



FUTURE

HABITÁCULO
SENSORIZADO PARA
EL VEHÍCULO DEL
FUTURO



Contenido

1. Ficha técnica del proyecto	2
2. Antecedentes y motivaciones	3
3. Objetivos del proyecto	5
4. Plan de trabajo	6
5. Resultados obtenidos	10



1. Ficha técnica del proyecto

N.º EXPEDIENTE	IMDEEA/2025/33
TÍTULO COMPLETO	HABITÁCULO SENSORIZADO PARA EL VEHÍCULO DEL FUTURO
PROGRAMA	Ayudas dirigidas a centros tecnológicos CV para proyectos de I+D en cooperación con empresas
ANUALIDAD	2025-2026
ENTIDADES FINANCIADORAS	IVACE – INSTITUT VALENCIÀ DE COMPETITIVITAT EMPRESARIAL
ENTIDAD SOLICITANTE	AITEX
C.I.F.	G-03182870



2. Antecedentes y motivaciones

La transformación del sector del transporte ha impulsado la evolución de los interiores de los vehículos hacia espacios cada vez más inteligentes, seguros, confortables, eficientes y sostenibles. En este contexto, la integración de tecnologías avanzadas y materiales innovadores ha adquirido una importancia creciente para responder a las nuevas necesidades de la movilidad y mejorar la experiencia de los usuarios. Los habitáculos han dejado de concebirse únicamente como espacios funcionales para convertirse en entornos interactivos y adaptables, en los que la electrónica, los textiles, los materiales compuestos y los sistemas de sensorización deben integrarse de forma coordinada.

Uno de los retos tecnológicos asociados a esta evolución ha sido conseguir que los componentes eléctricos y electrónicos incorporados en el interior de los vehículos presenten una elevada fiabilidad y durabilidad. En particular, las conexiones entre las placas de circuito impreso, el cableado y los elementos textiles pueden estar sometidas a humedad, vibraciones, esfuerzos mecánicos y variaciones de temperatura. Por este motivo, ha resultado necesario investigar soluciones que permitan incrementar la robustez y la impermeabilidad de estas interconexiones mediante técnicas de encapsulado y sobremoldeo con materiales adecuados.

Paralelamente, la integración de transductores acústicos en textiles y materiales compuestos ha ofrecido nuevas posibilidades para incorporar funciones de emisión de sonido directamente en diferentes elementos del habitáculo. La utilización de hilos conductores, técnicas de bordado e impresión de tintas conductoras permite desarrollar dispositivos acústicos flexibles y de reducido espesor, capaces de conservar en gran medida las propiedades tradicionales de los materiales textiles. Estas soluciones pueden contribuir a mejorar la integración, la distribución y la direccionalidad del sonido en el interior del vehículo, así como complementar los sistemas avanzados de ayuda a la conducción.

Otro aspecto relevante ha sido la transición hacia materiales de menor impacto ambiental. La incorporación de fibras naturales, como el lino, y el estudio de su procesabilidad mediante tecnologías de fabricación de materiales compuestos permiten plantear componentes interiores más ligeros y sostenibles. Esta línea de investigación responde a la necesidad de reducir el uso de materias primas no renovables y avanzar hacia soluciones compatibles con los principios de la economía circular, sin comprometer las propiedades mecánicas, funcionales o estéticas requeridas por el sector del transporte.

Asimismo, la incorporación de tecnologías de sensorización ha permitido desarrollar habitáculos capaces de detectar la presencia o la presión ejercida por los usuarios y generar respuestas automáticas. La integración de sensores textiles y sistemas de iluminación posibilita la creación de elementos interiores interactivos que reaccionan ante determinadas condiciones de uso, favoreciendo la seguridad, el confort y la personalización del entorno. La combinación de estas tecnologías con materiales sostenibles y dispositivos acústicos integrados representa un avance respecto a las soluciones convencionales, en las que estos sistemas suelen desarrollarse e instalarse de forma independiente.



A partir de estas necesidades, el proyecto FUTURE INTERIORS se ha centrado en el desarrollo integrado de soluciones para el habitáculo del vehículo del futuro. El proyecto ha abordado la mejora de la robustez y protección de las conexiones eléctricas, el desarrollo de transductores acústicos integrables mediante bordado o impresión, la utilización de fibras naturales en componentes estructurales y la incorporación de sensores de presión y sistemas de iluminación. La principal novedad ha residido en investigar estas tecnologías de forma conjunta y estudiar su integración en un único demostrador funcional.

