



aitex®
textile research institute

CITISENS

I+D de estructuras
inteligentes sensorizadas
de base textil para el
ámbito de Smart Cities





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
Invernadero urbano conectado	9
Cojín con altavoz integrado	11
Mobiliario urbano sensorizado	12
Asiento sensorizado.....	13
6. Impacto empresarial	14



1. Ficha técnica del proyecto

Nº EXPEDIENTE	IMDEEA/2022/15
TÍTULO COMPLETO	I+D ESTRUCTURAS INTELIGENTES SENSORIZADAS DE BASE TEXTIL PARA EL ÁMBITO DE SMART CITIES - CITISENS
PROGRAMA	PROYECTOS DE I+D EN COLABORACIÓN CON EMPRESAS
ANUALIDAD	2022
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**

IVACE
INSTITUT VALENCIÀ DE
COMPETITIVITAT EMPRESARIAL



**Cofinanciado por
la Unión Europea**

Este proyecto cuenta con el apoyo de la Conselleria d'Economia Sostenible, Sectors Productius, Comerç i Treball de la Generalitat Valenciana, a través del IVACE, y está cofinanciado por los fondos FEDER (Fondo Europeo de Desarrollo Regional) de la Unión Europea, dentro del Programa Operativo FEDER de la Comunitat Valenciana 2021-2027.



2. Antecedentes y motivaciones

El concepto de Smart City, o ciudad inteligente, se refiere a aquellas urbes que adoptan tecnologías de la información con el propósito de interconectar diversos elementos presentes en su entorno, buscando así mejorar sus infraestructuras y elevar la calidad de vida de sus habitantes, involucrándolos de manera activa. Algunas de las principales tecnologías que destacan y aspectos que integran este concepto son la gestión de residuos, la generación sostenible de energía, la seguridad pública, la gestión de la salud, o la iluminación urbana. Además, y tal como se desprende de varios estudios de mercado, se espera que este mercado se duplique, pasando de los 410.800 millones de dólares en 2020 a 820.700 millones en 2025, con un crecimiento anual medio cercano al 15%. Este crecimiento se atribuye a la creciente demanda de infraestructuras de comunicación y seguridad pública, al empoderamiento del ciudadano y al aumento de la población urbana. Esta tendencia ascendente convierte al proyecto CITISENS en una iniciativa que puede abarcar diversos sectores y aplicaciones finales, beneficiando a un amplio espectro de empresas.

El enfoque central de CITISENS radica en el desarrollo de materiales compuestos de alto rendimiento que incorporan tecnologías funcionales, como elementos calefactables, lumínicos o sensores, mediante la tecnología de bordado TFP (Tailored Fiber Placement). La utilización del TFP permite la creación de estructuras textiles personalizadas al posicionar inteligentemente los elementos sobre las piezas, adaptando la orientación de las fibras según el tipo de pieza y su morfología. Esto posibilita la combinación de diferentes tipos de fibras, generando productos finales altamente específicos.

Otro punto clave de esta investigación se centra en optimizar el desarrollo de tejidos inteligentes mediante la tecnología de bordado. Esta técnica facilita la integración de sensores, actuadores, interconexión y transporte de energía en diversos tipos de tejidos, así como el desarrollo de nuevas estructuras textiles de alto valor añadido.

A lo largo del proyecto CITISENS, se han producido piezas destinadas a aplicaciones presentes en las ciudades inteligentes, abarcando desde mobiliario y piezas decorativas interiores con funcionalidades especiales hasta piezas estructurales exteriores como un invernadero urbano conectado.



3. Objetivos del proyecto

El principal objetivo del proyecto CITISENS ha sido llevar a cabo una investigación con el fin de desarrollar estructuras inteligentes sensorizadas de base textil para el ámbito de Smart Cities y para el ámbito de la movilidad urbana. En este entorno, se han desarrollado tecnologías aplicables a estructuras textiles o de base textil, que permiten de una forma rápida, segura y económica ofrecer servicios basados en datos para crear nuevos entornos urbanos conectados que impulsen la sostenibilidad, calidad ambiental y seguridad, ayudando a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

