

Ingeniería de materiales compuestos aplicada al blindaje de vehículos: la evolución de FECSA hacia nuevas soluciones de protección balística

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA BALÍSTICA DE FECSA

FECSA ha aplicado su experiencia en protección balística rígida para desarrollar soluciones de blindaje vehicular más ligeras y eficientes. Los materiales compuestos, combinados con procesos avanzados de fabricación, ofrecen niveles de protección comparables o superiores a los metales tradicionales, reduciendo significativamente el peso.

La combinación de materiales compuestos, procesos avanzados de fabricación e ingeniería de diseño está transformando el blindaje vehicular. La experiencia adquirida por FECSA durante más de una década en soluciones de protección balística rígida constituye hoy la base para desarrollar sistemas más ligeros, eficientes y adaptados a las nuevas exigencias de movilidad y protección.

DEL CONOCIMIENTO EN PROTECCIÓN BALÍSTICA PERSONAL AL BLINDAJE DE VEHÍCULOS

Cuando se habla de fibras textiles, resulta difícil imaginar que puedan detener el impacto de un proyectil. Sin embargo, esa aparente contradicción representa uno de los mayores avances experimentados por la ingeniería de materiales durante las últimas décadas. Hoy, los materiales compuestos han demostrado que una arquitectura cuidadosamente diseñada de fibras técnicas, consolidadas mediante una matriz polimérica, pueden alcanzar niveles de protección que, en determinadas aplicaciones, igualan o incluso superan las prestaciones de soluciones metálicas convencionales, con una reducción significativa del peso.

Esta evolución ha transformado la forma de entender la protección balística. El objetivo ya no consiste únicamente en desarrollar materiales cada vez más resistentes, sino en diseñar sistemas donde distintos materiales trabajen conjuntamente para absorber, distribuir y disipar la enorme cantidad de energía generada durante un impacto.

En FeCSA, esta filosofía forma parte de la evolución tecnológica desarrollada durante más de diez años en el ámbito del blindaje rígido. La experiencia adquirida en el diseño y fabricación de cascos de combate, placas balísticas y otras soluciones de protección ha permitido a la compañía desarrollar un profundo conocimiento sobre el comportamiento de los materiales compuestos, los procesos de consolidación y la validación de soluciones balística mediante ensayos específicos. Ese conocimiento constituye hoy el punto de partida para abordar un nuevo ámbito de aplicación, el blindaje de vehículos.

Lejos de suponer una simple adaptación de tecnologías exigentes, el desarrollo de soluciones de protección para plataformas terrestres implica afrontar retos de ingeniería considerablemente más complejos. Las amenazas balísticas son superiores, las superficies de protección aumentan, las geometrías dejan de ser uniformes y cada componente debe integrarse en la estructura del vehículo sin comprometer aspectos fundamentales como la movilidad, la estabilidad o la capacidad de carga.

En este escenario, la ingeniería de materiales adquiere un papel protagonista. El diseño del blindaje deja de centrarse exclusivamente en la resistencia del material para convertirse en un ejercicio de optimización donde intervienen múltiples variables como el nivel de amenaza, la arquitectura del panel, la combinación de materiales, el proceso de fabricación y las limitaciones propias de la plataforma que debe protegerse.



LA REVOLUCIÓN DE LOS MATERIALES COMPUESTOS

Durante décadas, el acero balístico fue el principal material empleado en la protección de vehículos. Su elevada dureza y resistencia mecánica permitían responder eficazmente frente a numerosas amenazas, convirtiéndose en la referencia para el desarrollo de soluciones de blindaje tanto en el ámbito militar como policial. Sin embargo, el incremento progresivo de los niveles de protección trajo consigo un problema difícil de resolver, el aumento de peso.

Cada incremento en el espesor de acero suponía una penalización directa sobre la masa del vehículo. Esto afectaba al consumo de combustible, al desgaste de la suspensión, a la aceleración, a la capacidad de carga e incluso al transporte estratégico de la plataforma.