Como demostrador final se ha desarrollado un asiento de vehículo que ha permitido reunir y evaluar las diferentes líneas de investigación. La parte posterior del asiento se ha fabricado empleando fibra de lino, mientras que las funcionalidades textiles y electrónicas se han incorporado mediante transductores acústicos, sensores de presión, elementos conductores y un sistema de iluminación reactiva. De este modo, el demostrador ha servido para analizar la compatibilidad entre materiales, procesos y sistemas electrónicos, así como para comprobar su funcionamiento conjunto en una aplicación representativa del interior de un vehículo.

En conjunto, FUTURE INTERIORS ha respondido a la necesidad de avanzar hacia interiores de vehículos más inteligentes y sostenibles, combinando robustez eléctrica, funcionalidad acústica, sensorización y materiales de origen natural. El conocimiento generado contribuye al desarrollo de nuevas soluciones textiles y de materiales compuestos aplicables al sector de la movilidad, al tiempo que favorece la transferencia tecnológica hacia empresas vinculadas con los textiles técnicos, la electrónica, los materiales compuestos y los componentes para transporte.



3. Objetivos del proyecto

El proyecto FUTURE INTERIORS ha tenido como objetivo general desarrollar soluciones integradas e innovadoras destinadas a mejorar la funcionalidad y la sostenibilidad de los interiores de los vehículos. Para ello, se ha investigado la optimización de la robustez y la protección de las conexiones entre placas de circuito impreso y cableado, el diseño y la integración de transductores acústicos en textiles y materiales compuestos, la utilización de fibras naturales para obtener componentes sostenibles y estéticos, y la incorporación de sensores de presión y sistemas de iluminación para crear entornos interiores inteligentes, seguros y eficientes.

Para alcanzar este objetivo general se han establecido los siguientes objetivos específicos:

- **O.1. Optimización de las conexiones eléctricas.** Investigar y mejorar la robustez y la protección de las conexiones entre placas de circuito impreso y cables, con el propósito de obtener sistemas eléctricos fiables y duraderos, adecuados para las condiciones de utilización propias del interior de los vehículos.
- **O.2. Innovación en transductores acústicos.** Desarrollar transductores acústicos que puedan integrarse eficazmente en el habitáculo del vehículo, investigando soluciones textiles fabricadas mediante bordado o impresión con tintas conductoras, así como su posible incorporación en materiales compuestos. Con ello se ha buscado mejorar su integración, su comportamiento acústico y la experiencia del usuario.
- **O.3. Incorporación de materiales sostenibles.** Evaluar y utilizar fibras naturales, especialmente fibra de lino, en el desarrollo de componentes para el interior del vehículo, con el fin de obtener soluciones estéticas y sostenibles que aporten beneficios en términos de ligereza, confort y eficiencia.
- **O.4. Integración de tecnologías de sensorización.** Implementar sistemas de sensorización basados principalmente en sensores de presión o presencia y elementos de iluminación, destinados a detectar las condiciones de utilización del asiento y generar respuestas automáticas que contribuyan a mejorar la interacción, la seguridad y el confort en el interior del vehículo.
- **O.5. Sinergia y funcionalidad de los sistemas.** Integrar de forma coordinada las tecnologías y los materiales desarrollados, asegurando el funcionamiento conjunto de las conexiones eléctricas, los transductores acústicos, los sensores, la iluminación y los componentes fabricados con fibras naturales para obtener un entorno interior inteligente, adaptable y funcional.

Como resultado integrador de estos objetivos, el proyecto ha contemplado el desarrollo de un demostrador basado en un asiento de vehículo. La parte posterior del asiento se ha fabricado utilizando fibra de lino, mientras que los transductores acústicos se han integrado mediante soluciones bordadas o impresas con tintas conductoras. Asimismo, se han incorporado sensores textiles y un sistema de iluminación capaz de responder a la detección de presencia o presión, permitiendo evaluar conjuntamente las tecnologías investigadas en una aplicación representativa del habitáculo del futuro.

4. Plan de trabajo

El proyecto FUTURE INTERIORS se ha desarrollado mediante cuatro paquetes de trabajo: gestión y seguimiento, ejecución técnica, difusión y transferencia de resultados, y supervisión general. Los trabajos se han realizado de forma coordinada y se han orientado al desarrollo, caracterización e integración de distintas tecnologías aplicables a los interiores de los vehículos.