Por un lado, se han desarrollado textiles y/o composites capaces de monitorizar la salud de su estructura interna identificando y detectando posibles puntos débiles que pudiera tener. Por el otro, se han obtenido textiles y/o composites con capacidad para monitorizar parámetros ambientales, recolectar energía ambiental, así como integrar actuadores sobre materiales textiles con el fin de mejorar la seguridad, la confortabilidad, la calidad de vida y la eficiencia de los servicios para los ciudadanos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos a alcanzar han sido:

- Investigar diferentes tecnologías para la monitorización de la salud estructural con el fin de medir tensiones, incluso detectar y localizar posibles daños.
- Diseñar y desarrollar soluciones textiles con capacidad para monitorizar la salud estructural del producto para aplicaciones en Smart Cities
- Estudiar y analizar diferentes tecnologías aplicables al sector textil para la sensorización de parámetros ambientales.
- Estudiar y analizar diferentes tecnologías para la captación de energía (Energy harvesting) empleando textiles.
- Estudiar y analizar tecnologías para el desarrollo de actuadores textiles (textiles calefactables, lumínicos, etc) que aporten nuevas funcionalidades al producto.
- Diseñar y desarrollar soluciones textiles con capacidad para monitorizar parámetros ambientales de una ciudad, con autoabastecimiento de energía, recolectando energía ambiental, y con capacidad para actuar para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.
- Validar las funcionalidades adquiridas por los nuevos productos textiles desarrollados.
- Estudiar la industrialización de las tecnologías investigadas y su viabilidad económica.
- Estudiar la patentabilidad de las tecnologías desarrolladas.
- Transferir las tecnologías investigadas a los sectores industriales potencialmente interesados en los resultados del proyecto.



4. Plan de trabajo

Cabe destacar que en el momento de la solicitud del proyecto se planteó una distribución de paquetes de trabajo y tareas con su respectiva distribución temporal, con una duración inicial de 14 meses (mayo2022-Junio2023), pero que, con el fin de terminar todas las actividades y todos los desarrollos propuestos durante el proyecto CITISENS, se ha decidido ampliar el cronograma del proyecto 6 meses, aplazando por lo tanto la finalización del proyecto a diciembre de 2023, como se muestra a continuación:

PAQUETES DE TRABAJO	2022												2023											
	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	6	7	8	9	10	11	12			
PT0. GESTIÓN Y SEGUIMIENTO																								
ACTIVIDAD 0.1.: GESTIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO																								
PT 1: 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																								
Entregable PT1																								
Hito 1																								
PT2. EJECUCIÓN TÉCNICA																								
ACTIVIDAD 2.1.: ESTADO DEL ARTE / VIABILIDAD TÉCNICA / IPR																								
ACTIVIDAD 2.2.: EXPERIMENTAL																								
ACTIVIDAD 2.3.: CARACTERIZACIÓN																								
ACTIVIDAD 2.4.: ANÁLISIS Y REINGENIERÍA																								
ACTIVIDAD 2.5.: COORDINACIÓN TÉCNICA																								
Entregable PT2																								
Hito 2																								
PT3. MERCADO Y VIABILIDAD INDUSTRIAL Y ECONÓMICA, TRANSFERENCIA E IMPACTO (VIETI)																								
ACTIVIDAD 3.1.: MERCADO (EMPRESAS)																								
ACTIVIDAD 3.2.: VIETI																								
Entregable PT3																								
Hito 3																								
PT4. COMUNICACIÓN Y DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS. INFORME EJECUTIVO																								
ACTIVIDAD 4.1.: IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE COMUNICACIÓN /DIFUSIÓN																								
ACTIVIDAD 4.2.: INFORME EJECUTIVO																								
Entregable 4																								
Hito 4																								
PT5. SUPERVISIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO																								
ACTIVIDAD 5.1.: SUPERVISIÓN Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO																								

Tras analizar las actividades realizadas durante el transcurso del proyecto, se puede observar que casi todas las actividades, a excepción de las actividades del PT2, han seguido la planificación establecida desde el inicio, aunque la duración de algunas tareas se ha prolongado o acortado dependiendo de cómo ha ido evolucionando el proyecto y de los resultados parciales o finales que se iban obteniendo.

Estas desviaciones, características de cualquier proyecto, no han alterado en ningún caso la correcta ejecución y obtención de los resultados planificados.

