



aitex®
textile research institute

rGENERA

Reutilización de fibras de carbono para la generación de productos textiles destinados a la fabricación de composites termoplásticos





Contenido

| | |
|---|----|
| 1. Ficha técnica del proyecto..... | 3 |
| 2. Antecedentes y motivaciones..... | 4 |
| 3. Objetivos del proyecto | 5 |
| 4. Plan de trabajo | 6 |
| 5. Resultados obtenidos | 9 |
| 1. Revalorización de fibras mediante cardado e hilatura (hilados híbridos de fibra cortada). | 9 |
| 2. Hibridación a partir de hilados de carbono de fibra cortada. | 11 |
| 2.1. Hibridación por torcido | 11 |
| 2.2. Hibridación mediante hilatura por fricción a partir de hilados de fibra de carbono cortada. | 12 |
| 2.3. Hibridación por tejeduría a partir de hilados de fibra de carbono cortada. | 13 |
| 3. Caracterización y prototipado. | 15 |
| 6. Impacto empresarial | 17 |



1. Ficha técnica del proyecto

| | |
|--------------------------------|--|
| Nº EXPEDIENTE | IMAMCI/2021/1 |
| TÍTULO COMPLETO | Reutilización de fibras de carbono para la generación de productos textiles destinados a la fabricación de composites termoplásticos |
| PROGRAMA | Plan de Actividades de Carácter no Económico 2021 |
| ANUALIDAD | 2021 |
| PARTICIPANTES | (SI PROCEDE) |
| COORDINADOR | (SI PROCEDE) |
| ENTIDADES FINANCIADORAS | IVACE – INSTITUT VALENCIÀ DE COMPETITIVITAT EMPRESARIAL www.ivace.es |
| ENTIDAD SOLICITANTE | AITEX |
| C.I.F. | G03182870 |



**GENERALITAT
VALENCIANA**



Este proyecto cuenta con el apoyo de la Conselleria d'Economia Sostenible, Sectors Productius i Treball, a través de IVACE (Institut Valencià de Competitivitat Empresarial)



2. Antecedentes y motivaciones

El gran desarrollo de la industria de los composites de fibra de carbono en los últimos años hace necesaria la introducción de nuevas técnicas de fabricación que permitan la reutilización de estas fibras tras el fin de su vida útil, fomentando un modelo de economía circular, en detrimento del insostenible modelo actual de economía lineal y los problemas asociados a la acumulación de residuos de composites en vertederos. Mediante el proyecto rGENERA, se pretende generar conocimiento hacia la obtención de composites termoplásticos de fibra de carbono reciclada (*rCF*) que presenten prestaciones medio-altas.

Actualmente, existen numerosas investigaciones e instalaciones industriales que permiten la recuperación de estas fibras de refuerzo mediante procesos de pirólisis tradicional, pirólisis en lecho fluidificado y pirólisis asistida por microondas. Estos métodos eliminan la matriz termoestable o termoplástica del composite y su *sizing*, llegando a obtener fibras recicladas con longitudes de hasta 100-120mm de longitud¹. El estado actual de la técnica únicamente permite a nivel industrial la revalorización de estas fibras rCF mediante la obtención de tejidos no-tejidos, los cuales presentan bajas propiedades mecánicas y aplicaciones limitadas. Mediante el desarrollo y optimización de técnicas tradicionales de cardado e hilatura de fibra cortada se pretende generar conocimiento hacia la obtención de hilados y estructuras textiles, destinadas a la fabricación de composites termoplásticos que mejoren sus propiedades mecánicas y las posicionen a niveles similares a sus homólogos, fabricados con fibra de refuerzo continua (no reciclada)².

Con el fin de mejorar el procesado de estos materiales compuestos, se apuesta por la combinación de la fibra de carbono reciclada con fibras de polímeros termoplásticos (*TP*), como el PP, PET, PPS, PBS, etc., los cuales presentan menores tiempos de procesado y no precisan de condiciones de almacenamiento controladas. Además, se prescinde de las diferentes etapas de curado posterior y se cuenta con la posibilidad de poder ser reprocesados, unidos mediante fusión y reutilizados tras su conformado. Abriendo las puertas a nuevas técnicas de procesado no posibles con el uso de resinas termoestables, con mayor versatilidad y con un menor impacto ambiental tras el fin de su vida útil³.

¹ Oliveux, Géraldine. (2015). "Current status of recycling of fibre reinforced polymers: Review of technologies, reuse and resulting properties". *Progress in Materials Science*, v. 72, p.p. 61-99; <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2015.01.004>.

