



HONEYTEX

OPTIMIZACIÓN Y
AUTOMATIZACIÓN
DE LA TECNOLOGÍA
HONEYTEX Y
EXPLORACIÓN DE
APLICACIÓN EN
SECTORES
ESTRATÉGICOS.



Contenido

1. Ficha técnica del proyecto	2
2. Antecedentes y motivaciones	3
3. Objetivos del proyecto	4
4. Plan de trabajo	5
5. Resultados obtenidos	6
6. Colaboradores externos e impacto empresarial	¡Error! Marcador no definido.



1. Ficha técnica del proyecto

N.º EXPEDIENTE	IMAMCA/2025/6
TÍTULO COMPLETO	OPTIMIZACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE LA TECNOLOGÍA HONEYTEX Y EXPLORACIÓN DE APLICACIÓN EN SECTORES ESTRATÉGICOS.
PROGRAMA	Ayudas dirigidas a centros tecnológicos CV para proyectos de I+D en cooperación con empresas
ANUALIDAD	2025
PARTICIPANTES	(si procede)
COORDINADOR	(si procede)
ENTIDADES FINANCIADORAS	IVACE – INSTITUT VALENCIÀ DE COMPETITIVITAT EMPRESARIAL
ENTIDAD SOLICITANTE	AITEX
C.I.F.	G03182870



2. Antecedentes y motivaciones

El mercado global de materiales sándwich con núcleo honeycomb alcanzó un valor aproximado de 1.300 millones de dólares en 2019, y las previsiones indican que podría superar los 2.100 millones de dólares en 2027, con una tasa de crecimiento anual estimada del 6,2% entre 2020 y 2027 (fuente: Allied Market Research, Honeycomb Sandwich Material Market). Estas cifras reflejan claramente el potencial de expansión del sector y justifican el interés en desarrollar nuevas soluciones que puedan posicionarse competitivamente, como las trabajadas en el proyecto HONEYTEX 2024.

A día de hoy, los honeycombs disponibles en el mercado presentan limitaciones significativas. Los productos de altas prestaciones mecánicas suelen tener un coste muy elevado, mientras que las alternativas más económicas no alcanzan los niveles de resistencia y rigidez requeridos para aplicaciones exigentes. A ello se suma que la mayoría de estos materiales presentan dificultades importantes en términos de reciclabilidad, lo que limita su sostenibilidad y su integración en modelos de economía circular.

Otro aspecto relevante es la escasa variedad de materiales base empleados en la fabricación de honeycombs. Esta falta de diversidad dificulta que las empresas puedan acceder a núcleos con mejores prestaciones sin incurrir en costes excesivos. Como consecuencia, muchos fabricantes optan por soluciones más económicas —como espumas, maderas o corchos— que, si bien reducen el coste, comprometen las propiedades mecánicas o incrementan el peso del producto final. En este contexto, resulta especialmente relevante comparar los honeycombs comerciales más comunes con los desarrollados en el proyecto.

Los núcleos honeycomb obtenidos en HONEYTEX 2025 muestran un comportamiento mecánico de nivel medio-alto, situándose entre los núcleos poliméricos convencionales y los de altas prestaciones empleados en los sectores aeronáutico y aeroespacial. Esta posición intermedia los convierte en una alternativa atractiva para aplicaciones que requieren un equilibrio entre coste, rendimiento y sostenibilidad, reforzando la motivación del proyecto y su potencial impacto industrial.



3. Objetivos del proyecto

El objetivo principal del proyecto es la optimización y automatización del proceso de ensamblaje de honeycombs para acelerar los tiempos de desarrollo a escala-semiindustrial. Estudio para la identificación de nuevas aplicaciones en mercados complementarios al sector automoción, en el que se han centrado los trabajos en los años anteriores en esta línea de investigación.

Los objetivos técnicos específicos asociados a este proyecto son:

- Optimización y automatización del proceso de ensamblado de honeycombs a partir del equipo demostrador desarrollado en el pasado proyecto HONEYTEX 2024.
- Optimización del proceso de formación de los honeycombs para la automatización y mejorar reproducibilidad.
- Identificación de sectores estratégicos de aplicación de los honeycombs y de los requerimientos necesarios para su utilización.
- Exploración de diferentes fibras de refuerzo para el desarrollo de honeycombs.



4. Plan de trabajo

Incluir el cronograma del proyecto, así como los paquetes de trabajo realizados y las tareas llevadas a cabo en cada paquete de trabajo.

PT1. GESTION Y SEGUIMIENTO.

ACTIVIDAD 1.1. Gestión y seguimiento del proyecto.

PT2. EJECUCIÓN TÉCNICA.

ACTIVIDAD 2.1. Estado del arte / viabilidad técnica / diagnóstico de necesidades.

ACTIVIDAD 2.2. Experimental.

ACTIVIDAD 2.3. Caracterización.

ACTIVIDAD 2.4. Coordinación técnica y validación.

PT3. COMUNICACIÓN, DIFUSIÓN Y TRANSFERENCIA DE RESULTADOS.

ACTIVIDAD 3.1. Comunicación, difusión y transferencia de resultados.

PT4. SUPERVISIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO.

ACTIVIDAD 4.1. Supervisión y seguimiento del proyecto.

CRONOGRAMA

PAQUETES DE TRABAJO	2025											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
PT1. GESTION Y SEGUIMIENTO												
ACTIVIDAD 1.1. GESTIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO												
PT2. EJECUCIÓN TÉCNICA												
ACTIVIDAD 2.1. ESTADO DEL ARTE / VIABILIDAD TÉCNICA / DIAGNÓSTICO DE NECESIDADES												•
ACTIVIDAD 2.2. EXPERIMENTAL												△
ACTIVIDAD 2.3. CARACTERIZACIÓN												⊕
ACTIVIDAD 2.4. COORDINACIÓN TÉCNICA Y VALIDACIÓN												Y
PT3. COMUNICACIÓN, DIFUSIÓN Y TRANSFERENCIA DE RESULTADOS												
ACTIVIDAD 3.1. COMUNICACIÓN, DIFUSIÓN Y TRANSFERENCIA DE RESULTADOS.												
PT4. SUPERVISIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO												
ACTIVIDAD 4.1. SUPERVISIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO												

•	Entregable del Estado del Arte
△	Entregable del Experimental
⊕	Entregable Transferencia
Y	Entregable de difusión

5. Resultados obtenidos

APARTADO IMPORTANTE

Descripción detallada de los resultados obtenidos durante el desarrollo del proyecto.