A continuación, se muestra el cronograma ejecutado:

PAQUETES DE TRABAJO	2025										2026					
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	
PT1. GESTIÓN Y SEGUIMIENTO			☼													
ACTIVIDAD 1.1. GESTIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO																
Hito 1															▲	
PT 2: EJECUCIÓN TÉCNICA															☼	
ACTIVIDAD 2.1. ESTADO DEL ARTE / VIABILIDAD TÉCNICA / DIAGNÓSTICO DE NECESIDADES																
ACTIVIDAD 2.2.: EXPERIMENTAL																
ACTIVIDAD 2.3.: CARACTERIZACIÓN																
ACTIVIDAD 2.4.: PLANIFICACIÓN Y SEGUIMIENTO TÉCNICO																
ACTIVIDAD 2.5. VALIDACIÓN INDUSTRIAL DE RESULTADOS																
Entregable PT2															◊	
Entregable Colaboración con Empresas															◊	
Entregable Validación Industrial de Resultados															◊	
Hito 2															▲	
PT 3: DIFUSIÓN Y TRANSFERENCIA DE RESULTADOS															☼	
ACTIVIDAD 3.1. DIFUSIÓN Y TRANSFERENCIA DE RESULTADOS																
Entregable PT3															◊	
Hito 3															▲	
PT4. SUPERVISIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO															☼	
ACTIVIDAD 4.1.: SUPERVISIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO																
◊: Búsqueda, ◊: Entregable, ▲: Hito																

A continuación, se describen las actividades realizadas en cada paquete de trabajo.

PT1. Gestión y seguimiento del proyecto

En este paquete de trabajo se han realizado las actividades necesarias para la gestión técnica, administrativa y económica del proyecto. Se ha efectuado la planificación general de los trabajos, la distribución de las actividades entre el personal participante y el seguimiento periódico del grado de avance.

También se han coordinado las actuaciones del personal interno, las empresas colaboradoras y los proveedores externos; se han controlado los plazos, los recursos y los gastos asociados; y se han revisado los registros de dedicación y los partes de trabajo. Asimismo, se ha recopilado y organizado la documentación técnica, económica y administrativa necesaria para la justificación, la auditoría y el cierre del proyecto.

PT2. Ejecución técnica

Este paquete de trabajo ha concentrado las principales actividades de investigación y desarrollo del proyecto. Los trabajos se han estructurado en las cinco actividades previstas en la memoria de solicitud: estado del arte y viabilidad técnica, fase experimental, caracterización, planificación y seguimiento técnico, y validación de los resultados.

A2.1. Estado del arte, viabilidad técnica y diagnóstico de necesidades

Se ha realizado una revisión del estado del arte científico, técnico y comercial relacionado con las principales tecnologías estudiadas en el proyecto:



- Sobremoldeo y encapsulado de conexiones y componentes electrónicos.
- Tecnologías de bordado TFP y fabricación de estructuras textiles funcionales.
- Materiales compuestos ligeros basados en fibras naturales y procesos RTM.
- Sensores textiles de presión y presencia.
- Transductores acústicos textiles bordados e impresos.
- Sistemas de iluminación inteligente para el interior del vehículo.
- Sistemas de monitorización de los ocupantes y su posible aplicación en funciones ADAS.

Este análisis ha permitido identificar las principales limitaciones técnicas, seleccionar las tecnologías con mayor potencial y establecer los requisitos de los prototipos y del demostrador final. También se han estudiado los condicionantes relacionados con la integración, protección, explotación y posible transferencia industrial de los desarrollos.

A2.2. Fase experimental

La fase experimental ha comprendido el diseño, fabricación y adaptación de las soluciones tecnológicas que posteriormente se han incorporado al demostrador.

En la línea de **optimización de las interconexiones eléctricas**, se ha diseñado y fabricado un molde específico para realizar pruebas de sobremoldeo sobre conexiones y conjuntos electrónicos. Se han preparado muestras con placas, cableado, conectores, baterías y componentes reales, y se han realizado ensayos con diferentes materiales termoplásticos. Durante las pruebas se han ajustado la temperatura, la dosificación, la presión, el posicionamiento de los componentes y la evacuación del aire hasta obtener muestras correctamente encapsuladas. También se han desarrollado cintas textiles conductoras para crear interconexiones flexibles entre los elementos funcionales del asiento.

En la línea de **transductores acústicos**, se han diseñado cinco geometrías de bobina en espiral y se han preparado los correspondientes archivos de picaje. Se han fabricado distintas configuraciones mediante bordado con hilos conductores y se han investigado alternativas basadas en impresión directa de tintas conductoras y flexografía. También se ha evaluado una arquitectura formada por dos bobinas superpuestas, denominadas BIAS y VOICE, y se ha comparado su comportamiento con una solución basada en imán permanente. Paralelamente, se ha desarrollado la electrónica para la recepción, acondicionamiento, amplificación y reproducción de las señales de audio.

En la línea de **materiales compuestos funcionales y sostenibles**, se han seleccionado tejidos de lino y otros materiales de refuerzo para la fabricación de componentes mediante RTM. Se ha diseñado y fabricado un molde de dos caras con geometría de asiento y se han realizado las operaciones de colocación de tejidos, cierre, inyección de resina, curado y desmoldeo. También se han desarrollado preformas mediante bordado TFP y se han efectuado pruebas de conformado en prensa caliente para analizar procesos alternativos de fabricación.