² Pakdel, Esfandiar. (2021). "Recent progress in recycling carbon fibre reinforced composites and dry carbon fibre wastes". *Resources, Conservation & Recycling*, v. 166, 105340, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105340>

³ Akonda, Mahmudul. (2011). "Recycled carbon fibre-reinforced polypropylene thermoplastic composites", *Composites: Part A*. v. 43, p.p. 79-86. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2011.09.014>

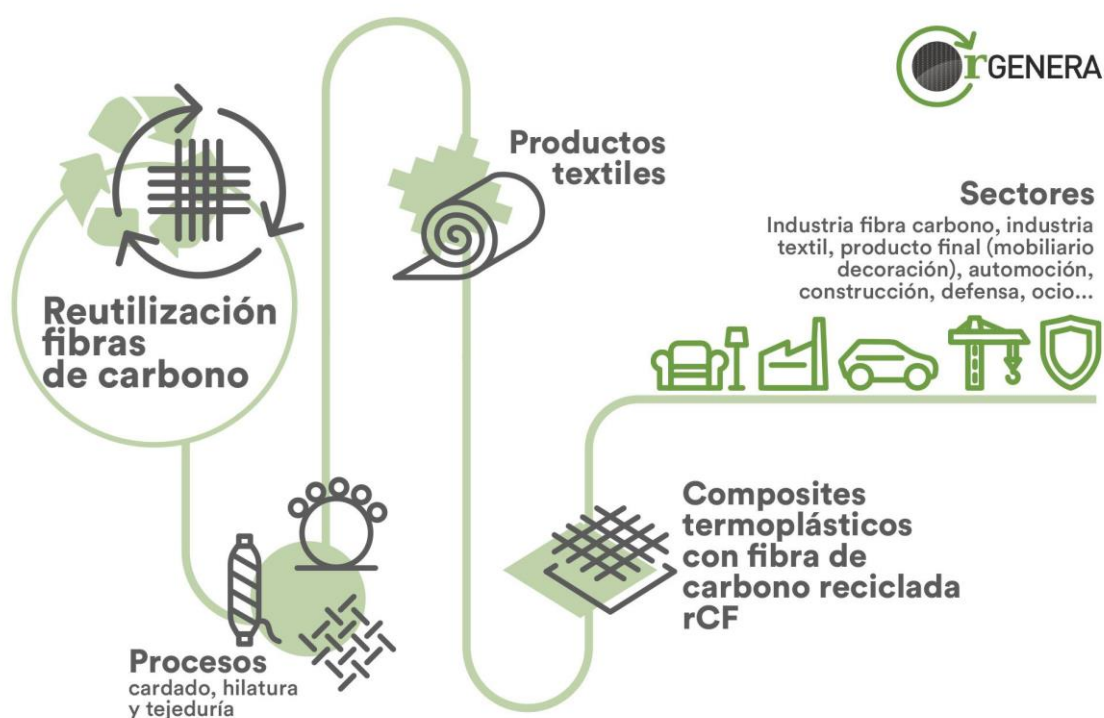


3. Objetivos del proyecto

El objetivo principal del proyecto rGENERA es la reutilización de fibras de carbono para la generación de productos textiles, mediante la adaptación de procesos de: cardado, hilatura y tejeduría, que posteriormente se destinen a la fabricación de composites termoplásticos.

La consecución del objetivo anterior se ha llevado a cabo mediante los siguientes objetivos específicos:

- Identificación, adaptación y optimización de los procesos de apertura de fibra y cardado para la utilización de fibra de carbono reciclada.
- Obtención y optimización de hilados híbridos de fibra de carbono cortada con matrices termoplásticas a partir de diversos procesos de hilatura.
- Obtención y optimización de no-tejidos de fibra de carbono reciclada y matriz termoplástica mediante tecnología de carda (Drylaid) y diversas técnicas de consolidado.
- Desarrollo y obtención de tejidos de calada con distintos ligamentos a partir de los hilados híbridos de fibra de carbono cortada y matriz termoplástica, e hibridación por tejeduría
- Desarrollo y caracterización de prototipos a partir de los composites termoplásticos en base a fibra de carbono reciclada y fibra de carbono cortada con las estructuras textiles tejidas y no tejidas desarrolladas.





4. Plan de trabajo

Cronograma de ejecución detallado del proyecto rGENERA:

| | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| PT0. GESTIÓN Y SEGUIMIENTO | | | | | | | | | | | | |
| Actividad 0.1. Gestión y seguimiento del proyecto | | | | | | | | | | | | |
| PT1. PLANTEAMIENTO Y PLANIFICACIÓN TÉCNICA | | | | | | | | | | | | |
| Actividad 1.1. Preparación de la propuesta técnico-económica | | | | | | | | | | | | |
| Actividad 1.2. Definición de los recursos necesarios | | | | | | | | | | | | |
| Actividad 1.3. Definición del plan de comunicación | | | | | | | | | | | | |
| Actividad 1.4. Definición de los prototipos a realizar | | | | | | | | | | | | |
| Actividad 1.5. Definición de los niveles de partida y niveles objetivos | | | | | | | | | | | | |
| PT2. EJECUCIÓN TÉCNICA | | | | | | | | | | | | Δ |
| Actividad 2.1. Estado del arte / viabilidad técnica / IPR | | | | | | | | | | | | Δ |
| Actividad 2.2. Experimental | | | | | | | | | | | | Δ |
| Tarea 2.2.1. Obtención hilados rCF | | | | | | | | | | | | |
| Tarea 2.2.2. Obtención nonwovens rCF | | | | | | | | | | | | |
| Tarea 2.2.3. Obtención tejidos rCF | | | | | | | | | | | | |
| Tarea 2.2.4. Obtención de prototipos rCF | | | | | | | | | | | | |
| Actividad 2.3. Caracterización | | | | | | | | | | | | |
| Tarea 2.3.1. Caracterización hilados rCF | | | | | | | | | | | | |
| Tarea 2.3.2. Caracterización nonwovens rCF | | | | | | | | | | | | |
| Tarea 2.3.3. Caracterización tejidos rCF | | | | | | | | | | | | |
| Tarea 2.3.3. Caracterización prototipos rCF | | | | | | | | | | | | |
| Actividad 2.4. Análisis y reingeniería | | | | | | | | | | | | |
| Actividad 2.5. Coordinación técnica y validación | | | | | | | | | | | | |
| PT3. MERCADO Y VIABILIDAD INDUSTRIAL Y ECONÓMICA, TRANSFERENCIA E IMPACTO (VIETI) | | | | | | | | | | | | |
| Actividad 3.1. Mercado (empresas) | | | | | | | | | | | | |
| Actividad 3.2. VIETI | | | | | | | | | | | | |
| PT4. COMUNICACIÓN Y DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS. INFORME EJECUTIVO | | | | | | | | | | | | Δ |
| Actividad 4.1. Implementación del plan de comunicación/difusión | | | | | | | | | | | | |
| Actividad 4.2. Informe ejecutivo | | | | | | | | | | | | Δ |
| PT5. SUPERVISIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO | | | | | | | | | | | | |
| Actividad 5.1. Supervisión y seguimiento del proyecto | | | | | | | | | | | | |