El proyecto HONEYTEX 2025 se orienta a optimizar y automatizar al máximo el proceso de fabricación de bloques honeycomb, con el propósito de avanzar hacia una producción más eficiente, rápida y reproducible. La meta principal es transformar un proceso tradicionalmente manual o semimanual en un sistema altamente automatizado que permita aumentar la capacidad productiva, mejorar la calidad final del producto y reducir la variabilidad entre lotes.

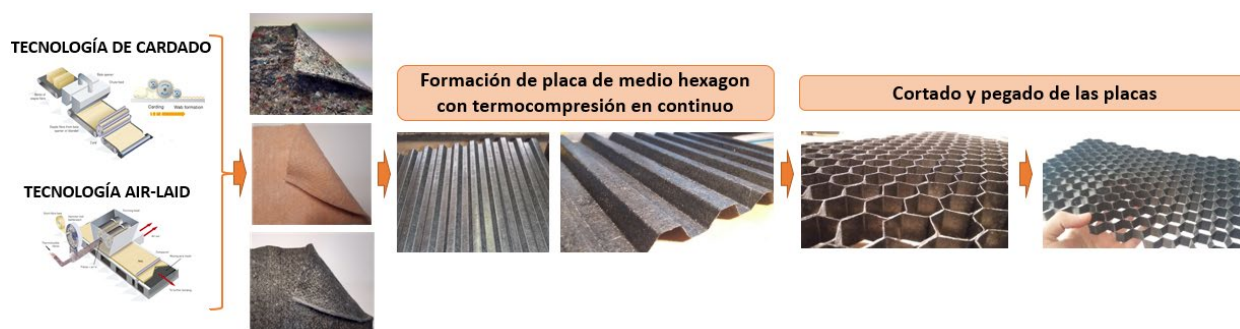
Para contextualizar el trabajo desarrollado, resulta necesario describir de forma general el proceso de obtención de un núcleo honeycomb. Este parte de un material base que se somete a una serie de etapas de conformado y ensamblado hasta obtener un bloque estructural con geometría hexagonal. Dicho proceso incluye la preparación del material, la conformación de las preformas y el ensamblado final del bloque honeycomb.

Paralelamente, el proyecto contempla la exploración de nuevas aplicaciones y sectores donde los honeycombs puedan aportar valor, así como la evaluación de diferentes materiales y refuerzos que permitan ampliar las posibilidades de uso de esta tecnología.

En conjunto, el proyecto persigue consolidar un proceso de fabricación de honeycombs más robusto, versátil y automatizado, capaz de responder a las necesidades de distintos mercados y de impulsar la adopción de soluciones ligeras y de alto rendimiento en múltiples sectores industriales.

Antes de describir toda la parte experimental realizada en el proyecto se ve necesaria la descripción del proceso de formación del honeycomb. Primeramente, se parte de un no tejido que es termocomprimido en plano para posteriormente ser termoconformado en placas con formas de medio hexágono, denominadas preformas de honeycomb, todas estas termocompresiones de manera continua. Seguidamente se pasaría al cortado y pegado de las diferentes placas hasta construir un honeycomb completo. De forma resumida se muestran las etapas seguidas:

- Termocompresión plana en continuo del no tejido.
- Termocompresión de preformas de honeycomb en continuo.
- Cortado y pegado de las preformas para la construcción del honeycomb final.



Representación esquemática del procedimiento seguido para la formación de la nueva generación de honeycombs.

En el correcto procesado de los honeycombs es esencial que el material base presente las características más adecuadas para poder ser transformado en un honeycomb completamente funcional y presente las propiedades de resistencia físico-mecánicas adecuadas.

Es por ello que la composición de los no tejidos es un punto crítico que afecta a todos los demás procesos hasta la obtención del honeycomb final. Dependiendo de cada tipo de fibra de refuerzo del no tejido se tendrá que adaptar la cantidad de fibra termoplástica para poder obtener un conjunto lo suficientemente resistente y adaptable para la formación del honeycomb final.

Siguiendo la línea de investigación más desarrollada en previas anualidades se han desarrollado no tejidos 100% poliéster reciclado post industrialmente, procesados mediante procesos de desgarrado y triturado.

DESARROLLO DE HONEYCOMBS A PARTIR DE NO TEJIDOS DE CARDA-PUNZONADO UTILIZANDO FIBRAS DE rPET.

A partir de la fibra reciclada de poliéster, se han desarrollado no tejidos mediante la tecnología de carda punzonado con gramajes de unos 250 g/m². Estos no tejidos han servido de base para la formación de los honeycombs considerados y su posterior utilización como núcleos en la formación de paneles sándwich.

En estas imágenes se puede ver como las balas de fibras fueron transformadas en no tejidos para su utilización como base en la formación de los honeycombs.

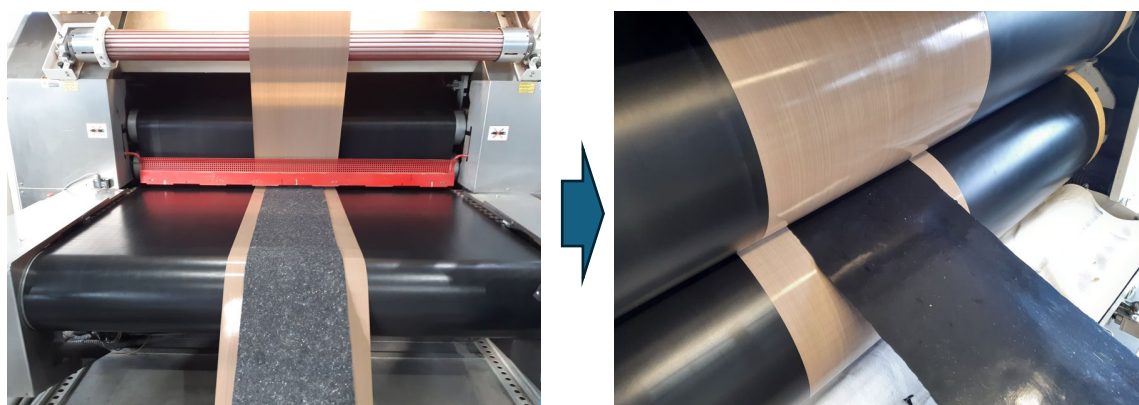


Formación de los no tejidos a partir de las fibras recicladas de poliéster.

