

INFORME CIENTIFICO-TECNICO INTERMEDIO

Proyectos coordinados de Generación de Conocimiento 2022

Modalidades: Investigación No Orientada e Investigación Orientada

Como paso previo a la realización del informe, se ruega lean detenidamente las instrucciones de elaboración de los informes de seguimiento científico-técnico de proyectos disponible al final de este informe.

Se recomienda leer atentamente la información solicitada en los distintos apartados del informe, revisar la memoria y el presupuesto solicitado inicialmente y justificar adecuadamente todas aquellas actividades o gastos que haya sido necesario realizar para la consecución de los objetivos y que no estuvieran previstos o suficientemente detallados en la memoria inicial

Se deberá presentar **un informe independiente** por cada uno de los subproyectos que forman parte del proyecto coordinado.

A. Datos de coordinación

Nota: Relacione los subproyectos que participan en el proyecto coordinado

Proyecto coordinador (1) DIGEST	Referencia de proyecto: PID2022-137748OB-C31
IP1	Joaquín Ordieres Meré
IP2*	Miguel Ortega Mier
Entidad	Universidad Politécnica de Madrid
Centro	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales
Subproyecto (2): AMADIT	Referencia de proyecto: PID2022-137748OB-C32
IP1	Adolfo Crespo Márquez
IP2*	Antonio Jesús Sánchez Herguedas
Entidad	Universidad de Sevilla
Centro	Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Nota: Cree tantas tablas como subproyectos formen parte de proyecto coordinado.

* Rellenar si procede.

B. Datos del subproyecto

Relacione los datos actuales del subproyecto. *En caso de que haya alguna modificación, indíquelo en la casilla B2*

B1. Datos del subproyecto	
REFERENCIA: PID2022-137748OB-C32	
TITULO: GESTION DE ACTIVOS EN EL NUEVO ENTORNO DE LOS GEMELOS DIGITALES (AMADIT)	
Modalidad	Proyectos investigación orientada (tipo B)
Área/Subarea	Área principal: Producción industrial, ingeniería civil e ingeniería para la sociedad / Ingeniería eléctrica, electrónica y automática.

Prioridad temática*	Mundo digital, industria, espacio y defensa
IP1	Adolfo Crespo Márquez
Código Orcid:	0000-0002-2027-7096
IP2 (si procede)	Antonio Jesús Sánchez Herguedas
Código Orcid:	0000-0001-5135-3250
Entidad Beneficiaria	Universidad de Sevilla
Centro	Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Fecha de inicio	1/09/2023
Fecha final	31/08/2027
Duración	4 años
Total concedido (costes directos)	192,500.00 € (154,000.00 €)

* Para modalidad Investigación Orientada

B2. Descripción de modificaciones en los datos iniciales del subproyecto (Cambio de IP, entidad, centro, modificación del periodo de ejecución...)

En el mes de julio de 2025 se realizó la petición de incorporación al equipo de investigación de dos miembro del equipo de trabajo: Antonio Jesús Guillén López y Vicente González-Prida Díaz.

C. Personal activo en el subproyecto

Tiene que relacionar la situación de **todo** el personal de las entidades participantes que haya prestado servicio en el proyecto en el periodo que se justifica, o que no haya sido declarado anteriormente, y cuyos costes (dietas, desplazamientos, etc.) se imputen al mismo.

C1. Equipo de investigación

Incluido en la solicitud original

	Nombre	NIF/NIE	Función en el proyecto	Fecha de baja	Observaciones
1	Adolfo Crespo Márquez		IP, Calidad, Disseminación, Responsable WP2 y WP4		
2	Antonio J. Sánchez Herguedas		Co-IP, Recursos, Riesgos Responsable WP1 y WP3		
3	Johan Wideberg		Investigador, diseño de modelos de datos de activos		
4	Marcos Calle Suárez		Investigador, Desarrollo modelos de planificación		
5	José Miguel León Blanco		Investigador, Desarrollo modelos de planificación		
6	Pedro Luis González Rodríguez		Investigador, diseño de modelos AIP.		
7	Aida Estévez Urra		Investigador, diseño de modelos de datos de activos		
8	Ángel Mena Nieto		Investigador, Responsable Tarea A2-T4.2		

No incluido en la solicitud original

	Nombre	NIF/NIE	Función en el proyecto	Fecha de alta	Fecha de baja	Observaciones
1	Antonio J. Guillén López		Organización de eventos y desarrollo modelos de datos	31/07/25		
2	Vicente González-Prida Díaz		Desarrollo procesos de digitalización	31/07/25		