- Δ Entregable 1. Estado del arte
- Δ Entregable 2. Experimental, caracterización y prototipado
- Δ Entregable 3. Final de resultados
- Δ Entregable 4. Informe ejecutivo

A continuación, se detalla el contenido de los paquetes de trabajo y actividades:

PT1: PLANTEAMIENTO Y PLANIFICACIÓN TÉCNICA

ACTIVIDAD 1.1.: PREPARACIÓN DE LA PROPUESTA TÉCNICO-ECONÓMICA

- Definición del alcance, objetivos científico-técnicos y novedad objetiva del proyecto.
- Preparación de la memoria de solicitud.
- Elaboración del presupuesto del proyecto.

ACTIVIDAD 1.2.: DEFINICIÓN DE LOS RECURSOS NECESARIOS

- Definición y planificación de los recursos internos necesarios; definición del equipo técnico del proyecto (investigadores/técnicos) y plantas experimentales asociadas
- Definición y planificación de los recursos externos necesarios (fungibles y colaboraciones externas).

ACTIVIDAD 1.3.: DEFINICIÓN DEL PLAN DE COMUNICACIÓN

- Diseño del plan de comunicación del proyecto.



ACTIVIDAD 1.4.: DEFINICIÓN DE LOS PROTOTIPOS A REALIZAR

- Definición y planificación de los prototipos a realizar en el proyecto

ACTIVIDAD 1.5.: DEFINICIÓN DE LOS NIVELES DE PARTIDA Y NIVELES OBJETIVOS

- Definición y planificación de los niveles de salida y objetivo.
- Definición y planificación de las reuniones mensuales de seguimiento.

PT 2: EJECUCIÓN TÉCNICA (EXPERIMENTAL, CARACTERIZACIÓN, COORDINACIÓN Y VALIDACIÓN)

ACTIVIDAD 2.1.: ESTADO DEL ARTE / VIABILIDAD TÉCNICA / IPR

- Definición de ideas/propuestas.
- Estado del arte y vigilancia tecnológica.
- Estudio de previabilidad técnica.
- Participación en congresos, eventos científico-técnicos y Ferias relacionadas con las diferentes líneas de trabajo de ANE.
- Análisis de la IPR – patentabilidad; Generación de nuevo conocimiento.

ACTIVIDAD 2.2.: EXPERIMENTAL

- Obtención de hilados rCF (fibra de carbono reciclada).
- Obtención de nonwovens rCF (fibra de carbono reciclada).
- Obtención de tejidos rCF (fibra de carbono reciclada).
- Obtención de prototipos rCF (fibra de carbono reciclada).

ACTIVIDAD 2.3.: CARACTERIZACIÓN

- Caracterización de hilados rCF (fibra de carbono reciclada).
- Caracterización de nonwovens rCF (fibra de carbono reciclada).
- Caracterización de tejidos rCF (fibra de carbono reciclada).
- Caracterización de prototipos rCF (fibra de carbono reciclada).

ACTIVIDAD 2.5.: COORDINACIÓN TÉCNICA Y VALIDACIÓN

- Selección y seguimiento de colaboraciones.
- Control y seguimiento de los RRHH (reasignación, partes de horas...).
- Preparación parte técnica de ofertas y contratos.
- Control y seguimiento de los ingresos/gastos mensual (grado de avance)
- Replanificación de plazos, tareas e hitos; en función de resultados.
- Logística y desplazamientos.
- Valoración y evaluación del proyecto y de los resultados obtenidos.
- Otras tareas necesarias para el proyecto.

PT 3: MERCADO Y VIABILIDAD INDUSTRIAL Y ECONÓMICA, TRANSFERENCIA E IMPACTO (VIETI)

ACTIVIDAD 3.1.: MERCADO (EMPRESAS)

- Diagnóstico (identificación de necesidades empresas).
- Investigación e identificación de mercados potenciales.
- Análisis de soluciones comerciales y benchmarking.
- Visitas/contactos/reuniones con empresas.
- Preparación de informes/documentos de transferencia.