La aparición de los materiales compuestos ha permitido cambiar este paradigma. En lugar de confiar toda la protección a un único material, comenzaron a desarrollarse arquitecturas multicapas donde diferentes materiales desempeñan funciones específicas frente al impacto balístico. El resultado ya no depende únicamente de la dureza de un panel, sino de la capacidad del conjunto para gestionar la energía generada por el proyectil.

Esta evolución ha dado lugar a soluciones donde fibras textiles trabajan conjuntamente para ofrecer mayores niveles de protección con una masa considerablemente inferior a la de las soluciones tradicionales. La propia experiencia de Fecsa demuestra que, dependiendo la arquitectura seleccionada, es posible obtener reducciones de peso del orden del 30% o incluso del 40% respecto a configuraciones convencionales, mejorando así el denominado payload recovery, la capacidad del vehículo para destinar ese peso ahorrado a incrementar su carga útil, integrar nuevos sistemas o mejorar sus prestaciones dinámicas. La innovación, por tanto, ya no reside únicamente en descubrir nuevos materiales, sino en comprender cómo combinarlos de forma eficiente.

CUANDO UN TEJIDO PUEDE DETENER UN PROYECTIL

El funcionamiento de un material compuesto para aplicaciones balísticas resulta muy distinto al de un blindaje de acero convencional.

DÉ EL SALTO DEL PLASMA AL LÁSER FIBRA

- MÁS VELOCIDAD
- MÁS PRECISIÓN
- MENORES COSTES OPERATIVOS



LÁSER FIBRA DE HASTA 60 kW

Acero al carbono
de 20 mm

7-9 m/min

- ACABADOS LIMPIOS
- MENOS RETRABAJOS
- MAYOR APROVECHAMIENTO DE CHAPA

Máquinas de corte láser industrial
de entrega inmediata

SAT LÁSER

Cercano, rápido
y garantizado

Servicio técnico en toda la Península Ibérica

Instalación · Puesta en marcha

Asistencia · Mantenimiento

REPUESTOS GARANTIZADOS

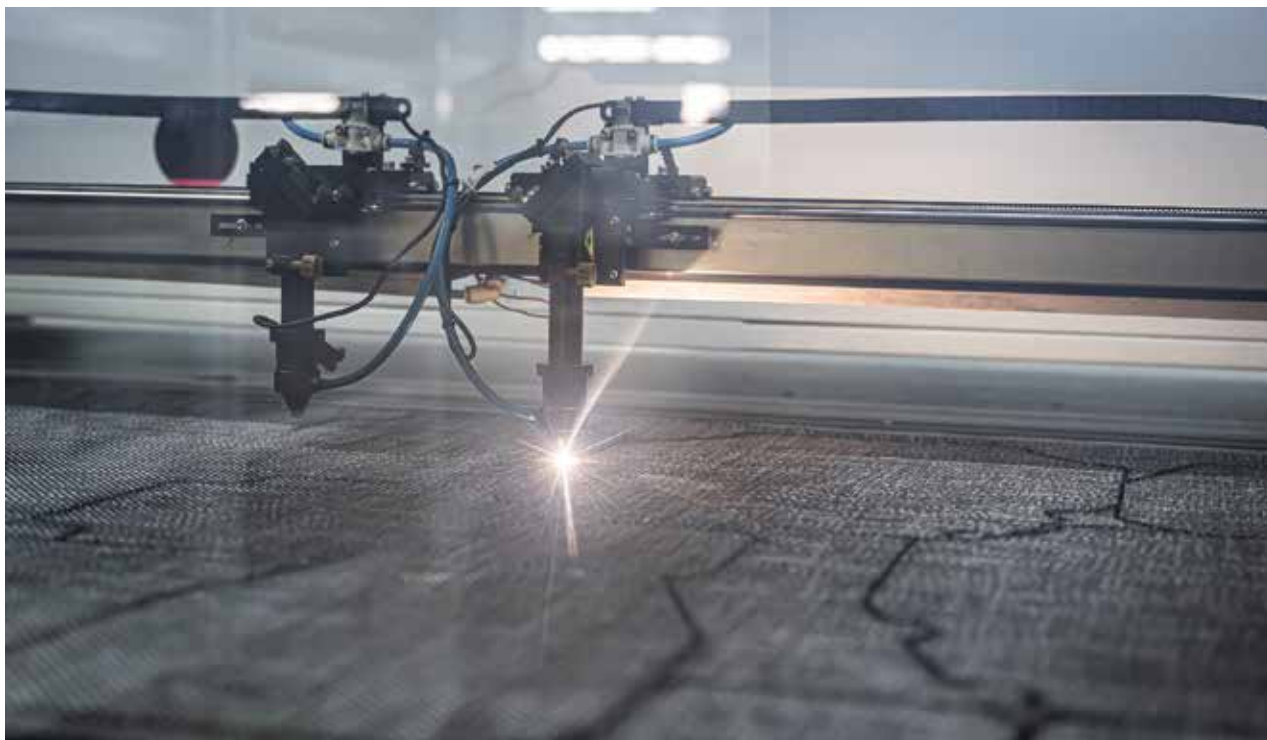
Madrid · Barcelona · Alicante · Gulpózone
Vizcaya · Asturias · Pontevedra · Ciudad Real
Córdoba · Oporto