En la línea de **sensorización e iluminación**, se han evaluado inicialmente diferentes soluciones capacitivas para la detección de presencia y, posteriormente, se han desarrollado sensores textiles piezorresistivos adaptados al cojín y al respaldo. Los sensores se han fabricado mediante bordado con distintos hilos conductores. Asimismo, se han analizado diferentes tiras LED RGB direccionables y se ha desarrollado el sistema electrónico y el firmware necesario para generar secuencias de color, barridos, gradientes, variaciones de intensidad y avisos luminosos. Finalmente, se ha implementado una prueba de concepto en la que la señal de los sensores de presencia ha activado diferentes respuestas visuales.

Como resultado integrador de la fase experimental, se han digitalizado y adaptado los patrones de la tapicería del asiento, se han seleccionado los tejidos y se han realizado las operaciones de corte y confección. A continuación, se han integrado los sensores, la iluminación, los transductores acústicos, el cableado, la electrónica y las piezas fabricadas con fibra de lino.

A2.3. Caracterización de los desarrollos

Las soluciones desarrolladas se han sometido a diferentes procesos de caracterización para comparar su comportamiento y seleccionar las configuraciones que presentaban mejores prestaciones.

En las conexiones sobremoldeadas se han efectuado comprobaciones visuales y funcionales, atendiendo al llenado, la presencia de burbujas, la cobertura de los componentes y la integridad de las conexiones. Los transductores acústicos se han caracterizado eléctrica, magnética y acústicamente, comparando las distintas geometrías e identificando las configuraciones más adecuadas para su integración.

En las bobinas impresas se han evaluado la continuidad eléctrica, la resistencia y la uniformidad de las pistas. Los sensores textiles se han caracterizado aplicando diferentes cargas y midiendo la variación de su resistencia. En los sistemas de iluminación se han comprobado la uniformidad, la estabilidad y la reproducción de las secuencias programadas. Finalmente, en las piezas fabricadas mediante RTM se han revisado el acabado superficial, la impregnación, el desmoldeo y la posible presencia de defectos. Estos resultados han permitido seleccionar las soluciones incorporadas al demostrador final.

A2.4. Planificación y seguimiento técnico

Durante toda la ejecución se ha realizado un seguimiento técnico continuado. Se han celebrado reuniones de coordinación, se han revisado los resultados experimentales y se han actualizado las prioridades de trabajo en función de las evidencias obtenidas.

También se ha efectuado el seguimiento de la fabricación de moldes, muestras textiles, electrónicas y piezas de material compuesto, además de coordinar los trabajos desarrollados por proveedores y empresas colaboradoras. La organización y trazabilidad de las muestras, diseños, archivos de picaje, configuraciones electrónicas y resultados de caracterización han permitido comparar las alternativas y justificar la selección de las soluciones finales.

A2.5. Validación de los resultados

Los principales procesos se han validado mediante la fabricación de prototipos en equipos y condiciones próximas a las utilizadas industrialmente. El sobremoldeo se ha ensayado en una

inyectora Arburg Allrounder 275 V con componentes electrónicos reales; los composites se han fabricado mediante RTM; las bobinas textiles se han producido mediante bordado industrial; y se ha estudiado la flexografía como alternativa de fabricación escalable.

Finalmente, se ha obtenido un demostrador basado en un asiento de vehículo, en el que se han integrado las principales tecnologías desarrolladas. El demostrador se ha sometido a una caracterización acústica de los altavoces textiles y a una validación ergonómica con diferentes usuarios. La valoración media conjunta del confort ha sido de 8,0 sobre 10 y ninguno de los participantes ha indicado que la electrónica incorporada afectase negativamente al confort.

PT3. Difusión y transferencia de resultados

En este paquete de trabajo se han preparado materiales destinados a comunicar el proyecto y facilitar la difusión de sus resultados. Se han desarrollado el icono identificativo, el resumen técnico en inglés, un póster y un tríptico informativo.

También se ha analizado el potencial de transferencia de las tecnologías desarrolladas, considerando sus ventajas, posibles aplicaciones, riesgos técnicos, nivel de madurez, costes y necesidades de escalado. Estas actuaciones se han orientado a facilitar la aplicación futura de los resultados en interiores inteligentes, sistemas de detección de presencia, iluminación, soluciones acústicas textiles y componentes sostenibles para vehículos.

PT4. Supervisión y seguimiento del proyecto

En el último paquete de trabajo se ha realizado la supervisión científico-técnica global del proyecto y se ha comprobado la adecuación de los trabajos a los objetivos definidos.