ACTIVIDAD 3.2.: VIETI

- Análisis de escalabilidad industrial (viabilidad industrial)
- Estudio económico de la solución propuesta; viabilidad de costes (escandallo)
- Identificación de mercado
- Valoración y cuantificación de la oportunidad del mercado/necesidad.
- Definición de atributos específicos (aproximación a la propuesta de valor)
- Desarrollo de pruebas experimentales de concepto/producto con empresas (internamente en nuestras plantas experimentales, o externamente en P.E. de colaboradores, o en la empresa e escala industrial; hay participación de empresas).
- Definición de la propuesta de valor / ventaja competitiva (optimización de la misma en niveles más altos)
- Definición de las opciones de transferencia y selección de la opción más adecuada.
- Identificación y medición del impacto en la empresa.
- Registro y seguimiento de indicadores de transferencia.
- Diseño y definición de la explotación de resultados en el mercado/sector.
- Validación de la solución/soluciones propuesta/s.

PT 4: COMUNICACIÓN Y DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS. INFORME EJECUTIVO

ACTIVIDAD 4.1.: IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE COMUNICACIÓN /DIFUSIÓN

- Implementación del Plan de Comunicación/Difusión.
- Implementar métricas de seguimiento e impactos de las acciones llevadas a cabo.

ACTIVIDAD 4.2.: INFORME EJECUTIVO

- Elaboración del INFORME EJECUTIVO PARCIAL (6 meses) y FINAL.

PT 5: SUPERVISIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO

ACTIVIDAD 5.1.: SUPERVISIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO

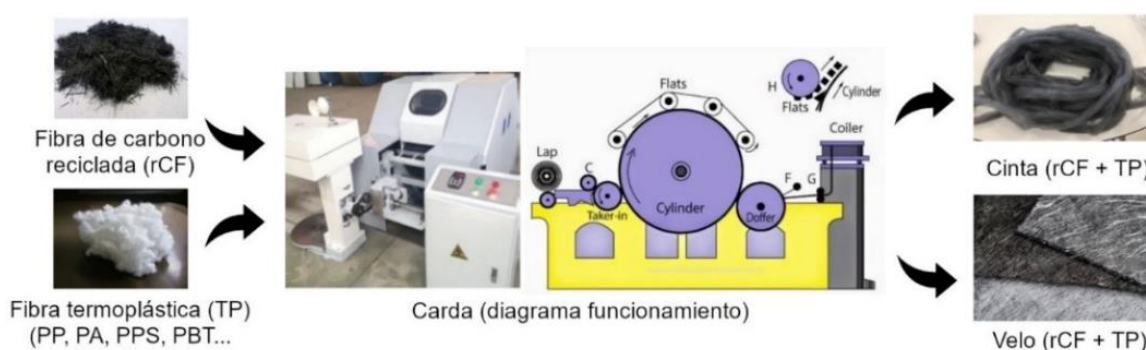
- Tareas definidas en el documento “TAREAS DESCRIPTIVAS ROL SUBDIRECCIÓN I+D”.



5. Resultados obtenidos

1. Revalorización de fibras mediante cardado e hilatura (hilados híbridos de fibra cortada).

Durante la ejecución del proyecto se ha procedido a la identificación, adquisición, y realización de pruebas preliminares (*FAT*) de la línea piloto que se destinará a la realización de las operaciones de apertura, mezcla, cardado, manipulación de mecha e hilatura ring-spinning, con sus correspondientes adaptaciones técnicas para la revalorización de fibras de carbono (de origen reciclado). A continuación, se detalla la línea piloto y



sus características:

Figura 1. Proceso de cardado y productos obtenidos (cinta, velo).



Figura 2. Manipulación de cinta y proceso de hilatura.

La línea piloto está formada por una carda de 500mm de ancho con una configuración de rodillos y guarniciones, adaptados para el cardado de fibra de carbono mezclada con fibras termoplásticas.

Este equipo permite la obtención de velos de tejido no tejido con diversas masas laminares y la obtención de cintas para ser procesadas por hilatura con títulos entre 4.0-7.0 kTex. Estas cintas posteriormente se afinan mediante un *Roving Frame* y un *Flyer* con el objetivo de obtener mechas estiradas y parcialmente retorcidas con títulos entre 0.8-1.0 kTex y torsiones entre 10-25 vt/m.

Las mechas obtenidas mediante la planta piloto de cardado y manipulación de la cinta son aptas para su hilatura mediante tecnología de anillos (*ring-spinning*), permitiendo la obtención de hilados de fibra cortada con ratios de estiraje de hasta x400 (a velocidades de hilatura de hasta 25.000 rpm) y dando lugar a la generación de hilados híbridos con títulos entre 10-150 Nm.



Las primeras pruebas realizadas con la planta piloto han permitido la obtención de cintas, mechas, no-tejidos e hilados híbridos con fibras de carbono reciclado de longitudes entre los 40-80mm y fibras termoplásticas de poliamida 6 y polipropileno con longitudes comprendidas entre los 40-60mm.



Figura 3. Cinta, mecha, hilo y no-tejido híbridos (rCF+TP) obtenidos con la planta experimental.