SOLICITA UNA DEMOSTRACIÓN

dtctecnologia.com

TAMBIÉN:

- SOLDADURA LÁSER
- LIJADORAS - DESBARBADORAS
- CURVADORAS CHAPAS Y PERFILES
- SIERRAS DE CINTA
- PLEGADORAS Y CIZALLAS
- BISELADORAS
- CHAFLANADORAS



Mientras que el acero basa gran parte de su resistencia en su dureza, un material compuesto aprovecha la interacción de múltiples capas de fibras técnicas unidas mediante una matriz polimérica. Cada una de esas capas participa en la absorción y redistribución de la energía del impacto, reduciendo progresivamente la capacidad de penetración del proyectil.

Estas fibras técnicas se impregnan con resinas específicas que, durante el proceso de prensado, permiten consolidar todas las capas en una única matriz estructural. El resultado es un material compuesto cuyo comportamiento final depende tanto de la selección de los materiales como de la arquitectura con la que se han dispuesto sus diferentes capas.

A simple vista puede parecer únicamente un conjunto de tejidos superpuestos. Sin embargo, detrás de esa apariencia existe un complejo trabajo de ingeniería.

En Fecsa, el desarrollo de una solución balística comienza mucho antes del proceso de fabricación. Cada proyecto implica estudiar qué amenaza debe detenerse, qué nivel de protección exige la normativa aplicable y cuáles son las limitaciones de peso, geometría o integración de la plataforma sobre la que se instalará el blindaje.

A partir de ahí comienza el diseño de la arquitectura del material.

La orientación de las fibras, el orden de las capas, la combinación entre distintos materiales, el espesor de cada elemento, el tipo de resina o las condiciones de prensado son variables que modifican de forma significativa el comportamiento final del sistema.

Por este motivo, no existen configuraciones universales.

Dos paneles fabricados con los mismos materiales pueden ofrecer prestaciones completamente diferentes dependiendo de cómo se hayan diseñado sus arquitecturas internas.

Esta enorme variabilidad constituye uno de los principales desafíos de la ingeniería de materiales compuestos aplicada al blindaje. También representa una de sus mayores fortalezas, ya que permite adaptar cada solución a requisitos muy concretos de protección, peso y geometría.

BLINDAJE RÍGIDO: EL PUNTO DE PARTIDA PARA NUEVAS APLICACIONES

A diferencia del blindaje flexible empleado en determinados equipos de protección individual, el blindaje rígido se obtiene mediante la consolidación de múltiples capas de materiales compuestos que, una vez sometidas a presión y temperatura, forman una matriz estructural capaz de soportar impactos de elevada energía.

Este proceso de consolidación genera una matriz resistente durante el cual todas las capas trabajan conjuntamente durante el impacto. El resultado es un componente estructural que puede adoptar geometrías complejas y aplicarse en cascos balísticos, placas de protección, escudos o paneles destinados a vehículos.