Una vez desarrollados los no tejidos se pasó a la fusión de los mismos para poder formar la estructura honeycomb. El proceso de termocompresión plana produce en el no tejido que se funda la parte de las fibras termoplásticas, consiguiendo que se distribuya uniformemente en toda la extensión del no tejido consiguiendo una especie de cartulina plastificada. A continuación, se muestran unas imágenes donde se puede observar mejor el procedimiento de termocompresión plana, así como también el resultado final del no tejido sin procesar y procesado. Los parámetros más importantes que se pueden optimizar en el equipo de laminado son:

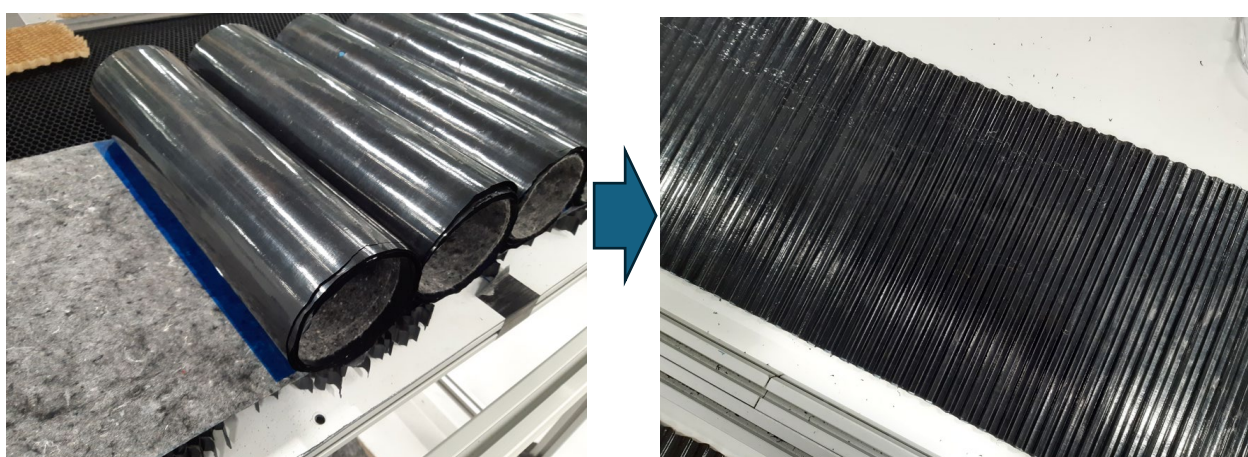
- Presión de aplicación.
- Velocidad de procesado.
- Temperatura de procesado.

En la siguiente imagen se puede ver con mayor detalle cómo se pasa de un no tejido a una lámina fundida mediante el proceso de termocompresión plana en continuo.

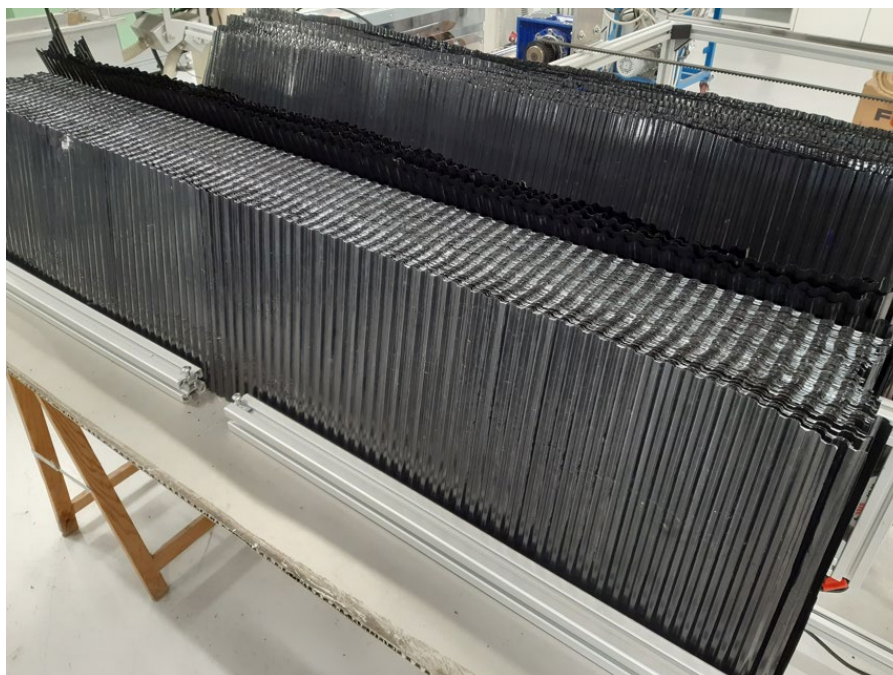


Proceso de termocompresión continua plana de los no tejidos base de formación de los honeycombs.

Una vez se ha tenido la lámina fundida se ha realizado el proceso de corrugado mediante el equipo demostrador de corrugado desarrollado en proyectos anteriores. Para ello se aplica temperatura y mediante unos rodillos con la forma de medio hexágono se llega a formar la geometría de medio hexágono que posteriormente servirá para formar el honeycomb.



Proceso de corrugado continuo para la formación de los honeycombs.



Láminas corrugadas para formación de honeycombs.