En cuanto a la ejecución en cada uno de los paquetes de trabajo se han acometido las siguientes tareas:

PT1: PLANTEAMIENTO Y PLANIFICACIÓN TÉCNICA

Las primeras tareas han consistido en la preparación del alcance del proyecto CITISENS, se ha definido con precisión tanto el alcance y los objetivos científico-técnicos, destacando la innovación que aportará en el ámbito de las SMART CITIES, como se ha llevado a cabo un estudio exhaustivo del estado del mercado y del arte en tecnologías relacionadas, identificando el escenario actual y evaluando las tecnologías existentes. La descripción detallada de las capacidades y conocimientos previos del equipo de AITEX asegura el correcto desarrollo del proyecto.

Además, se han definido los paquetes de trabajo y actividades, estableciendo un cronograma que facilita la detección temprana de posibles desviaciones. El presupuesto se ha elaborado de manera detallada, incluyendo la imputación horaria, la adquisición de materias primas y servicios externos, con consideración



para posibles desviaciones en actividades futuras. La planificación de la transferencia de conocimiento a empresas de la Comunidad Valenciana refleja un enfoque práctico hacia la aplicación de los resultados.

En cuanto a la actividad de definición de recursos necesarios, se ha planificado y detallado la participación del personal tanto en el desarrollo de prototipos como en la gestión y coordinación del proyecto. Se han seleccionado las plantas experimentales apropiadas para las actividades de investigación, y se han definido y gestionado los recursos externos con proveedores y colaboradores para ajustar el presupuesto.

En la actividad de definición del plan de comunicación, se ha preparado un plan de difusión detallado con un cronograma que sincroniza las actividades de difusión con la evolución del proyecto, alineando las estrategias de comunicación con los hitos del proyecto.

En relación con la definición de los prototipos a realizar, se han establecido las tecnologías a emplear, la materia prima necesaria y las personas responsables del desarrollo. Se ha identificado la planta experimental necesaria para la obtención de los prototipos.

Finalmente, en la actividad de definición de niveles de partida y niveles objetivo, se han establecido claramente los niveles de partida y objetivo, y se ha planificado la realización de reuniones mensuales de seguimiento para evaluar el progreso y ajustar estrategias según sea necesario. Este enfoque integral demuestra la coherencia y la planificación detallada de todas las etapas del proyecto CITISENS.

PT2: EJECUCIÓN TÉCNICA

En este paquete de trabajo se han llevado a cabo las principales tareas relacionadas con el desarrollo de prototipos.

A modo resumen, a la hora de desarrollar los composites inteligentes planteados, las tareas que se han realizado durante esta actividad han sido: Diseño CAD 2D y 3D de las piezas a desarrollar, estudio de simulación de cargas asistido por ordenador para conocer los puntos críticos de las piezas y reforzar el bordado en esos puntos, picaje de las piezas con el software de bordado EPCwin, bordado TFP con diferentes fibras e integración de los sensores o actuadores. Finalmente, en el caso del asiento o la banqueta, se ha realizado la fabricación de los composites mediante termoconformado e infusión de resina asistida por vacío respectivamente.

De todos los prototipos desarrollados se han llevado a cabo las tareas de caracterización y validación pertinentes en función del tipo de producto desarrollado incluyendo las pruebas y ensayos que se realizan para la caracterización de los prototipos textiles o composites inteligentes desarrollados. Además, en esta tarea se ha realizado también una reingeniería de los prototipos a medida que se han ido alcanzando resultados. Se ha seguido esta metodología para cada prototipo desarrollado y mencionado en mayor detalle en el apartado 5 del presente documento.

PT3: MERCADO Y VIABILIDAD INDUSTRIAL Y ECONÓMICA, TRANSFERENCIA E IMPACTO (VIETI)

En el tercer paquete de trabajo se han desglosado los trabajos en la evaluación del impacto en empresas, y el análisis de la viabilidad económica y técnica industrial.

En cuanto a la evaluación del impacto en empresas han participado activamente en el proyecto tanto ZIUR COMPOSITES, JOYPER, como RIPAY. De esta forma, se han llevado a cabo actividades relacionadas con la transferencia a empresas, incluyendo a las empresas mencionadas como otras adicionales, tareas como identificación y selección de los mercados objetivo del proyecto, identificación de las necesidades de las empresas en dichos mercados, o análisis de soluciones comerciales.