En la siguiente tabla se pueden observar los valores de resistencia, elongación y tenacidad de hilados híbridos formados por fibra de carbono reciclado con porcentajes del 50% y 30%, mezclados al 50% y 70% respectivamente, con fibras de Poliamida-6. Los resultados de caracterización muestran valores aptos para procesos de tejeduría, y la obtención de títulos de hilo delgados que permiten para la obtención de tejidos de bajo gramaje y alta adaptabilidad, óptimos para posteriores procesos de termocompresión (moldeo) especialmente para el moldeo de geometrías complejas y minimizando la generación de arrugas.

| | Carga Máx (N) | Extensión (%) | Tenacidad (gf/tex) | Título (dTex) | Título (Nm) | Torsión (v/m) |
|---------------|---------------|---------------|--------------------|---------------|-------------|---------------|
| 50%PA6/50%rCF | 5,10 ± 0,53 | 33,83 ± 2,89 | 16,50 ± 1,72 | 315 | 32 | 450 |
| 70%PA6/30%rCF | 3,60 ± 0,98 | 26,50 ± 4,45 | 11,64 ± 3,18 | 350 | 29 | 450 |

Tabla 1. Caracterización mecánica hilados híbridos con fibra de carbono reciclada y títulos obtenidos

En las siguientes gráficas se pueden observar los gráficos de elongación/rotura de los hilados obtenidos. Los resultados muestran que existe una ligera dispersión entre distintas muestras de una misma composición, no obstante, son debidos a las características intrínsecas de las fibras de carbono recicladas (mezcla de longitudes de corte) y a las características propias de los hilados de fibra cortada (hilados discontinuos).

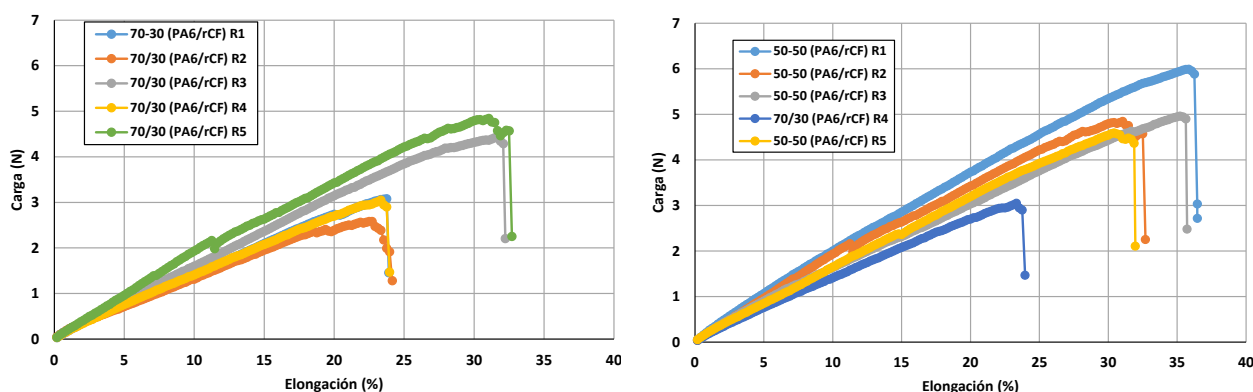


Figura 4. Caracterización mecánica hilados híbridos obtenidos con fibra de carbono reciclada (rCF) (izq. 70%PA6/30%rCF, dcha. 50%PA6/50%rCF)



De forma paralela a la puesta en marcha de la planta piloto, tal como se detalla en los siguientes apartados, se ha procedido a la validación y optimización de los procesos de: hibridación por torcido, hibridación por hilatura por fricción e hibridación por tejeduría, utilizando la única referencia disponible comercialmente de hilado de fibra cortada de carbono.

Todo ello, se ha realizado con el objetivo de establecer los parámetros necesarios a utilizar con los hilos que se espera obtener tras la puesta en marcha en continuo de la planta piloto de cardado e hilatura. Y con la finalidad de definir los ratios idóneos entre las fibras de refuerzo (*rCF*) y las fibras matriz (*TP*) para la generación de artículos textiles que se puedan destinar a la fabricación de composites termoplásticos para aplicaciones técnicas y estéticas.

2. Hibridación a partir de hilados de carbono de fibra cortada.

2.1. Hibridación por torcido

Mediante una retorcedora de anillos se han realizado diversas hibridaciones combinando el hilado de carbono (fibra cortada) con hilos multifilamento de polipropileno (matriz), con el fin de cuantificar la posible degradación de la fibra de carbono durante su procesado, de determinar los títulos idóneos de hilo para los posteriores procesos de tejeduría y de determinar el ratio de fibra refuerzo/matriz óptimo.



Figura 4. Distintos hilos hibridados por torcido y retorcido con variaciones en la proporción matriz/refuerzo.

Los resultados de caracterización de los hilados han demostrado que no existe degradación de la fibra de carbono en el manipulado, ya que a medida que se va aumentando el ratio de multifilamentos de matriz (PP) estos disipan la carga transmitida. La elongación aumenta considerablemente a medida que se aumenta el ratio de fibra matriz, garantizando la generación de hilos híbridos aptos para la tejeduría de calada y procesos de manipulación.