Se han revisado periódicamente el avance de las actividades, el cumplimiento de los hitos, la calidad de los resultados, la asignación de recursos, la participación del personal y la documentación generada. Esta supervisión ha permitido coordinar la integración de los desarrollos, resolver las necesidades de ajuste surgidas durante la experimentación y preparar el cierre técnico y económico del proyecto.

En conjunto, las actividades se han desarrollado de acuerdo con la estructura establecida en la memoria de solicitud. Las adaptaciones introducidas durante la ejecución han respondido al carácter experimental del proyecto y a la necesidad de seleccionar las alternativas con mejores prestaciones, sin modificar los objetivos ni el alcance técnico previsto.

5. Resultados obtenidos

El proyecto FUTURE INTERIORS ha permitido investigar y desarrollar diferentes soluciones tecnológicas orientadas a mejorar la funcionalidad y la sostenibilidad de los interiores de los vehículos. Los trabajos se han centrado en la protección de las conexiones eléctricas, el desarrollo de transductores acústicos textiles, la fabricación de componentes con fibras naturales, la sensorización del asiento y la incorporación de sistemas de iluminación interactivos.

Cada línea se ha desarrollado y caracterizado inicialmente de forma independiente. Posteriormente, se han seleccionado las soluciones que han presentado mejores prestaciones para su incorporación en un demostrador final basado en un asiento de vehículo.

5.1. Protección de conexiones eléctricas

Una de las líneas de investigación se ha orientado a mejorar la protección mecánica y ambiental de las conexiones eléctricas y electrónicas integradas en el habitáculo.

Para ello, se ha diseñado y fabricado un molde específico para realizar pruebas de sobremoldeo sobre cableado, conectores, baterías, placas electrónicas y otros componentes reales. Los ensayos se han realizado con diferentes materiales termoplásticos, entre ellos Technomelt PA-641 y el elastómero SCTR 36, ajustando parámetros como la temperatura, la presión, la dosificación, el posicionamiento de los componentes y la evacuación del aire.

Las primeras pruebas han permitido detectar problemas de dosificación, presencia de grumos y formación de burbujas. La optimización progresiva del proceso y de la geometría del molde ha permitido obtener muestras correctamente encapsuladas, demostrando la viabilidad del sobremoldeo como solución para reforzar y proteger las conexiones eléctricas y electrónicas.

Esta línea se ha complementado con el desarrollo de cintas textiles conductoras de cuatro y ocho filamentos, en configuraciones elásticas y no elásticas. Estas cintas se han diseñado como elementos de interconexión flexibles para facilitar la transmisión de señales y alimentación entre los sensores, los transductores y los sistemas electrónicos integrados en el asiento.



Figura 1. Pruebas de inyección para obtención de conector USB-C con cinta conductora textil

5.2. Transductores acústicos textiles

La segunda línea de investigación se ha centrado en el desarrollo de transductores acústicos flexibles e integrables en textiles mediante técnicas de bordado e impresión con tintas conductoras. Se han diseñado cinco geometrías de espira, identificadas como P1, P2, P3, P4 y P5. A partir de estos diseños se han fabricado diferentes variantes utilizando conductores Litz-wire de 10, 15, 20, 30 y 60 filamentos de 0,05 mm. Las muestras se han caracterizado eléctrica, magnética y acústicamente para estudiar la influencia de la geometría, el número de conductores y el sustrato textil sobre su comportamiento.