De cada desarrollo se han identificado las necesidades de las empresas del sector, la búsqueda de soluciones comerciales para ellas, la identificación de mercados potenciales, y la realización de visitas y contactos a lo largo del desarrollo del proyecto. Dentro de esta actividad se llevan a cabo diversas actividades, entre ellas:

PT4: COMUNICACIÓN Y DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En el paquete de trabajo relacionado con la comunicación y difusión de resultados se han llevado a cabo tareas encaminadas a difundir en diversos medios el alcance y los resultados del proyecto.



5. Resultados obtenidos

Invernadero urbano conectado

El prototipo desarrollado se trata de un invernadero capaz de monitorizar variables ambientales, meteorológicas y del cultivo con el objetivo de accionar actuadores como la bomba del riego o la ventilación. Todo este sistema estará alimentado mediante paneles solares flexibles integrados en un tejido gracias a la tecnología de bordado electrónico.

Mediante la implementación de este prototipo se pretende mejorar el flujo de información para optimizar el proceso de toma de decisiones y disminuir costes innecesarios de electricidad y agua.

Las variables que se monitorizan son las siguientes:

- Temperatura y humedad ambiental
- Calidad del aire (CO₂ y compuestos volátiles)
- Presión barométrica
- Detección de lluvia
- Humedad del suelo



Los sensores para medir la temperatura y humedad ambientales (Si7021), para la calidad del aire (SGP 30) y para la presión barométrica (BMP 280), también se integrarán en el tejido mediante bordado electrónico, como se muestra a continuación:

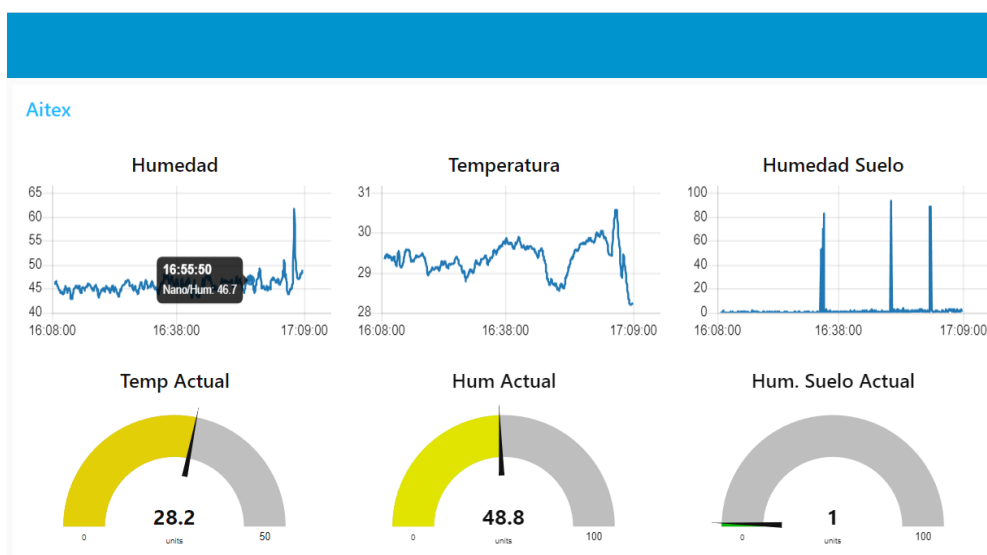


Ilustración 1. Integración de sensores en el tejido

Las funciones más relevantes del prototipo son las siguientes:

- El sistema es capaz de monitorizar en tiempo real las variables escogidas y reacciona correctamente ante los cambios.
- Los actuadores se encienden y se apagan correctamente con las condiciones que se han elegido para el prototipo y que dependerán de los cultivos que se monitoricen.
- El sistema de paneles fotovoltaicos es capaz de cargar correctamente la batería, por lo que se ha conseguido desarrollar una solución IoT autónoma.
- La integración de la electrónica, tanto de los paneles como los sensores, se ha realizado correctamente ya que los hilos conductores cumplen la función de cableado eléctrico sin disminuir el rendimiento ni la conductividad.
- Se trata de un sistema flexible y escalable, ya que se puede aumentar el uso de dispositivos fácilmente para captar más información.