La fabricación de estos elementos exige un control extremadamente preciso de los procesos industriales. Cada material posee un comportamiento específico durante el conformado, el prensado o el curado, por lo que resulta imprescindible conocer tanto sus propiedades mecánicas como sus condiciones óptimas de procesado.

Un casco balístico, por ejemplo, puede incorporar alrededor de cincuenta capas de materiales diferentes, cada una con una función específica dentro de la arquitectura del conjunto. Trasladar ese conocimiento al blindaje de vehículos supone multiplicar las variables de diseño. Las superficies aumentan, las geometrías se vuelven más complejas y las



amenazas requieren configuraciones aún más sofisticadas.

Por ello, el desarrollo de soluciones de blindaje vehicular no consiste simplemente en fabricar paneles de mayor tamaño. Requiere comprender cómo interactúan los distintos materiales, cómo afectan los procesos industriales al comportamiento balístico y cómo integrar el sistema de protección en una plataforma donde cada kilogramo añadido tiene consecuencias directas sobre su rendimiento operativo.

En este contexto, la experiencia acumulada por Fecsa en el diseño de arquitecturas multicapa textil y en la fabricación de soluciones balísticas rígidas representa una base tecno-

lógica sólida para abordar una nueva generación de sistemas de protección adaptados a los requisitos del blindaje vehicular.

EL BLINDAJE DE VEHÍCULOS, UNA INGENIERÍA DONDE CADA CONFIGURACIÓN ES ÚNICA

El desarrollo de soluciones de blindaje para vehículos representa uno de los mayores desafíos dentro de la ingeniería de materiales aplicada a la protección balística. A diferencia de otros sistemas de protección rígida, donde las condiciones de diseño suelen estar más acotadas, un vehículo constituye una plataforma compleja en la que cada componente presenta necesidades específicas y debe responder simultáneamente a requisitos estructurales, funcionales y operativos.

Blindar un vehículo no consiste simplemente en incorporar paneles resistentes a su estructura. Cada solución debe diseñarse teniendo en cuenta el tipo de amenaza al que estará expuesto, la misión que desempeñará la plataforma, la superficie que debe protegerse y las limitaciones de peso admisibles para no comprometer su comportamiento dinámico.

En este tipo de proyectos, Fecsa actúa como proveedor especializado de soluciones balísticas, desarrollando e integrando los sistemas de protección sobre plataformas fabricadas por terceros. Su labor consiste en diseñar el blindaje

MAQUINA, HERRAMIENTA Y PROCESO DE UNA SOLA FUENTE



Laminado de Roscas y Perfiles



Laminado de Estrias



Laminado de Aros



Tecnología de Herramientas



APP PROFIROLL
PROFIROLL APP



COMPENSACIÓN DE
TEMPERATURA
TEMPERATURE
COMPENSATION



COMPENSACIÓN DE
DUREZA
HARDNESS
COMPENSATION



SEGUIMIENTO DE DATOS
DATA TRACKING



MONITORIZACIÓN DE
LA HERRAMIENTA
DE MONITORING



CÓDIGO DATA
MATRIX
DATA MATRIX
CODE

PROFIROLL ESPAÑA S.L.
Ctra. Durango-Elorrio Km.2
Abadiano 48220

Teléfono: 0034 946210147
Email: pes@profiroll.de



» La protección balística del futuro no dependerá únicamente de la resistencia de un material, sino de la capacidad para diseñar arquitecturas inteligentes que integren materiales, procesos de fabricación y conocimiento ingenieril en un único sistema.

más adecuado para cada vehículo, adaptándolo a los requisitos de protección, integración y peso definidos por el fabricante y el usuario final.

No es lo mismo proteger una puerta, un techo, el suelo frente a amenazas antiminas o un revestimiento interior destinado a controlar la fragmentación secundaria. Cada elemento requiere una solución específica, con una arquitectura de materiales adaptada a su función y a las solicitudes que experimentará durante un impacto.

