
Vidrio	3874,2
Yute 45	761
Yute 90	650,33

Tabla 3.- Fuerza máxima media

	<b>Modulo de Young (GPa)</b>
Vidrio	3,60
Yute 45	1,36
Yute 90	1,36

Tabla 4.- Módulo de Young

Area inicial	50	mm <sup>2</sup>
	0,00005	m <sup>2</sup>
Longitud inicial	175	mm

Tabla 5.- Dimensiones de la probeta

	<b>Media</b>
Vidrio	2594,75

Tabla 6.- Fuerza media de rotura a tracción

	<b>Alargamiento fuerza máxima (mm)</b>		
	Vidrio	Yute 45	Yute 90
Probeta 1	3,83	2,15	1,83
Probeta 2	5,14	2,08	1,28
Probeta 3	3,7	1,65	1,93

Tabla 7.- Alargamiento en el punto de máxima fuerza

	<b>Media</b>
Vidrio	3,77
Yute 45	1,96
Yute 90	1,68

Tabla 8.- Alargamiento medio en el punto de fuerza máxima



	<b>Alargamiento rotura (mm)</b>		
	Vidrio	Yute 45	Yute 90
Probeta 1	4,04	2,49	2,11
Probeta 2	5,08	2,42	1,48
Probeta 3	3,52	1,93	2,22

Tabla 9.- Alargamiento en el punto de rotura

	<b>Media</b>
Vidrio	3,78
Yute 45	2,28
Yute 90	1,94

Tabla 10.- Alargamiento medio en el punto de rotura

	<b>Sy/ρ</b>
Vidrio	45,69
Yute 45	10,95
Yute 90	10,15

Tabla 11.- Límite de fluencia específico

	<b>E/ρ</b>
Vidrio	2123,87
Yute 45	977,71
Yute 90	1056,88

Tabla 12.- Modulo de Young específico

	$\rho$
Vidrio	1,69
Yute 45	1,39
Yute 90	1,28

Tabla 13.- Peso específico

	Energía absorbida (J)		
Vidrio	1,32	1,17	1,32
Yute 45	0,36	0,42	0,42
Yute 90	0,57	0,39	0,39

Tabla 14.- Energía absorbida por las probetas

	Media
Vidrio	1,27
Yute 45	0,4
Yute 90	0,45

Tabla 15.- Energía media absorbida

	Energía absorbida/superficie ( $J/m^2$ )
Vidrio	88563,46
Yute 45	16913,32
Yute 90	17516,54

Tabla 16.- Energía absorbida por metro cuadrado



# **DOCUMENTO II**

# **PRESUPUESTO**

## **COSTE DEL PROYECTO.**

Se recogen en este apartado los costes reales de este proyecto de investigación, desglosándose por partidas e incluyendo la amortización de equipos utilizados en el mismo.

### **Costes de material empleado en la fabricación de los carenados:**

<b>Concepto de gasto-Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Coste unitario</b>	<b>Total</b>
Fibra de vidrio	16	m <sup>2</sup>	4,95 €	79,20 €
Resina de poliéster	10	Kg.	12,99 €	129,90 €
Alcohol polivinílico	1	l.	19,96 €	10,96 €
MAT fibra de coco	10	m <sup>2</sup>	0,00 €	0,00 €
Malla de fibra de yute	20	m <sup>2</sup>	0,00 €	0,00 €
Malla de fibra de coco	10	m <sup>2</sup>	0,00 €	0,00 €
Film transparente	60	m <sup>2</sup>	0,25 €	15,00 €
Guantes de nitrilo	20	Par	0,07 €	1,40 €
Vasos medidores	10	unidad	1,50 €	15,00 €
Rodillos	7	unidad	3,24 €	22,68 €
<b>TOTAL</b>				<b>274,14 €</b>

El coste de las fibras es 0 ya que han sido donadas por la empresa .

### **Amortizaciones del equipamiento utilizado:**

Se ha reflejado el coste aproximado de este equipamiento en base a su coste original y el tiempo que se ha empleado en este proyecto.