C2. Personal incluido inicialmente en el Equipo de Trabajo, o incorporado posteriormente que no cumpla alguno de los requisitos para formar parte del equipo de investigación

	Nombre	NIF/NIE	Función en el proyecto	Fecha de alta	Fecha de baja	Observaciones
1	Antonio J. Guillén López		Organización de eventos y desarrollo modelos de datos	1/09/23	30/07/25	Pasa a Equipo de Investigación
2	Vicente González-Prida Díaz		Desarrollo procesos de digitalización	1/09/23	30/07/25	Pasa a Equipo de Investigación
3	Juan Fco. Gómez Fernández		Diseño de marcos de digitalización	1/09/23		
4	Antonio de la Fuente Carmona		Aplicación y casos de usos	1/09/23		
5	Eduardo Candón Fernández		Aplicación y casos de usos	1/09/23		
6	Mauricio Rodríguez Hernández		Digitalización del modelo de criticidad	1/09/23		
7	Alfonso José Carballo Menayo		Modelos de datos y modelos APM.	1/09/24		Contrato de personal investigador

Nota: Cree tantas filas como necesite

La solicitud de “Altas” y “Bajas” de personal investigador en el **equipo de investigación** debe tramitarse de acuerdo con las **instrucciones de ejecución y justificación** expuestas en la página web de la convocatoria. La incorporación de personal que participe en el proyecto en el **equipo de trabajo** no necesita autorización por parte de la AEI, pero su actividad debe incluirse y justificarse en este informe.

D. Informe de progreso y resultados del proyecto coordinado

D1. Desarrollo de los objetivos específicos planteados en el proyecto coordinado (a rellenar por el proyecto coordinador). *Describa los objetivos específicos del proyecto coordinado y el grado de cumplimiento de los mismos (porcentaje estimado respecto al objetivo específico planteado señalando la participación de los subproyectos en su desarrollo).* **Extensión máxima 3 páginas**

Objetivo 1:	Progreso y consecución del objetivo 1	Subproyectos implicados:
Objetivo T01: Establecer un marco de referencia para la digitalización	Este objetivo está asociado al subproyecto 2, pero este subproyecto debe integrar herramientas en el marco conceptual elaborado allí. En concreto a través de los entregables A1.D2.1 y A1.D4.1. El objetivo completo se alcanzará a través de una aproximación Agile de los entregables A2.D2.1 a A2.D2.3, en M12, M24 y M36. El grado de avance actual es del 88%.	Subproyectos implicados: AMADIT fundamentalmente
Objetivo T02: Desarrollar metodologías para la gestión de componentes en un contexto flexible	Se desarrollará a través de los entregables A1.D2.2 y A1.D4.2, con las aportaciones del A2.D3.1 y A2.D2.4. En la actualidad tales modelos están siendo desarrollados y en proceso de publicación, para comparar técnicas de aprendizaje profundo, por transferencia y por contraste (DL, DTL y CL). El grado de avance actual es del 30%.	Subproyectos implicados: DADIBAS
Objetivo T03: Verificar y validar modelos estadísticos ajustados a datos empíricos	Este objetivo iba a ser desarrollado por el subproyecto 3. Se desarrollan algoritmos para la digitalización de la aplicación de técnicas de ajuste a distribuciones. El resultado se entregará en A2.D3.4 [48]. Por tanto, presenta un grado de desarrollo menor (un 30% aproximadamente).	Subproyectos implicados: AMADIT