Esta complejidad explica que no existan configuraciones estándar para el blindaje vehicular. Cada proyecto representa un ejercicio de ingeniería donde la combinación de materiales, espesores y procesos de fabricación debe optimizarse para alcanzar el equilibrio entre protección, peso e integración estructural.

Precisamente ahí reside uno de los principales valores de los materiales compuestos, su enorme capacidad de adaptación.

DISEÑAR PARA CUMPLIR UNA AMENAZA

Uno de los aspectos que diferencia el blindaje vehicular de otras aplicaciones balísticas es que el punto de partida no es el material, sino la amenaza.

Cada solución se desarrolla para cumplir unos requisitos definidos por normas internacionales que establecen tanto el tipo de proyectil como su velocidad de impacto, masa y condiciones de ensayo. Estos estándares permiten garantizar que las prestaciones del blindaje sean comparables y verificables mediante protocolos objetivos.

En el ámbito policial, una de las referencias más utilizadas es la norma EN 1522, que clasifica distintos niveles de protección frente a amenazas que abarcan desde munición de arma corta hasta proyectiles perforantes de fusil. Los niveles FB4, FB5, FB6 y FB7 representan escenarios de amenaza crecientes y exigen soluciones progresivamente más exigentes desde el punto de vista del diseño y los materiales.

En aplicaciones militares, los requisitos se amplían mediante la norma STANAG 4569, desarrollada por la OTAN, que define diferentes niveles de protección frente a amenazas balísticas y explosivas. Además de los impactos de proyectiles de distintos calibres, esta normativa contempla la resistencia frente a exposiciones bajo rueda o bajo el casco



del vehículo, incorporando ensayos específicos para amenazas antiminas.

Para Fecsa, estas normas constituyen el punto de partida de cada desarrollo. No se trata únicamente de fabricar un panel resistente, sino de diseñar una solución capaz de responder exactamente al escenario para el que ha sido concebida. Esto implica seleccionar cuidadosamente las fibras materiales, definir su arquitectura y validar posteriormente su comportamiento mediante protocolos de ensayo específicos.

REDUCIR PESO PARA GANAR CAPACIDAD OPERATIVA

Durante años, la mejora de la protección balística estuvo asociada casi exclusivamente al aumento del espesor del blindaje. Sin embargo, esta estrategia encontraba rápidamente una limitación evidente, el incremento continuo del peso.

En un vehículo, cada kilogramo añadido repercute directamente sobre múltiples parámetros operativos. Aumenta el consumo de combustible, reduce la aceleración, incrementa el desgaste de la suspensión y limita la capacidad para incorporar nuevos equipos o transportar mayor carga útil.

Por este motivo, uno de los principales objetivos del blindaje de moderno consiste en reducir la masa superficial del sistema sin comprometer el nivel de protección exigido.

Es precisamente en este aspecto donde las fibras compuestas ofrecen una de sus mayores ventajas.

Las arquitecturas multicapas permiten sustituir parcialmente materiales convencionales por soluciones basadas en fibras textiles de altas prestaciones, consiguiendo reducciones de peso muy significativas. Dependiendo de la configuración seleccionada, estas reducciones pueden situarse comercialmente entre un 30% y un 40%, manteniendo los niveles de protección requeridos.

Los datos comparativos muestran claramente esta evolución. Mientras determinadas soluciones basadas exclusivamente en acero requieren masas superficiales superiores a los 90 o incluso 100 kg/m² para determinados niveles de protección, la incorporación de fibras textiles permite reducir considerablemente ese valor mediante configuraciones híbridas optimizadas.



Esta reducción tiene un impacto directo sobre la capacidad operativa del vehículo. El peso ahorrado puede destinarse a incrementar la carga útil (payload recovery), incorporar nuevos sistemas de comunicaciones, sensores, estaciones de armas o simplemente mejorar la movilidad de la plataforma sin necesidad de modificar su arquitectura mecánica.

Por ello, el desarrollo de soluciones de blindaje ya no se evalúa únicamente por su capacidad para detener un proyectil. Hoy resulta igualmente importante analizar cuánto

pesa esa protección, cómo afecta al comportamiento del vehículo y hasta qué punto puede integrarse de forma eficiente dentro del conjunto.