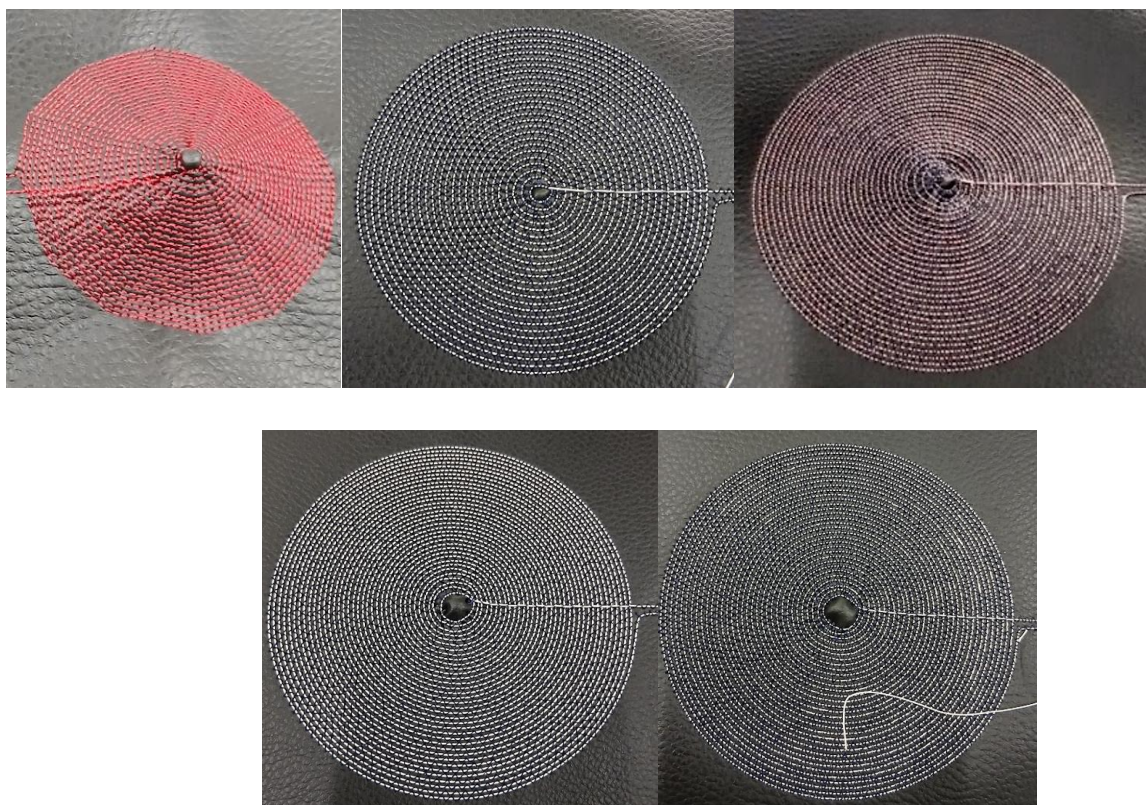


Figura 2. Altavoces textiles bordados

En total, se han obtenido 22 registros de respuesta acústica. La configuración P2-30 ha presentado el mejor comportamiento global en las condiciones de ensayo, con una media de 79,85 dB entre 200 Hz y 10 kHz y una desviación estándar de 0,90 dB entre 500 Hz y 10 kHz. La configuración P2-60 se ha identificado como candidata para la bobina de polarización.

También se ha evaluado una arquitectura formada por dos bobinas textiles superpuestas, denominadas BIAS y VOICE. Los resultados han mostrado que esta configuración no ha ofrecido un comportamiento tan satisfactorio como la solución basada en una bobina textil asociada a un imán permanente. Por este motivo, se ha seleccionado la configuración con imán permanente para su incorporación en el demostrador final.

Paralelamente, se han investigado técnicas de fabricación mediante impresión de tintas conductoras. Se han realizado pruebas mediante Direct Ink Writing y flexografía, evaluando diferentes sustratos, formulaciones, geometrías, condiciones de deposición, anilox y parámetros de

secado. Las pruebas han permitido obtener pistas conductoras continuas y analizar el potencial de estos procesos como alternativas escalables al bordado.