<b>Concepto de gasto- Amortizaciones</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Coste unitario</b>	<b>Total</b>
Ordenador	1	1	47	47,00 €
Báscula	1	1	5	5,00 €
Herramientas	1	1	12	12,00 €
<b>TOTAL</b>				<b>64,00 €</b>

Por lo tanto el coste total del proyecto de investigación ha sido de **338,14€**.

## PRESUPUESTO DE CONTRATA.

En el hipotético caso de que este proyecto hubiese sido encargado por una empresa, el presupuesto debe incluir otra serie de conceptos que van más allá del coste intrínseco. En este apartado se analiza lo que sería este presupuesto desglosado por partidas.

### Recursos humanos:

Se plantea la repercusión a la empresa contratante de las horas de trabajo de un ingeniero de investigación y de un ingeniero de supervisión en base a los precios de 50€/h para el primero y 80€/h el segundo:

Concepto de gasto-Recursos Humanos	Cantidad	Unidad	Coste unitario	Total
<i>Ingeniero de investigación</i>				
Documentación bibliográfica	50	hora	20,00 €	1.000,00 €
Análisis	20	hora	20,00 €	400,00 €
Generación de documentos	50	hora	20,00 €	1.000,00 €
<i>Proceso de fabricación</i>				
Construcción de moldes	20	hora	30,00 €	600,00 €
Fabricación de probetas	10	hora	30,00 €	300,00 €
Fabricación del carenado	15	hora	30,00 €	450,00 €
Pruebas	20	hora	30,00 €	600,00 €
<i>Ingeniero de supervisión</i>				
Supervisión general del proyecto	20	hora	50,00 €	1000,00 €
<b>TOTAL</b>				<b>5.350,00 €</b>

**Gastos generales:**

Este concepto recoge la imputación a este proyecto de los gastos generales de una empresa dedicada a la consultoría en ingeniería (alquileres, administración, gastos financieros, impuestos, etc). Se calcula como un porcentaje del 8% sobre el importe total del proyecto:

<b>Concepto de gasto-Gastos generales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Coste unitario</b>	<b>Total</b>
Gastos generales				428,00 €
<b>TOTAL</b>				<b>428,00 €</b>

**Resumen del presupuesto:**

<b>RESUMEN</b>	<b>TOTAL</b>
Materiales	274,14 €
Amortización	64,00 €
Recursos humanos	5.350,00 €
Gastos generales	428,00 €
<b>TOTAL</b>	<b>6.116,14 €</b>

# **DOCUMENTO III**

# **PLIEGO DE CONDICIONES**



## **OBJETO**

El presente documento refleja todas las normas, reglamentos y leyes de carácter general que sean de aplicación tanto en el desarrollo como en la ejecución del Proyecto que se presenta, dejando constancia de los derechos y obligaciones de las partes implicadas en la realización del mismo.

El presente documento rige la elaboración y el uso de los métodos utilizados para la resolución del problema planteado. Es de obligado cumplimiento y será tenido en cuenta en todo momento durante la elaboración del presente proyecto.

En caso de contradicción entre lo definido en la memoria y el pliego de condiciones, prevalecerá la memoria si la incompatibilidad se refiere a cálculos, y prevalecerá el pliego de condiciones si la incompatibilidad se refiere a cualquier otro asunto.

## **CONDICIONES TÉCNICAS.**

### **Extensión de las partes de que consta el proyecto.**

El proyecto se puede dividir en 4 partes:

1. Revisión bibliográfica de la teoría de los materiales compuestos
2. Análisis y descripción de la fabricación de carenados de motocicletas de competición.
3. Caracterización de las propiedades mecánicas de los materiales utilizados mediante ensayos experimentales.
4. Análisis de resultados y definición de conclusiones sobre la idoneidad de los materiales descritos para su utilización en la fabricación de carenados.

### **Especificaciones de material.**

Las propiedades de los materiales empleados se describen en el apartado correspondiente donde estos han sido utilizados.

### **Legislación.**

El diseño del producto y el proceso de producción no entrarán en contradicción con las normas legales que actualmente o con posterioridad se dicten, y en especial con las que aparecen en el presente documento. Se actuará en coordinación con las Administraciones Públicas en temas de Seguridad e Higiene en el trabajo mejora de empleo, calidad medioambiental...