A lo largo del proyecto se ha desarrollado un equipo pequeño utilizando perfiles de aluminio para un corte más automático, preciso y rápido de las láminas corrugadas, a un ancho constante.



Corte de los corrugados a la medida correcta con el equipo automático montado.

Una vez se disponía de la cantidad necesaria de láminas corrugadas cortadas a un ancho homogéneo, el siguiente paso del proceso es ensamblarlas. Para ello, se ha desarrollado en el marco de este proyecto un equipo de ensamblado de honeycombs, es decir, se inventó y desarrolló un equipo de ensamblado específico para el material de rPET utilizado habitualmente en el marco

del proyecto HONEYTEX. De este modo, se consigue desarrollar bloques honeycomb de gran tamaño, más similares a los que se requieren en la industria.

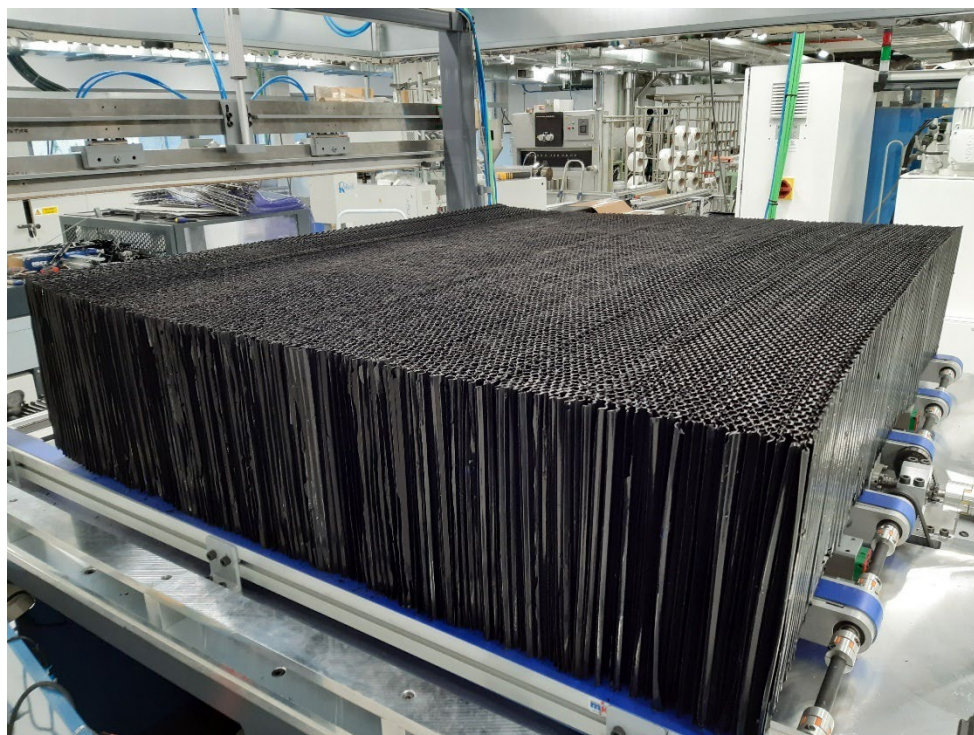
Con la incorporación de este equipo al proceso productivo de AITEX se consigue reducir el tiempo de procesamiento enormemente, ya que anteriormente el proceso de ensamblado era 100% manual, concretamente, se reducen los tiempos de procesamiento en un 1200%. No obstante, y dado que se trata de una nueva tecnología, todavía existe margen de mejora en la optimización de los tiempos en este proceso. A continuación, se muestran imágenes del nuevo proceso de ensamblado:



Disposición de las láminas corrugadas en el nuevo equipo de ensamblado



Detalle de las dimensiones del bloque honeycomb desarrollado en el nuevo equipo



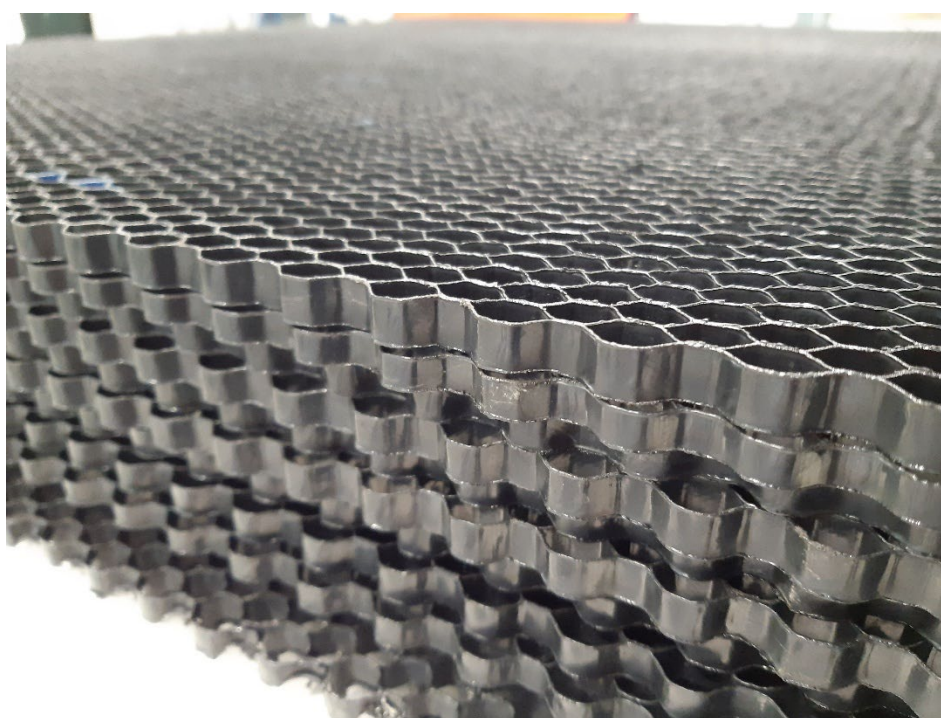
Detalle de las dimensiones del bloque honeycomb desarrollado en el nuevo equipo

Como se puede comprobar el bloque se ha podido formar de manera correcta llegando a medir un tamaño de 1400x1200 mm con una altura de 300 mm. La formación del bloque ha sido satisfactoria, los hexágonos del honeycomb presentan una regularidad muy buena por lo que verifica que el equipo de ensamblado se ha diseñado de manera correcta.