Con estos resultados se ha demostrado que la utilización de hilos de carbono compuestos por fibra cortada (hilados discontinuos) a pesar de tener resistencias inferiores a los hilados de fibra continua, presentan prestaciones mecánicas elevadas y aptas para su aplicación en composites con aplicaciones técnicas de menor exigencia. Los hilados híbridos desarrollados y analizados a lo largo del proyecto, se han realizado empleando ratios refuerzo/matriz desde 1:1 hasta 1:4, y variando parámetros operativos de procesado como las torsiones por metro, el sentido de torsión (S o Z), y el anudado entre sí mediante retorcedoras de doble canilla. En la siguiente tabla se muestran los resultados de caracterización mecánica de hilados híbridos torcidos en sentido S a 80 vueltas de torsión por metro y su comparación respecto a un hilo continuo de carbono.

| | Carga Máx (N) | Extensión (%) | Tenacidad (gf/tex) | Título (dTex) |
|--------------------------|------------------|------------------|-----------------------|------------------|
| Hilo fibra cortada (CFc) | 50,6 | 0,98 | 35,72 | 706 |
| Torcido 1x1 (CFc:PP) | 54,3 | 1,90 | 69,50 | 1280 |
| Torcido 1x2 (CFc:PP) | 59,7 | 2,30 | 108,65 | 1820 |
| Torcido 1x3 (CFc:PP) | 76,8 | 24,00 | 186,62 | 2430 |
| Torcido 1x4 (CFc:PP) | 99,9 | 23,00 | 297,70 | 2980 |
| Hilo continuo CF 3K | 147,0 | 0,69 | 294,00 | 2000 |

Tabla 2. Caracterización mecánica hilados híbridos por torcido con fibra de carbono cortada y títulos obtenidos

2.2. Hibridación mediante hilatura por fricción a partir de hilados de fibra de carbono cortada.

Durante la ejecución del proyecto se han desarrollado hilos híbridos de fibra de carbono cortada con matriz termoplástica mediante tecnología de hilatura por fricción (hilatura por envoltura *core-sheath*). Esta técnica de hibridación innovadora ha permitido mediante la tecnología de hilatura por fricción, la obtención de hilos híbridos formados por un núcleo de fibra de carbono (a partir de un hilado de fibra cortada) el cual se encuentra totalmente recubierto por fibras cortadas de matriz termoplástica.

La hilatura por fricción *f* permite la obtención de hilados híbridos con mayor grosor que los obtenidos con otras tecnologías, en los cuales el hilado de núcleo o *core* queda totalmente recubierto por las fibras de matriz termoplástica tras su disgregación desde una mecha. Las características propias de estos hilados favorecen la compatibilidad fibra-matriz en los procesos de termoconformado y evitan la degradación de la fibra de carbono en los procesos de tisaje y manipulación al estar recubierta por la envoltura o *sheath* de matriz termoplástica.

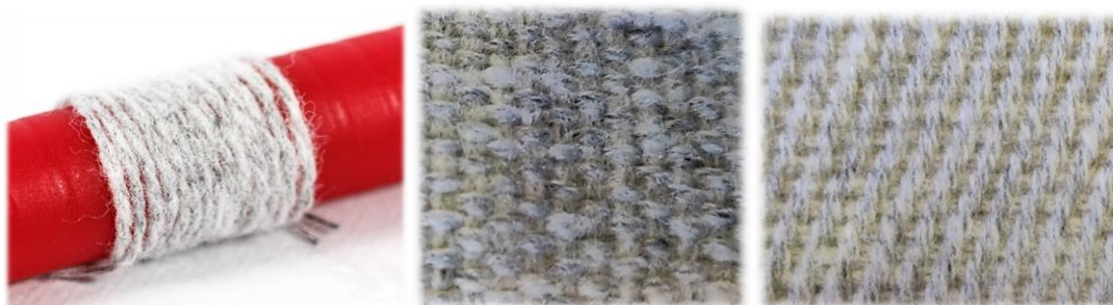


Figura 5. Hilo obtenido por fricción con fibra cortada de carbono recubierto con fibra de PP (izq.), Tejido “tafetán” con hilo híbrido de carbono (centro), Tejido “sarga 2.2” con hilo híbrido de carbono (dcha.)

2.3. Hibridación por tejeduría a partir de hilados de fibra de carbono cortada.

Mediante el telar experimental de AITEX, se han realizado diversas combinaciones de estructuras y ligamentos textiles con el objetivo de determinar el ratio óptimo entre matriz y refuerzo, teniendo en cuenta también, la facilidad de adaptación-deformación de estas estructuras tejidas a los posteriores procesos de termoconformado. La hibridación por tejeduría se ha realizado a partir de hilados de carbono de fibra cortada e hilados continuos de carbono, con la finalidad de comparar las diferencias de comportamiento mecánico de ambos hilos tras procesos de termoconformado, y con la finalidad de establecer las condiciones óptimas de tejeduría necesarias para la tejeduría con hilados híbridos que estén compuestos por fibra de carbono reciclada.

A continuación, se muestran algunas de las estructuras y las posiciones de los hilos (matriz y refuerzo) que han sido tejidas a diversas densidades tanto de trama como de urdimbre con el fin de obtener tejidos híbridos con varios ratios CF: PP con bajos gramajes que favorezcan su moldeo por termocompresión y adaptación a geometrías complejas.