A continuación, se muestran algunas imágenes del cuadro de mandos diseñado:



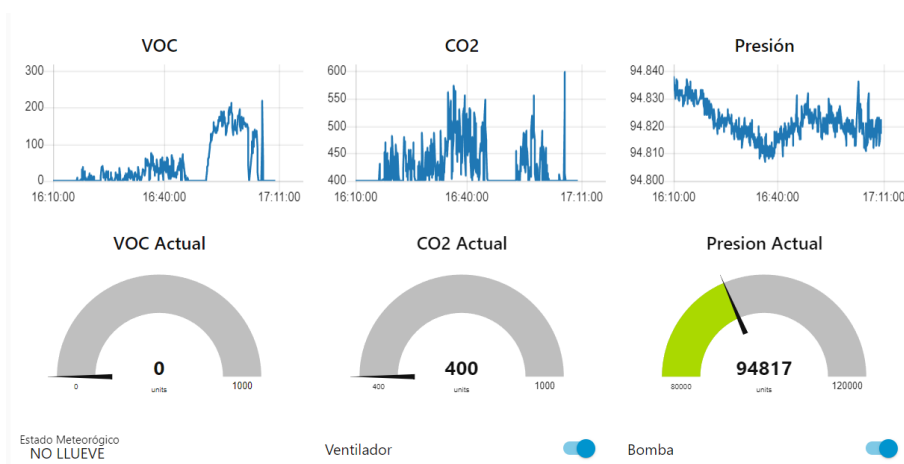


Ilustración 2. Cuadro de mandos (II)

En resumen, la implementación de la arquitectura IoT permite a los responsables y supervisores del cultivo acceder a una cantidad considerablemente mayor de información de manera más fácil y rápida. Esta situación facilita la realización de análisis más avanzados y permite optimizar el uso de los recursos, lo que a su vez conducirá a ahorros de costes.

Cojín con altavoz integrado

Se ha desarrollado un cojín con un altavoz integrado mediante tecnología de bordado. El producto seleccionado para la demostración se trata de una almohada de viaje. Estas se colocan alrededor del cuello quedando los extremos hacia delante. Al ubicar ahí las espiras, el sonido emitido viaja con facilidad a los oídos permitiendo una recepción clara por parte de los usuarios.

Para la fabricación del prototipo, se han seguido los mismos pasos que durante el proceso experimental, aunque se han tenido que aplicar ligeras variaciones. Primeramente, se ha bordado la espiral. Como se trata de un tejido de punto muy elástico, se ha termosellado previamente una entretrella con el fin de reducir dicha elasticidad y que no se creen arrugas causadas por las tensiones del bordado.



Para la selección del hilo utilizado para el bordado, en este caso se ha tenido en cuenta, no solo la calidad del sonido, sino también el tamaño de las espiras, ya que debían entrar dentro de la superficie del patrón del cojín, que tiene una distancia entre costuras de 15 centímetros. Se ha decantado por utilizar el hilo 2, que es



el que ha ofrecido mejores resultados durante las pruebas de caracterización. Además, se trata de un hilo más fino por lo que afecta menos a la flexibilidad original del tejido y el diámetro de la espira es adecuado.



Mobiliario urbano sensorizado

Se ha desarrollado un prototipo de banco urbano que combina funcionalidad y tecnología para brindar una experiencia mejorada a los usuarios en espacios exteriores. Además de proporcionar un lugar para descansar, este banco incluye características avanzadas que lo convierten en un elemento inteligente y sostenible.

Características del banco urbano:

1. Recolección de energía mediante captación de energía fotovoltaica: El banco está equipado con paneles solares integrados en su estructura, que captan la energía solar y la convierten en electricidad. Esta energía se utiliza para alimentar los dispositivos y sensores integrados en el banco. Los paneles solares pueden estar ubicados en el respaldo del banco o en una cubierta superior, maximizando la exposición al sol y la eficiencia energética.
2. Sensores de luminosidad: El banco cuenta con sensores de luminosidad integrados mediante bordado que miden la intensidad de la luz ambiental. Estos sensores permiten ajustar automáticamente la iluminación del banco según las condiciones de luz en tiempo real. Por ejemplo, durante la noche o en áreas con poca iluminación, los sensores pueden activar LEDs integrados en el banco para proporcionar una iluminación suave y segura.
3. Textiles inteligentes: El banco incorpora textiles inteligentes que funcionan como sensores capacitivos. Estos sensores son capaces de detectar la presencia de una persona cuando se sienta en el banco. Esta detección de presencia puede activar diferentes funcionalidades, como iluminación adicional, activación de carga inalámbrica para dispositivos móviles o incluso la posibilidad de conectarse a una red Wi-Fi cercana para ofrecer servicios adicionales.