El siguiente proceso a llevar a cabo en la fabricación de bloques honeycomb es el de corte al espesor deseado, para poder producir posteriormente el panel sándwich con las características necesarias en función de la aplicación requerida finalmente. Para ello, dado que esta anualidad se ha conseguido desarrollar un bloque honeycomb de un tamaño notoriamente superior, se ha desarrollado un nuevo módulo de corte. En este caso, se ha basado en el equipo desarrollado en el marco del proyecto HONEYTEX2024, pero adaptado a este nuevo tamaño, siguiendo el método de corte mediante hilo caliente. En las siguientes imágenes se puede ver con más detalle el corte del bloque de honeycomb mediante proceso de corte por hilo caliente.



Proceso de corte del bloque honeycomb de gran tamaño



Bloques cortados a diferentes espesores en el nuevo módulo de corte por hilo caliente

Una vez se dispone de los diferentes bloques de diferentes espesores, se ha procedido a desarrollar los paneles sándwich. Para ello, se ha planteado el desarrollo de distintos tejidos no tejidos a utilizar en las capas exteriores del sándwich, desarrollando un total de 3 referencias diferentes de placas con núcleo honeycomb de tamaño grande. A continuación, se muestra la matriz de pruebas:

MATRIZ DE PANELES SANDWICH DE TAMAÑO GRANDE	
REFERENCIA	MATERIAL
PANEL SANDWICH 01	PES Bicomponente cristalino – Viscosa - rPET
	Pes bicomponente cristalino
	Pes bicomponente no cristalino
	HC de rPET
	Pes bicomponente no cristalino
	Pes bicomponente cristalino
	PES Bicomponente cristalino – Viscosa - rPET
PANEL SANDWICH 02	PES Bicomponente cristalino – Viscosa - rPET
	PES bico cristalino
	Pes bico cristalino – Viscosa
	HC de rPET
	Pes bico cristalino – Viscosa
	PES bico cristalino
	PES Bicomponente cristalino – Viscosa - rPET
PANEL SANDWICH 03	PES Bicomponente cristalino – Viscosa - rPET
	Pes bicomponente cristalino
	Pes bico cristalino – Viscosa
	HC de rPET
	Pes bico cristalino – Viscosa
	Pes bicomponente cristalino
	PES Bicomponente cristalino – Viscosa - rPET

Hay que destacar que dichos no tejidos han sido desarrollados con diferentes proporciones, por lo que las composiciones son distintas pese a que los materiales son los mismos entre sí. Además, cada no tejido es de distintos gramajes en función de la capa en la que estén situados dentro del panel sándwich.

Dichos paneles sándwich se han desarrollado mediante procesos de laminación. En primer lugar, se han laminado los no tejidos adyacentes al núcleo honeycomb de rPET, tal y como vemos en las siguientes imágenes:



Proceso de laminación de capa adyacente al núcleo HC

El objetivo de este laminado inicial es aumentar la superficie de pegado del honeycomb, que mejore la adherencia con las capas superiores. De este modo logramos obtener un panel sándwich más consistente y con mejores propiedades de estabilidad térmica y adhesión entre capas.

Tras ello, el siguiente proceso es laminar las dos capas superiores con el núcleo honeycomb + no tejido que sirve para aumentar la superficie de pegado para obtener el panel sándwich final, tal y como se ve en las siguientes imágenes:



Proceso de laminación de capas superiores al núcleo HC+capa adyacente

En conclusión, el desarrollo de núcleos honeycomb sostenibles de PET reciclado a escala semi-industrial, se ha podido desarrollar con éxito, consiguiendo aumentar la productividad y optimizar el proceso de producción gracias a la incorporación de los equipos de ensamblado y corte inventados y desarrollados por AITEX. Además, estos se han podido integrar en paneles sándwich con materiales que aportan buenas propiedades de estabilidad térmica y adhesión entre capas que hacen de estos desarrollos unos materiales muy interesantes para el sector de automoción.

En paralelo a los desarrollos expuestos anteriormente, se han desarrollado núcleos honeycomb a partir de fibras naturales de lino, en combinación con PLA en primer lugar y combinadas con fibras de polipropileno en segundo lugar.

Seguidamente, se exponen imágenes de la metodología de desarrollo, que es muy similar a la de formación de honeycombs de rPET.



Proceso de laminación de no tejidos a partir de fibras vegetales

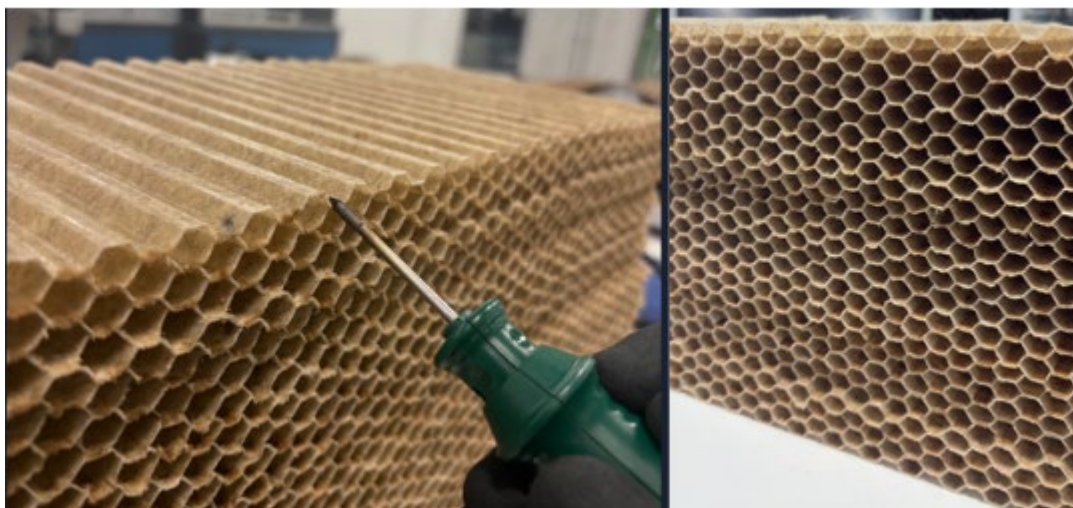
Partiendo de un no tejido cuya composición es lino al 30% y PLA o PP al 70%, se realiza un proceso de laminación en continuo para fundirlo y obtener láminas. Dichas láminas, posteriormente, se someten al proceso de corrugado:



Proceso de corrugado de láminas a partir de fibras vegetales

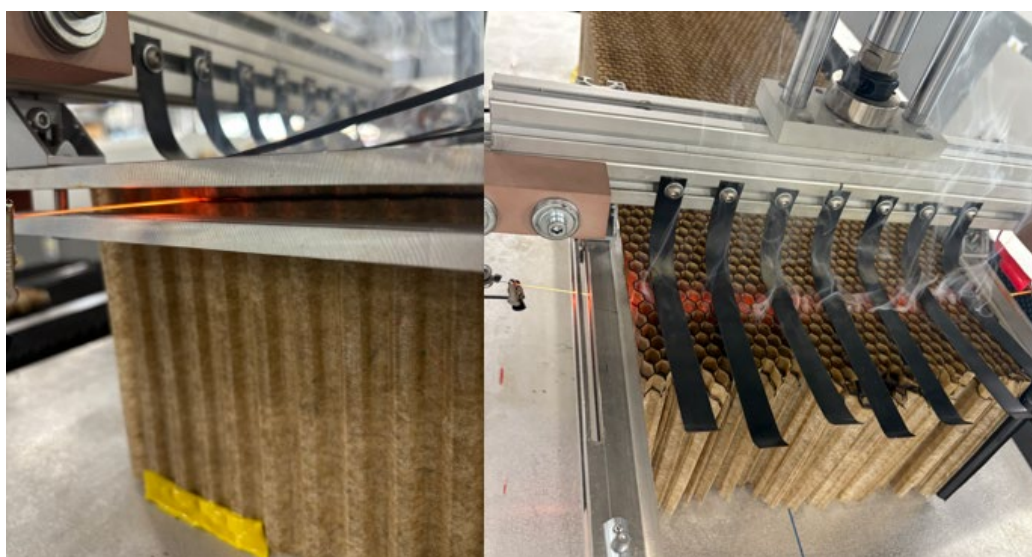
Tras el proceso de corrugado se obtuvieron una cantidad de láminas considerables, suficientes para desarrollar núcleos honeycomb de tamaño medio. Hay que destacar que para este material el método de ensamblado seguido no es mediante el proceso automático con el nuevo equipo de AITEX, si no que se trata de un procesos de ensamblado manual.

Comentar que tras este proceso, se ha determinado que los no tejidos de lino y polipropileno no son óptimos para dicho proceso, por lo que la investigación siguió su curso con el empleo de las láminas corrugadas de Lino-PLA.



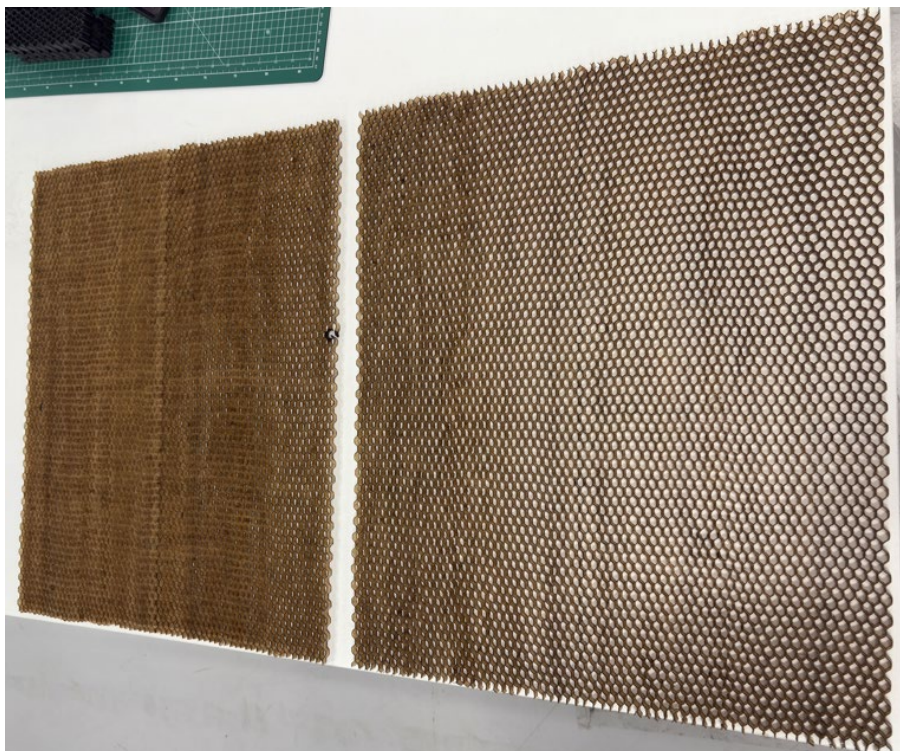
Proceso de ensamblado (manual) de láminas corrugadas a partir de fibras vegetales (Lino – PLA)

Una vez ensamblado todo el bloque, se procede al proceso de corte por hilo caliente, en este caso, también mediante el equipo existente anteriormente, no en el nuevo módulo adaptado a la nueva ensambladora, a continuación, se muestran imágenes del proceso de corte:



Proceso de corte de bloque honeycomb de tamaño mediano de lino y PLA

Tras ello, se han obtenido varios bloques honeycomb de lino y PLA.