En este nuevo paradigma, la ingeniería de materiales se convierte en una disciplina de optimización, donde el objetivo consiste en encontrar el equilibrio entre protección, peso, fabricación e integración estructural. Es precisamente esa capacidad de diseño, basada en el conocimiento del comportamiento del conjunto de fibras y en su combinación inteligente, la que permite desarrollar soluciones adaptadas a los requisitos específicos de cada plataforma.

DEL DISEÑO A LA VALIDACIÓN: LA IMPORTANCIA DEL ENSAYO EN EL BLINDAJE

El desarrollo de una solución de blindaje no concluye cuando se define la arquitectura de materiales o se fabrica el primer prototipo. En protección balística, la validación experimental constituye una etapa imprescindible del proceso de ingeniería. Cada configuración debe demostrar que responde de una forma fiable al nivel de amenaza para el que ha sido concebida y que mantiene un comportamiento repetitivo bajo condiciones de ensayo normalizadas.

En este sentido, disponer de capacidades propias de fabricación y ensayo supone una ventaja significativa durante el desarrollo. Permite reducir los tiempos de iteración entre



Transmisiones Rafael García, S.L.
Representaciones Industriales

PRESENTAMOS LA GAMA COMPLETA DE NUESTRA NUEVA DISTRIBUCIÓN PARA ESPAÑA Y PORTUGAL DE LOS REDUCTORES YILMAZ

Transmisiones Rafael García, S.L.
P.I. Moncada III – Fornets, 5
46113 MONCADA (Valencia)

Tel.: 96 365 32 33
Email: trg@trg-sl.com
Web: trg-sl.com





diseño, fabricación y validación, identificar rápidamente posibles mejoras y optimizar las configuraciones de materiales antes de afrontar procesos de homologación externos.

Esta filosofía de desarrollo continuo forma parte del enfoque de Fecsa. La compañía combina el conocimiento del conjunto de fibras textiles prensadas con capacidades industriales especializadas que abarcan desde la fabricación de componentes hasta la validación balística de las soluciones desarrolladas. El objetivo no es únicamente fabricar un panel de protección, sino comprender cómo responde cada arquitectura frente al impacto y utilizar esa información para perfeccionar continuamente el diseño.

CAPACIDADES INDUSTRIALES AL SERVICIO DE LA INNOVACIÓN

El comportamiento de un material compuesto depende tanto de su diseño como del proceso empleado para fabricarlo. Una misma arquitectura multicapa puede ofrecer prestaciones muy diferentes si varían parámetros como la presión aplicada durante el prensado o el control del vacío durante la consolidación.

Por ello, el desarrollo de soluciones de blindaje requiere instalaciones industriales capaces de reproducir estos procesos para garantizar la repetibilidad del producto final.

Fecsa dispone de un conjunto de capacidades industriales que permiten abordar internamente gran parte del ciclo de desarrollo de soluciones balísticas basadas en materiales compuestos.

Entre ellas destaca sus seis prensas hidráulicas, fundamentales para la fabricación de componentes de blindaje rígido. Estos equipos permiten consolidar las distintas ca-

pas de materiales bajo condiciones controladas de presión y temperatura, formando una matriz estructural homogénea capaz de ofrecer el comportamiento mecánico requerido. Además de garantizar la calidad y la repetibilidad del proceso, esta capacidad industrial proporciona una elevada capacidad productiva, permitiendo fabricar anualmente hasta 14.000 cascos balísticos y 20.000 placas de protección.

A ello se suma la utilización de tecnologías de corte láser, empleadas tanto para el mecanizado de tejidos técnicos como para el corte de paneles compuestos con elevados niveles de precisión. La exactitud en esta fase resulta esencial para asegurar el correcto ensamblaje de las distintas capas y mantener la repetibilidad del proceso.