Siendo en las siguientes tablas:

- (a) Hilos de urdimbre de fibra de carbono cortada (fibra refuerzo).
- (b) Hilos de urdimbre de PP (fibra matriz)
- (a') Hilos de trama de fibra de carbono cortada (fibra refuerzo)
- (b') Hilos de trama de PP (fibra matriz)

| Tafetán 1.1 y Tafetán 2.2 (Esterilla) | Sarga modificada |
|--|---|
| | |
| (165 y 194 g/m ²) (78% fibra de carbono) (22% fibra de PP) | (264g/m ²) (39% fibra de carbono) (61% fibra de PP) |

Tabla 4. Estructuras, ligamentos y características de tejidos híbridos (Tafetán y esterilla 79%CF, y sarga mod. 39%CF)

| Sarga 2.2 | Sarga 3.3 |
|---|---|
| | |
| (223g/m ²) (39% fibra de carbono) (61% fibra de PP) | (251g/m ²) (33% fibra de carbono) (67% fibra de PP) |

Tabla 5. Estructuras, ligamentos y características de tejidos híbridos (Sarga 2.2 39%CF y Sarga 3.3 33%)

| Sarga 2.2 | Sarga 3.3 |
|---|---|
| | |
| (292g/m ²) (26% fibra de carbono) (74% fibra de PP) | (258g/m ²) (27% fibra de carbono) (73% fibra de PP) |

Tabla 6. Estructuras, ligamentos y características de tejidos híbridos (Sarga 2.2 26%CF y Sarga 3.3 27%CF)

En las siguientes imágenes se puede observar el telar de muestras con los hilos de fibra de carbono cortada y algunas muestras de los tejidos híbridos resultantes, de acuerdo con las estructuras anteriores.

Estos, posteriormente han sido termoconformados y caracterizados mecánicamente con el fin de estudiar la influencia de las estructuras diseñadas y la relación de los ratios matriz/refuerzo obtenidos con las propiedades mecánicas finales de los composites.



Figura 6. Telar experimental de AITEX con fibra de carbono y detalle del tejido híbrido de fibra cortada.



Figura 7. Diversas estructuras de tejidos híbridos mediante tejeduría de calada.



3. Caracterización y prototipado.

Con los hilos y tejidos anteriores se han obtenido *organosheets* (láminas) compuestas por fibra de carbono reciclada y fibra de carbono cortada, junto a matrices termoplásticas consolidadas mediante termocompresión. La combinación de múltiples capas de tejidos con diversas estructuras, junto a capas de tejidos no-tejidos obtenidos mediante el proceso de carda, ha dado lugar a la obtención de *organosheets* con pesos comprendidos entre 600-2.300g/m² y espesores comprendidos entre 0.5-2.0mm.



Figura 8. Organosheets y texturas resultantes a partir de la combinación de los tejidos y no-tejidos híbridos.

Estos *organosheets* han sido utilizados para caracterizar mecánicamente los composites obtenidos mediante ensayos de tracción, flexión e impacto, con la finalidad de determinar la composición óptima de capas y estructuras textiles necesaria para cada peso y espesor. Su caracterización ha permitido determinar la factibilidad de utilizar estos composites para distintas aplicaciones técnicas en función de las exigencias mecánicas requeridas.

La siguiente gráfica con datos de resistencia mecánica y elongación, de los organosheets obtenidos a partir de los tejidos desarrollados combinados con no tejidos de fibra reciclada y termoconformados con configuraciones de similar espesor. En ella, se demuestra que los organosheets con pesos entre los 826 g/m² y 726 g/m² han **presentado resistencias entre un 45-50% inferiores que los organosheets obtenidos con fibra continua**, a excepción de la estructura Sarga 2.2 que presenta un resistencia un 75% inferior (teniendo en cuenta que en todos ellos su contenido en carbono y peso total es ligeramente inferior, dado el alto volumen de los tejidos de fibra continua). No obstante, **respecto al no-tejido se obtiene un incremento de resistencia de los organosheets obtenidos a partir de los tejidos desarrollados de entre el 27-40%**. Mientras que **la capacidad de alargamiento de los organosheets obtenidos a partir de los tejidos desarrollados se mantiene respecto al homólogo de fibra continua**.