Serán de obligado cumplimiento las siguientes normativas:

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (BOE 10/11/95).

Última modificación: 29 de diciembre de 2014.

- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención (BOE 31/01/97).

Última modificación: 10 de octubre de 2015.

- Real Decreto 1644/2008, de 10 de octubre, por el que se establecen las normas para la comercialización y puesta en servicio de las máquinas (BOE 11/10/2008).

- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo (BOE 23/04/97).

- Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en partículas dorso lumbares, para los trabajadores (BOE 23/04/97).

- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo (BOE 07/08/97), modificado por Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre, (BOE 13/11/04).

Además de la normativa general de aplicación en todo proceso de fabricación existe en este caso una muy particular ya que al tratarse de la fabricación de un carenado para motocicleta de competición estará sujeta al reglamento técnico de la competición que se trate.

De forma general se puede distinguir entre las competiciones de prototipos en las que la fabricación del carenado es libre y por lo tanto el reglamento es muy específico y determinante, y las competiciones basadas en motos “de calle”, en las que, al tener que mantener las formas del carenado de la motocicleta original, el reglamento no es tan definitivo.

Como ejemplo del primer caso el reglamento de la competición internacional para Universidades Moto Student y en el segundo caso el reglamento de la categoría de Supersport 300 del Campeonato de España de Velocidad organizado por la RFME.

## **CONDICIONES FACULTATIVAS.**

En la consecución final del proyecto intervienen las siguientes personas físicas o jurídicas:

**Dirección facultativa o dirección técnica:** es el autor del proyecto, que posee pleno conocimiento del mismo y de las circunstancias que lo rodean.

**Propiedad:** es quien compra a la dirección facultativa la explotación del proyecto y quien dispone del capital necesario para llevarlo a cabo. La propiedad compra a la dirección facultativa el proyecto tal y como se expone hasta ahora, y contrata a un contratista para que se realicen las partes que constituyen la extensión del proyecto.

**Contratista:** en el presente proyecto, la contrata puede ser una ingeniería o una U.T.E. (Unión Temporal de Empresas). Se encarga de realizar los trabajos antes mencionados.

En este apartado se describen y regulan las relaciones entre la contrata y la dirección facultativa derivadas de la ejecución técnica de los trabajos.

### **Obligaciones y derechos del contratista.**

Las obligaciones y los derechos que corresponde al contratista en relación a la ejecución de los trabajos son las siguientes:

- El contratista está obligado a conocer las normas utilizadas en la ejecución del proyecto, para la correcta ejecución de los trabajos.
- El contratista está obligado a llevar a cargo la experimentación sobre prototipos.
- El contratista está obligado a no empezar los trabajos sin la dirección facultativa.
- El contratista está obligado a cumplir los requisitos del libro de órdenes (condiciones técnicas y facultativas)
- El contratista tiene derecho a exigir un ejemplar del proyecto.
- El contratista tiene derecho a recibir solución técnica a los problemas no previstos en el proyecto.
- El contratista tiene derecho a que se le suministren los materiales y máquinas que están a cargo de la propiedad en el plazo y condiciones estipuladas.

### **Facultades de la dirección técnica.**

La dirección técnica tiene facultad para decidir sobre el comienzo, ritmo y calidad de los trabajos, así como el control de la seguridad del personal que ejecute los trabajos.

### **Comienzo, ritmo, plazo y condiciones de la ejecución de los trabajos.**

Una vez establecida la fecha de inicio de los trabajos, se establecerá por acuerdo firmado entre la contrata y la propiedad una fecha de consecución límite. Fijada esta fecha, la contrata deberá proceder a la entrega de un informe donde se indique la planificación de los trabajos.

Dicha planificación se realizará con un diagrama de barras donde conste la fecha de inicio, el ritmo de trabajos y la fecha final de cada trabajo.

### **Trabajos defectuosos y modificaciones por causa de fuerza mayor.**

El contratista tiene la responsabilidad de reponer a su costa aquellos trabajos que estén correctamente ejecutados a juicio de la dirección facultativa; se extiende también dicha responsabilidad a aquellos defectos no detectados, pero existentes: los denominados vicios ocultos.