Otra de las tecnologías clave es el autoclave, un sistema que combina vacío, presión y temperatura para consolidar materiales compuestos bajo condiciones cuidadosamente controladas. Este proceso permite optimizar la compactación del laminado, reducir la presencia de defectos internos y obtener componentes con elevadas prestaciones mecánicas, especialmente cuando las geometrías presentan una mayor complejidad. La combinación de estos procesos proporciona la flexibilidad necesaria para desarrollar configuraciones muy diversas, adaptadas a las necesidades específicas de cada aplicación.

GALERÍA BALÍSTICA, APRENDER DE CADA IMPACTO

En ingeniería de protección balística, cada ensayo representa una fuente de conocimiento.

Más allá de verificar si un panel ha detenido o no un proyectil, los ensayos permiten analizar la distribución del daño, estudiar el comportamiento de cada material, evaluar la deformación producida durante el impacto e identificar oportunidades de mejora en la arquitectura del sistema.

Por ello, disponer de una galería balística propia constituye una herramienta de enorme valor durante el desarrollo de soluciones.

En el caso de Fecsa, esta instalación permite realizar ensayos internos que proporcionan un retorno inmediato sobre el comportamiento de los materiales y aceleran significativamente los procesos de diseño. La posibilidad de fabricar un prototipo, ensayarlo y analizar sus resultados dentro del propio ciclo de desarrollo favorece una mejora continua de las soluciones y reduce los tiempos necesarios para introducir modificaciones antes de las fases de certificación.

La validación experimental deja así de ser la etapa final del proyecto para convertirse en una herramienta permanente de desarrollo tecnológico.

MATERIALES COMPUESTOS PARA AFRONTAR LOS RETOS FUTUROS

La evolución del blindaje vehicular pone de manifiesto que la innovación ya no depende exclusivamente de incorporar nuevos materiales, sino de comprender cómo interactúan entre sí para responder a amenazas cada vez más complejas.



La combinación de fibras textiles está permitiendo desarrollar soluciones más ligeras, eficientes y adaptadas a los requisitos de las plataformas actuales. Al mismo tiempo, la optimización de los procesos de fabricación y la capacidad para validar rápidamente nuevas configuraciones están acelerando el desarrollo de sistemas de protección cada vez más avanzados.

En este contexto, la colaboración entre empresas, centros tecnológicos y asociaciones especializadas desempeña

un papel esencial para impulsar la transferencia de conocimiento y favorecer la evolución hacia nuevas aplicaciones industriales.

Como miembro de AEMAC, Fecsa forma parte de este ecosistema de innovación, contribuyendo al desarrollo y aplicación de materiales compuestos en un ámbito tan exigente como la protección balística. La experiencia adquirida durante más de una década en soluciones de blindaje rígido, unida a sus capacidades industriales y de ensayo, permite afrontar con una base tecnológica sólida el desarrollo de nuevas soluciones de blindaje para vehículos.

La protección balística del futuro no dependerá únicamente de la resistencia de un material, sino de la capacidad para diseñar arquitecturas inteligentes que integren materiales, procesos de fabricación y conocimiento ingenieril en un único sistema. Eso es, precisamente, el camino que está marcando la evolución de los materiales compuestos y la dirección en la que Fecsa continúa desarrollando su actividad, transformar la ingeniería de materiales en soluciones de protección más eficientes, ligeras y adaptadas a los desafíos de la movilidad y la seguridad del siglo XXI. 

FECSA

www.fecsa.net



ONE BRAND ONE SOURCE ONE SYSTEM

CONTÁCTANOS Y DESCUBRE NUESTRAS SOLUCIONES:
ind@rema-tiptop.es / +34 935 862 730

REMA MCUBE SISTEMA DE MONITORIZACIÓN CON IA

DETECTA EL FALLO ANTES DE QUE SE CONVIERTA EN AVERÍA CON
EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE REMA TIP TOP IBÉRICA.



**DETECCIÓN
TEMPRANA**



**MANTENIMIENTO
PLANIFICADO**



**MEJOR RIESGO
OPERATIVO**



**MÁS FIABILIDAD Y
DISPONIBILIDAD**