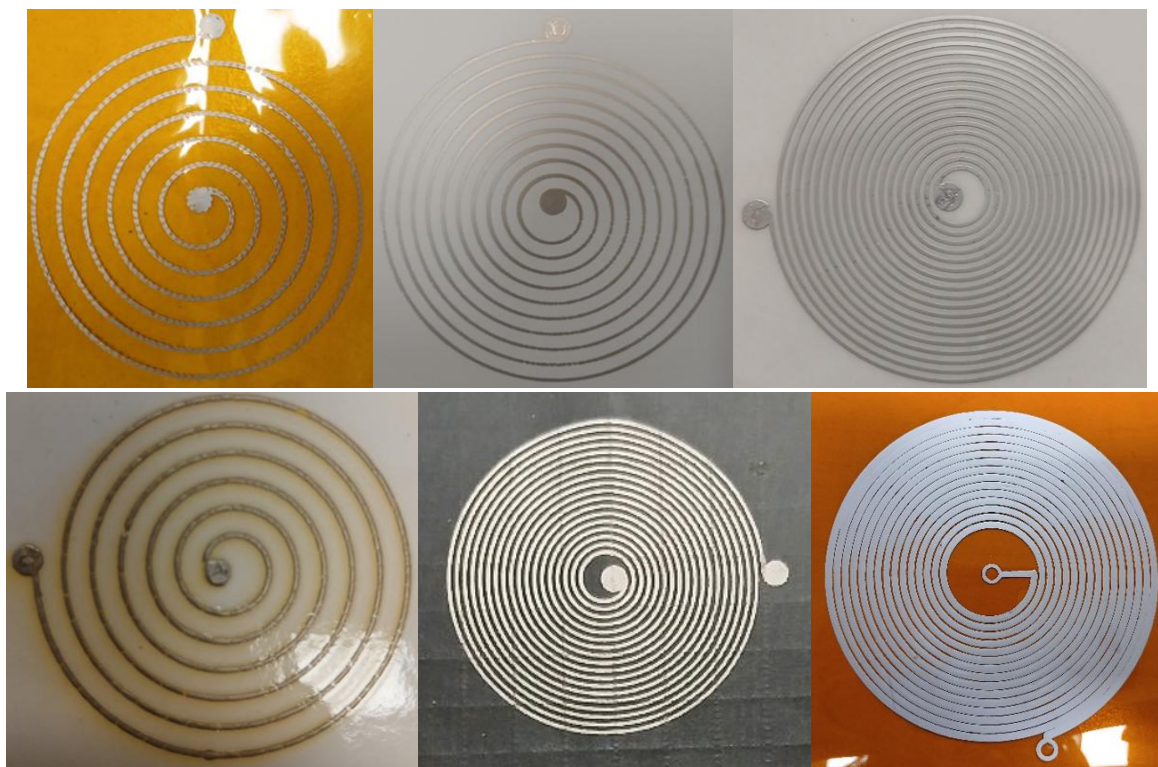


Figura 3. Altavoces impresos con tinta conductora

Para completar esta línea se ha desarrollado una electrónica específica para el accionamiento de los transductores. La solución incorpora recepción de audio mediante Bluetooth, acondicionamiento y amplificación de la señal y las funciones necesarias para excitar las bobinas textiles. La electrónica se ha empleado durante las pruebas de caracterización y en la posterior integración del sistema acústico.

5.3. Materiales compuestos sostenibles

La tercera línea de investigación se ha orientado al desarrollo de componentes ligeros y sostenibles para el interior del vehículo mediante el empleo de fibras naturales.

Tras analizar diferentes alternativas, se ha seleccionado la fibra de lino para fabricar la carcasa posterior del asiento. Para ello, se ha diseñado y fabricado un molde RTM de dos caras adaptado a la geometría del componente. Posteriormente, se han realizado la preparación del molde, la colocación y adaptación de los tejidos, el cierre, la aplicación de vacío, la inyección de la resina, el curado y el desmoldeo.

Las piezas obtenidas han presentado un acabado superficial adecuado, un correcto desmoldeo y ausencia de defectos estructurales significativos. Durante las iteraciones se ha identificado la conveniencia de modificar el patronaje y aumentar localmente la cantidad de fibra en determinadas zonas para mejorar su adaptación a la cavidad del molde. Estos ajustes han permitido optimizar el proceso sin modificar el objetivo inicial.

El trabajo se ha complementado con el diseño de estructuras de refuerzo mediante Tailored Fiber Placement. Se han desarrollado patrones de bordado adaptados a la geometría de las piezas y se han fabricado muestras y preformas que posteriormente se han sometido a pruebas de conformado en prensa caliente. De esta forma, se han estudiado procesos alternativos para obtener componentes reforzados y optimizar la distribución de las fibras.

5.4. Sensores textiles de presión y presencia

Otra de las líneas del proyecto se ha orientado al desarrollo de elementos textiles capaces de detectar la presencia o la presión ejercida por el usuario sobre el asiento.

Inicialmente, se han evaluado soluciones capacitivas basadas en los dispositivos AT42QT1010, AT42QT1011, CAP1188 y MPR121.



Figura 4. Sensores capacitivos textiles bordados

Estas tecnologías han permitido detectar contacto o presencia, pero no proporcionaban una medición directa de la presión ejercida. Por este motivo, se ha ampliado la investigación mediante el desarrollo de sensores textiles piezorresistivos.



Figura 5. Sensores de presión bordados

Se han diseñado dos geometrías específicas, una destinada al cojín y otra al respaldo del asiento. Ambas se han fabricado utilizando hilos conductores AMANN Silver-tech Ticket 50 y Ticket 120 y una capa piezorresistiva, obteniéndose cuatro configuraciones diferentes para su evaluación.

Los sensores se han caracterizado mediante la aplicación de diferentes cargas y la medición de la variación de su resistencia. Las cuatro configuraciones han mostrado una disminución clara y progresiva de la resistencia al aumentar la carga, confirmando la viabilidad del principio de funcionamiento y su utilización para detectar la ocupación del asiento.

5.5. Sistema de iluminación RGB reactiva

La sensorización se ha complementado con el desarrollo de un sistema de iluminación capaz de generar respuestas visuales asociadas a la presencia del usuario.

Se han evaluado las tiras LED RGB direccionables Adafruit Mini Skinny NeoPixel y Seeed WS2813B, ambas con una densidad de 144 LED por metro. El control se ha implementado mediante una placa Arduino MKR WiFi 1010, para la que se ha desarrollado el firmware necesario para generar colores, gradientes, variaciones de brillo, barridos y animaciones de aviso.