## **CONDICIONES ECONÓMICAS.**

En este apartado se describen y regulan las relaciones económicas entre la propiedad y la contrata.

### **Fianza.**

La fianza es el porcentaje sobre el valor total de los trabajos de investigación y desarrollo, que deposita la contrata como garantía de la firma del contrato.

La fianza se establecerá en un 4%. Además de esta fianza, se fijará una retención del 5% del conjunto de las certificaciones.

La devolución de la fianza y de las retenciones se realizará tras la firma del acta de la recepción definitiva.

### **Precios contradictorios.**

Todo precio de la partida no presupuestada en el proyecto original y que aparece durante la ejecución de los trabajos deberá ser aprobado por la dirección técnica para que se pueda ejecutar el trabajo correspondiente.

### **Mejoras y modificaciones.**

Toda mejora o modificación que se produzca por deseo de la propiedad correrá a su cargo, tanto si se realiza durante el periodo de fabricación, como si es realizada en periodo de prueba. Cualquier modificación por parte del contratista no modificará el precio inicial presupuestado.

### **Abono de los trabajos.**

Una vez la propiedad reciba el prototipo, tendrá un plazo de 60 días para abandonar su importe a la contrata. La modalidad de pago se acordará previamente entre la propiedad y la contrata.

### **Penalizaciones**

Se estipulan dos tipos de penalizaciones:

Penalización por incumplimiento de contrata

Penalización por demora: se aplicará por cada día de retraso en la ejecución de los trabajos a razón de 3€ por cada día.

No se computarán como días de demora los días perdidos por causa de fuerza mayor como huelgas autorizadas, catástrofes y las causas administrativas.

## **CONDICIONES LEGALES.**

En este apartado se fijan las condiciones de tipo legal que debe cumplir el contratista, así como el tipo de contrato y adjudicación que ha de regir.

### **El contrato**

El tipo de contrato que es de aplicación es el contrato a precio alzado. En esta modalidad se estipula una cantidad fija por la totalidad de los trabajos desde el principio, y no se modifica por ningún motivo.

### **Arbitraje y jurisprudencia competente**

En caso de litigio o desavenencia entre el cliente y el contratista, será la dirección técnica la que actuará como árbitro para eliminar dichas desavenencias y decir cuál de las partes tiene razón y poder llegar así a un acuerdo. En caso de no llegar a un acuerdo, cada una de las partes llamará a un técnico y, entre estos, intentarán solucionar el problema.

Si no se llegase a ninguna solución, se llevará el litigio a juicio.

## **Responsabilidad del contratista**

Las responsabilidades que debe asumir el contratista durante la vigencia del contrato son:

- Solvencia económica
- Situación legal y laboral de los trabajadores
- Buena calidad de ejecución de los trabajos
- Cumplir la entrega del pedido en los plazos expuestos en los apartados anteriores del pliego de condiciones

## **Subcontratas**

Se podrá realizar una cesión de trabajos mediante la contratación de otros suministradores.

Aun habiéndose realizado estas subcontratas, se hace constar que el contratista principal sigue siendo el único responsable frente a la propiedad.

## **Accidentes de trabajo**

Se exige el cumplimiento de las ordenanzas de seguridad e higiene en el trabajo, así como todas aquellas órdenes que regulan los trabajos contemplados en el proyecto.

## **Daños a terceros**

El contratista es el responsable de los posibles daños a terceros, y tienen la obligación de abonar los gastos que a aquellos produjeran.

## **Causas de rescisión del contrato**

Las causas por las que el contrato puede rescindirse son:

- Retraso excesivo en la ejecución del contrato
- Abandono de los trabajos sin causa justificada
- Causa administrativa
- Fallecimiento del contratista

En el caso de rescisión del contrato por parte del cliente, se abonará a la contrata los trabajos efectuados hasta el momento, más el 50% del resto del trabajo pendiente, excepto cuando la rescisión sea debida a un retraso excesivo en la ejecución o por abandono de los trabajos sin causa justificada.

# **DOCUMENTO IV**

## **PLANOS**