Bloques honeycomb de tamaño mediano de lino y PLA



Detalle de espesores de los bloques honeycomb de tamaño mediano de lino y PLA

Una vez obtenidos los distintos bloques al espesor deseado, se pretende desarrollar paneles sándwich utilizando los mismos no tejidos empleados en el desarrollo de los honeycombs. En un primer paso, estos no tejidos son laminados con el objetivo de fundirlos, tal y como vemos en las siguientes imágenes:



Proceso de laminación de liners exteriores para formación de paneles sándwich con núcleo HC de lino y PLA.

Tras ello, estos no tejidos fundidos son laminados junto a los núcleos honeycomb:

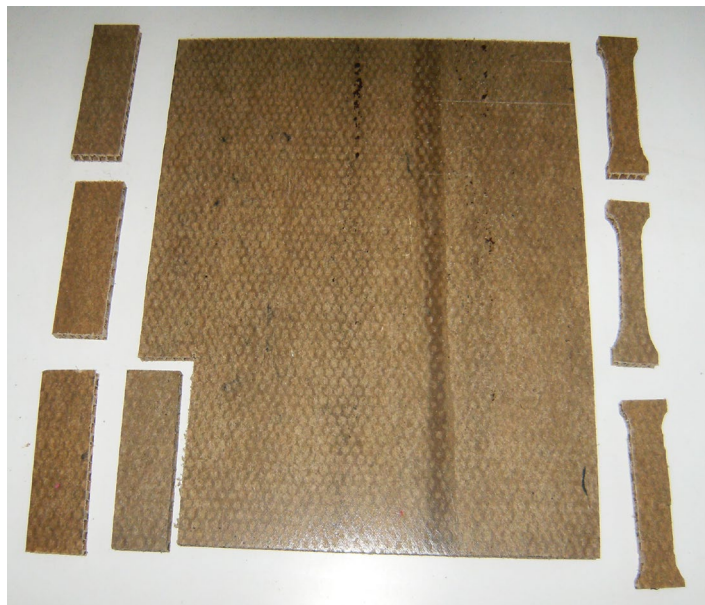


Proceso de laminación para obtener paneles sándwich con núcleo y liners de lino - PLA

De este modo, se obtienen paneles sándwich monocomponente a partir de fibras vegetales de manera exitosa.

Estos paneles posteriormente han sido sometidos a caracterización físico-mecánica mediante ensayos específicos de caracterización de honeycombs, obteniendo las siguientes propiedades de densidad, módulo de Young, absorción de energía y límite elástico:

Densidad [kg/m ³]	Módulo de Young [N/mm ²]	Absorción de energía [J]	Límite elástico [Rp0,2]
192,425	50,8825	11,045	1,077



Corte de probetas para caracterización físico-mecánica de paneles sándwich de lino - PLA

Se han podido desarrollar paneles sándwich a partir de fibras vegetales de manera exitosa, aunque a una escala mucho menor que los núcleos de rPET. Pese a ello, el uso de este material dentro del proceso productivo de AITEX, así como los resultados obtenidos tras su caracterización, hacen de este material un material muy prometedor con el que seguir investigando y escalando el proceso.

En el marco del presente proyecto, también ha surgido la oportunidad de desarrollar núcleos honeycomb a partir de tapes de fibra de carbono combinado con diferentes matrices termoplásticas en diferentes proporciones.

PRIMERAS PRUEBAS UD TAPES DE CARBONO

Fibra de carbono - Poliamida 6

Fibra de carbono - rPET

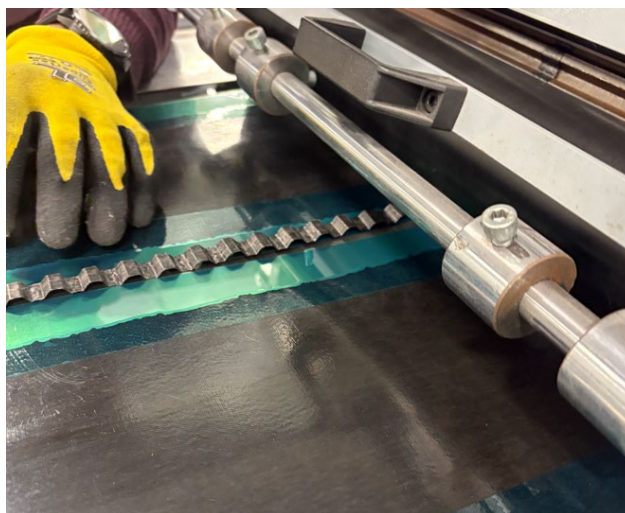
Fibra de carbono - Polipropileno

Fibra de vidrio - PET

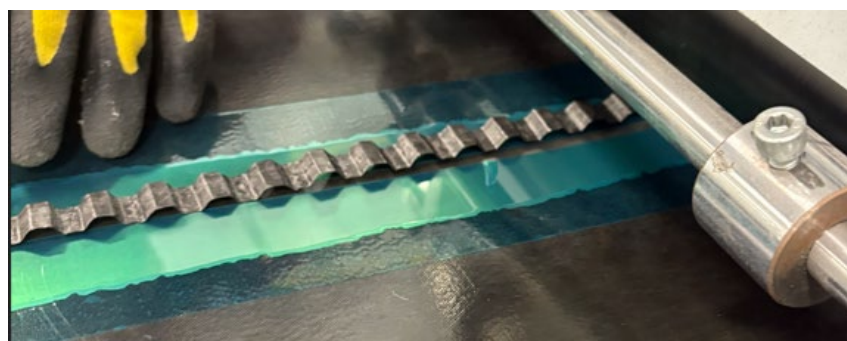
Fibra de carbono - PEEK

Fibra de carbono - Poliamida 6

El principal beneficio de usar tapes para el desarrollo de núcleos honeycomb es que los pasos de la formación de no tejidos y los procesos de laminación para fundirlos, los evitamos. De este modo, los tapes son sometidos directamente al proceso de corrugado habitualmente desarrollado en AITEX:



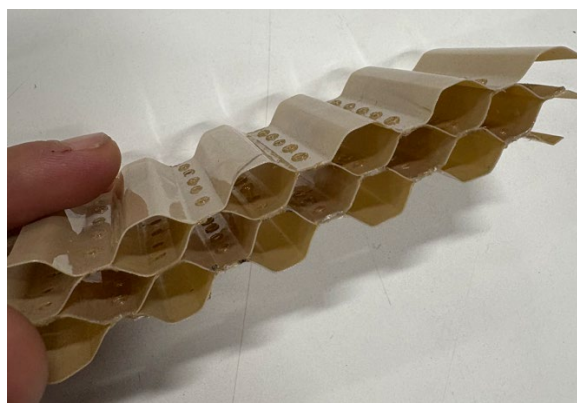
Corrugado de tapes de carbono con rPET



Corrugado de tapes de carbono con PP

Destacar que los tapes que contienen PET y PP son los que se han podido someter al corrugado con mayor éxito. Por otro lado, no ha resultado posible corrugar correctamente los tapes de fibra de vidrio y PA6, y los tapes de fibra de carbono y PEEK han sido procesados de otra manera, aunque con poca reproducibilidad, aun así, se ha podido obtener un pequeño bloque del tamaño suficiente para someterlo a caracterización físico-mecánica.

El problema principal encontrado con los tapes de PA6 y fibra de vidrio es que sería necesario mayor porcentaje de termoplástico para poder replicar de forma correcta el medio hexágono, y formar núcleos honeycomb homogéneos.



Bloque HC a partir de láminas de fibra de carbono y PEEK

Una vez corrugados todos los rollos de los distintos tapes se han ensamblado de manera manual, y estos se han cortado al tamaño de probeta necesario para someterlos a caracterización físico mecánica mediante el ensayo específico de caracterización de honeycombs.

CARACTERIZACIÓN DE NÚCLEOS HONEYCOMB (TAPES)

Fibra de carbono 45% - rPET 55%



Fibra de carbono 45% -PP 55%



Fibra de carbono 60% y PEEK 40%

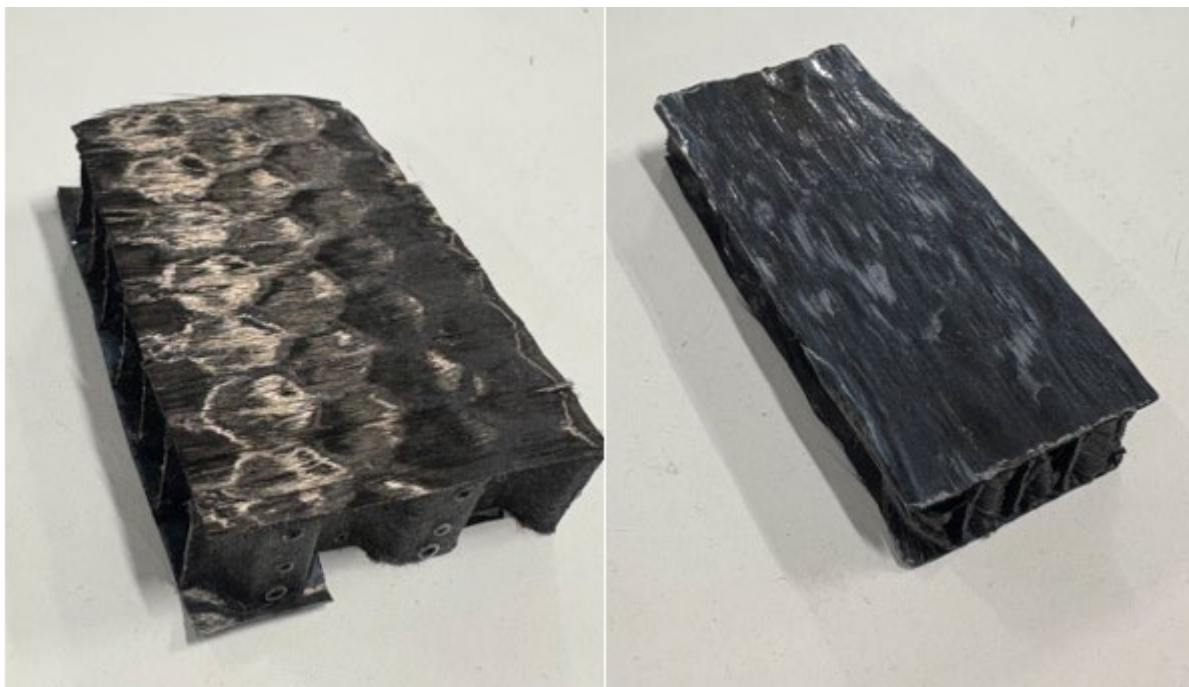


Los resultados obtenidos de esta caracterización son los siguientes:

	Densidad [kg/m ³]	Módulo de Young [N/mm ²]	Absorción de energía [J]	Límite elástico [Rp0,2]
S4_PEEK	0,0086	62,3	5,69	2,26
S5_CF_PP	0,0086	8,76	5,53	0,51
S6_CF_PET	0,014	14,18	12,03	1,08

Destacar que estos resultados no son tan buenos como los obtenidos con los paneles sándwich de lino y PLA, ya que se han sometido a caracterización exclusivamente los honeycombs, sin láminas superiores e inferiores que conformen un panel sándwich, por lo que la resistencia a impacto es mucho menor. Es por esto por lo que se ha probado a desarrollar paneles sándwich utilizando láminas con las mismas composiciones que los tapes utilizados en la formación del honeycomb.

Dicho desarrollo se ha realizado mediante procesos de laminación, obteniendo probetas como las que se muestran a continuación:



Paneles sándwich desarrollados a partir de diferentes tapes de carbono combinados con matrices termoplásticas.

En el caso de estos desarrollos, se puede concluir que es viable utilizar este tipo de materiales dentro del proceso productivo de AITEX, adaptándolo a la naturaleza de estos. Se considera que se ha de continuar en esta línea de investigación ya que se pueden obtener materiales muy prometedores con potencial aplicabilidad en el sector aeronáutico/aeroespacial.