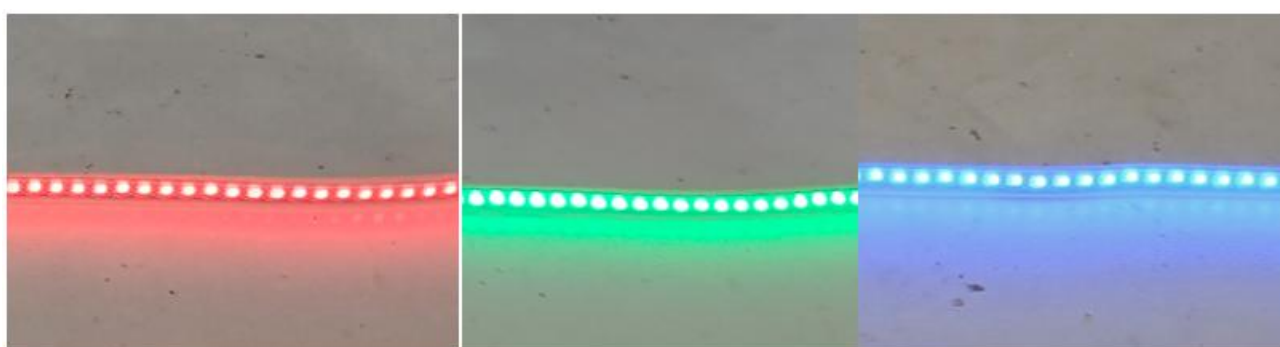


Figura 6. Pruebas con tiras LED RGB

Las pruebas han permitido seleccionar la solución Adafruit Mini Skinny NeoPixel por su uniformidad, estabilidad y facilidad de integración. Durante la evaluación de la tira WS2813B se han observado diferencias de luminosidad al activar el color blanco, asociadas a caídas de tensión y a una alimentación insuficiente. Esta incidencia ha permitido identificar la necesidad de utilizar una fuente correctamente dimensionada, cableado de mayor sección y puntos adicionales de inyección de alimentación.

Finalmente, se ha desarrollado una prueba de concepto en la que la señal generada por los sensores textiles ha actuado como entrada para activar diferentes secuencias luminosas. De esta forma, se ha comprobado la posibilidad de combinar la detección de presencia con funciones visuales de señalización, confort y apoyo a futuros sistemas de asistencia.

5.6. Demostrador final

Como resultado integrador del proyecto se ha desarrollado un demostrador basado en un asiento de vehículo, en el que se han incorporado las principales tecnologías investigadas.

Para fabricar el demostrador se ha partido de la tapicería original del asiento. Las piezas se han digitalizado y se han adaptado los patrones para facilitar la incorporación de los sensores, los transductores acústicos, la iluminación, el cableado y la electrónica. Posteriormente, se han realizado las operaciones de corte, preparación y confección de la funda.

El demostrador final ha integrado:

- Sensores textiles piezorresistivos en el cojín y el respaldo.
- Un sistema de iluminación LED RGB direccionable.
- Transductores acústicos textiles.
- Electrónica de control y reproducción de audio.
- Cableado e interconexiones textiles.
- Conexiones y componentes protegidos mediante sobremoldeo.
- Una carcasa posterior fabricada mediante RTM con tejido de lino.

Durante el montaje se ha revisado la posición de los elementos funcionales, el recorrido del cableado, la accesibilidad de las conexiones y la compatibilidad entre las diferentes capas y componentes. El demostrador ha permitido comprobar el funcionamiento conjunto de los subsistemas y visualizar de manera tangible la aplicación de las tecnologías en el interior de un vehículo.



Finalmente, el asiento se ha sometido a una validación ergonómica piloto con seis participantes de diferentes tallas y complejiones. Cada participante ha permanecido aproximadamente 60 minutos en una postura representativa de conducción, con los sensores, el cableado, los altavoces y la iluminación en funcionamiento.

La valoración media conjunta del confort ha sido de 8,0 sobre 10. Los seis participantes han indicado que la electrónica integrada no afectaba negativamente al confort y no se han detectado molestias atribuibles a los sensores, el cableado, el sistema de audio o la iluminación. Las principales observaciones de mejora se han relacionado con la geometría del asiento para usuarios de tallas extremas, especialmente con la anchura disponible en la zona de cadera y muslos y con el ajuste del reposacabezas.



En conjunto, el demostrador ha permitido validar funcionalmente la integración de soluciones textiles, electrónicas, acústicas y de materiales compuestos sostenibles en un único elemento representativo del habitáculo del futuro. Los resultados han confirmado la viabilidad de las tecnologías investigadas a escala de prototipo demostrador y han generado conocimiento técnico aplicable a futuras fases de optimización y escalado.