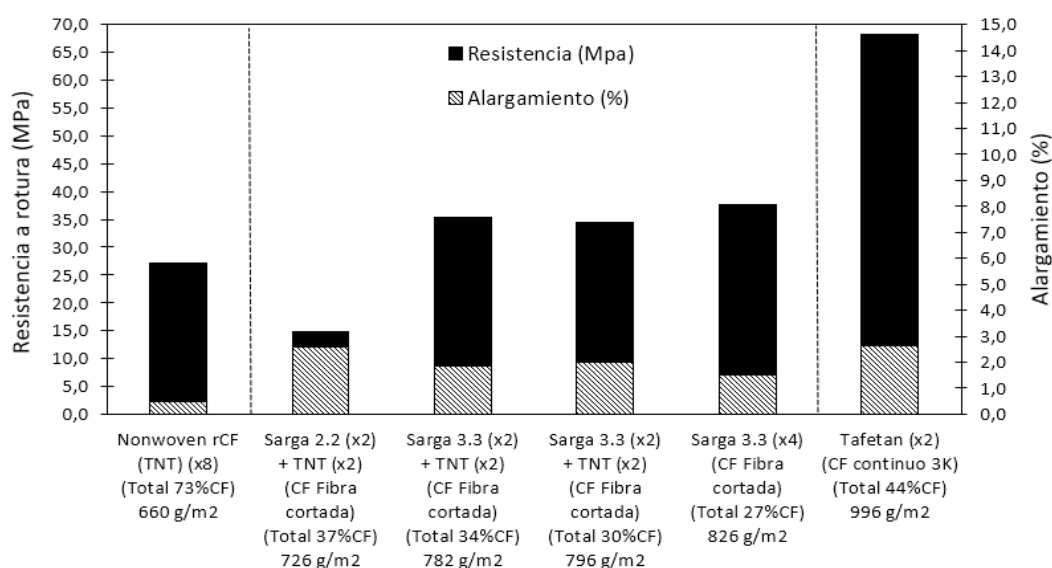


Figura 8. Caracterización mecánica de Organosheets a partir de fibra cortada y reciclada (Resistencia y alargamiento)

En lo que respecta a los resultados de resistencia a la flexión y al impacto, tal como se puede observar en la siguiente gráfica los organosheets obtenidos a partir de **los tejidos desarrollados presentan un incremento notable entre el 210% y 350% de la resistencia a la flexión respecto a la del organosheet obtenido con fibra continua**, abriendo con ello un amplio abanico de utilización de estos composites. En cuanto a los resultados de resiliencia (resistencia al impacto) estos también son mayores con incrementos en la mayoría de los casos entre **115% y 195% respecto a su homólogo de fibra continua**.

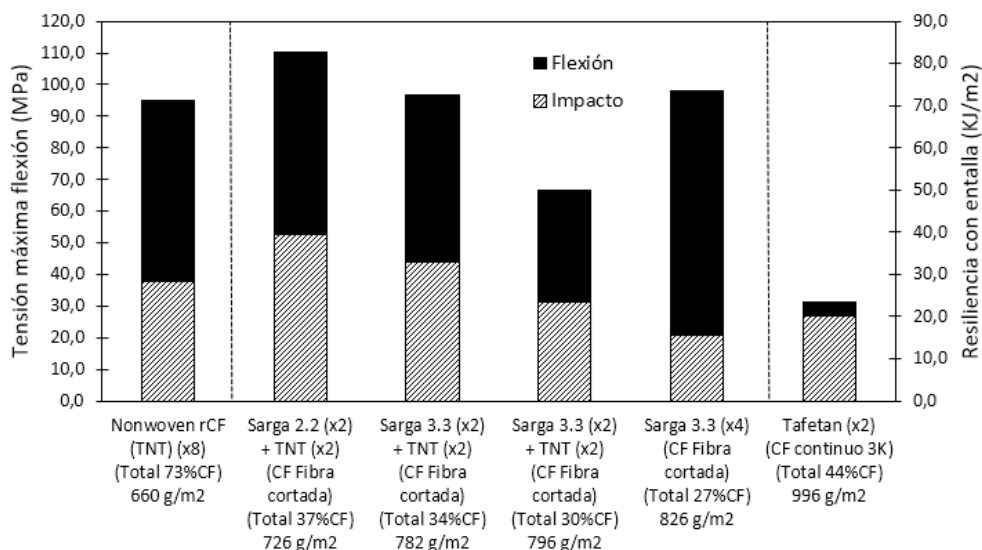


Figura 9. Caracterización mecánica de Organosheets a partir de fibra cortada y reciclada (Flexión e impacto)

Adicionalmente, se han obtenido prototipos funcionales mediante termocompresión en un molde con geometría de sillín, con el objetivo de verificar la adaptabilidad de los tejidos desarrollados a partir de fibra cortada y fibra reciclada a la geometría del molde. Este prototipado ha permitido validar los diversos acabados estéticos obtenidos en función del tejido empleado y su estructura textil sin necesidad de postprocesos como la aplicación de barnices o resinas de acabado.



Figura 10. Sillines obtenidos (zona superior: no-tejido, zona inferior: tejido) (izq.). Detalle del acabado (dcha.)



6. Impacto empresarial

El resultado obtenido en el proyecto beneficia al sector textil de la Comunitat Valenciana, al ofrecer la posibilidad de incorporar en su cartera, productos técnicos de alto valor añadido como son composites termoplásticos, además de presentar un carácter sostenible debido a la revalorización de la fibra de carbono.

Las tecnologías empleadas en el proyecto existen en muchas empresas del sector, las cuales con ligeras adaptaciones técnicas pueden ser utilizadas para la obtención de artículos textiles que posteriormente se empleen en composites termoplásticos. Favoreciendo la reindustrialización de sectores tradicionales textiles como los dedicados a:

- Hilatura
- Manipulación de hilados
- Obtención de no-tejidos
- Trenzado
- Tejeduría de calada

También se pueden beneficiar de los resultados otros sectores industriales de la Comunitat Valenciana, como el sector de la transformación de composites, fabricación de moldes y transformación de artículos termoplásticos.

Las empresas interesadas en el proyecto pueden beneficiarse de este, a través de actuaciones de proyectos europeos (H2020, EUREKA...), nacionales (CDTI, CIEN...), proyectos IVACE-empresa (I+D Innovación), proyectos de facturación directa, o cualquier otro tipo de convocatoria.