4. Sistema conectado: El banco está diseñado para ser parte de un sistema conectado en un entorno urbano. Esto implica que puede comunicarse con otros dispositivos y sistemas de la ciudad, como sensores de monitoreo ambiental o infraestructuras inteligentes. Por ejemplo, el banco puede enviar datos sobre la ocupación y el uso del espacio público para ayudar en la planificación urbana mediante la monitorización en una aplicación en dispositivos móviles.



La combinación de energía solar, sensores de luminosidad y textiles inteligentes convierte a este banco urbano en un elemento versátil y sostenible. Además de proporcionar un asiento cómodo en espacios exteriores, su capacidad para generar y utilizar energía renovable y adaptarse a las necesidades del usuario lo convierten en un prototipo innovador y eficiente.

Asiento sensorizado

Se ha llevado a cabo una estructura plana curvada en forma de silla con bordado Tailored Fiber Placement e integración de tecnologías de monitorización de la salud estructural en tiempo real y conectado mediante dispositivos móviles. Combina la innovadora técnica de bordado Tailored Fiber Placement con tecnologías de monitorización de la salud estructural en tiempo real. Esta combinación permite crear una silla ergonómica y resistente, mientras se monitorea continuamente su estado estructural para garantizar su seguridad y rendimiento óptimo. Además, la conectividad con dispositivos móviles permite a los usuarios acceder a información relevante y recibir alertas en tiempo real.

Características del prototipo:

1. Bordado Tailored Fiber Placement: La estructura de la silla se construye utilizando la técnica de bordado TFP que permite colocar las fibras de refuerzo de manera precisa y controlada en áreas específicas de la silla, brindando una resistencia y rigidez adecuadas donde más se necesitan. Esto resulta en una silla liviana pero fuerte, que puede adaptarse ergonómicamente a la forma del cuerpo del usuario.
2. Monitorización de la salud estructural en tiempo real: El prototipo incluye sensores integrados en la estructura de la silla que monitorean continuamente su salud estructural. Estos sensores pueden medir variables como la deformación, la tensión o la vibración, y transmiten estos datos en tiempo real a un sistema de monitoreo. Esto permite detectar posibles problemas o daños en la estructura de la silla, como grietas o fatiga, y tomar medidas preventivas o correctivas de manera oportuna.
3. Integración de tecnologías de salud y bienestar: Además de la monitorización de la salud estructural, el prototipo puede incluir otras tecnologías para mejorar el bienestar y la comodidad del usuario. Por ejemplo, sensores de temperatura y humedad para crear un ambiente agradable, o incluso tecnologías de detección de postura para proporcionar retroalimentación ergonómica y promover una postura adecuada mientras se está sentado.



6. Impacto empresarial

Durante la realización del proyecto se ha contactado con diferentes empresas de la Comunidad Valenciana y del resto de España para conocer sus necesidades y así darles respuesta con el desarrollo del proyecto. Durante las reuniones se ha presentado el proyecto, sus objetivos y los resultados alcanzados hasta la fecha.

Se han detectado las necesidades que tienen en función de la línea de investigación que más se adecue a su empresa y se han tenido en cuenta las apreciaciones de cada una para el desarrollo de los prototipos y por último se ha mantenido informado de los avances.

Tras el desarrollo del proyecto, se ha enviado a todas las empresas el abstract final de resultados y el informe final.

Se han mantenido reuniones constantes con las empresas participantes en el proyecto ZIUR, RIPAY y JOYPER, y adicionalmente se ha mantenido contacto para exponer los avances y resultados del proyecto con las siguientes empresas:

- ARSAMAR
- COLCHONES DENOI
- ESPADA Y SANTACRUZ
- AIRBUS
- HAVAS
- MONDRAKER
- PLASTGROMMET
- NOVAPERSI
- INPROTEC
- IDEADED
- LLUMBCN
- ORION SOLARIS
- MAGTECH
- INTERFABRICS
- PASCUAL Y BERNABEU