Objetivo T04: Analizar la explicabilidad en modelos	Este objetivo iba a ser desarrollado por el subproyecto 3 y por tanto presenta un grado de desarrollo menor (un 20% aproximadamente).	Subproyectos implicados: DADIBAS
Objetivo S01: Proponer estrategias de integración para la representación de activos	Se está trabajando en este ámbito a través de la consideración de diversos sistemas de comunicaciones (WiFi, BLE, LoraWan, etc.), protocolos (MQTT, CoAP, HTTP, OPC UA, etc.), plataformas (ThingsBoard, Azure IoT, CMBuild, etc.). Se han elaborado prototipos y publicado conferencias y artículos, por lo que, de este objetivo aún en desarrollo, se puede cifrar el grado de consecución en un 85% y, aunque está vinculado al entregable A1.D3.2 que se espera terminar en M30, y el A2.D2.3 [M36] muestra un progreso muy notable a estas alturas del proyecto.	Subproyectos implicados: AMADIT y DADIBAS
Objetivo S02: Explorar estrategias de servitización	Se está trabajando en diferentes arquitecturas (cliente servidor con proxy inverso, de microservicios con balanceadores, y de federación de entornos de microservicios para poder integrar las diferentes necesidades de los modelos BIM. El grado de desarrollo de los trabajos, vinculados al A1.D4.2 [M48] se estima entorno al 18%.	Subproyectos implicados: DADIBAS
Objetivo S03: Incorporar el factor humano en la representación digital	Este objetivo de integración de sensorica vestible se ha desarrollado en profundidad, incluyendo aplicaciones de captura de información de diversos sensores (acelerómetros, calcetines instrumentados, etc.) con apps en las tiendas Play Store y AppStore, con un espectro amplio de aplicación, desde temas de salud a temas de monitorización industrial. Se han publicado trabajos de gestión y técnicos en esa dirección y aunque su consecución se vincula con el A1.D3.1 que se espera el M24, en la actualidad y a la vista de los desarrollos se puede justificar un grado de desarrollo del 85%.	Subproyectos implicados: DADIBAS
Objetivo E01: Incluir consideraciones ambientales y relacionadas con la energía	En este aspecto se está trabajando en la actualidad, para desarrollar modelos tendentes a modelar el consumo energético de componentes individuales, con una integración con los sistemas de trazabilidad, sean BIM u otros. En la actualidad el grado de avance en este objetivo, vinculado al A2.D2.4 [M48] y A2.D3.3 [48] es aún bajo (sobre el 20%).	Subproyectos implicados: AMADIT
Objetivo E02: Integrar principios de economía circular en las descripciones semánticas de los activos	Esta implicación es arrastrada desde una mejor planificación del uso de los activos e instalaciones, función de la consideración integrada de su estado. Su desarrollo está vinculado a los entregables A2.D4.2 [24], A2.D3.3 [M48] y A2.D2.4 [M48] y aunque se está trabajando con intensidad en casos de uso que vinculen E01, con E02 y T02, el grado de desarrollo se sitúa también entorno al 12%.	Subproyectos implicados: AMADIT

Nota: Cree tantas filas como necesite

D2. Actividades realizadas relacionadas con la coordinación del proyecto (a rellenar por el proyecto coordinador) <i>Describa las actividades de coordinación realizadas para alcanzar los objetivos planteados en el proyecto. Indique para cada actividad los subproyectos implicados. Extensión máxima 1 página.</i>	
A0.WP1. Global Management Se ha constituido los <i>Management Board</i> (MB). Se han realizado reuniones con una frecuencia de mes y medio.	Los dos subproyectos.

Se ha constituido los <i>Steering Committee</i> (SC). Se han realizado reuniones con una frecuencia de mes y medio.	Los dos subproyectos.
Se han constituido <i>Supervisory Board</i> (SB). Se han realizado reuniones con una frecuencia de mes y medio.	Los dos subproyectos.
Creación de un grupo estudiantes de doctorado de las dos universidades sobre digitalización y desarrollo de seminarios de investigación. Hasta el momento se han realizado 3 seminarios.	Los dos subproyectos.
Colaboración en la organización de la <i>Congrega2024 International Conference</i> que se celebró en Lisboa.	Los dos subproyectos.
Colaboración en la organización del <i>Madrid Tech 2025 Artificial Intelligence, Optimization & Digitalization International Workshop</i> que se celebró en Madrid	Los dos subproyectos.
Preparación del <i>Decision Science Summit 2026</i> que se celebrará el 18 y 19 de junio en Madrid	Los dos subproyectos.

Nota: Los apartados D1 y D2 deben ser cumplimentados por el proyecto que coordina, pero debe **incluirse** también en los informes de los subproyectos que forman parte del proyecto coordinado.

E. Informe de progreso y resultados del subproyecto

E1. Desarrollo de los objetivos específicos planteados en el subproyecto	
<i>Describe los objetivos del subproyecto y el grado de cumplimiento de los mismos (porcentaje estimado respecto al objetivo específico planteado). Extensión máxima 3 páginas</i>	
Objetivo 1.T01: Establecer un marco de referencia para la digitalización como proveedor de valor para los activos, a través de componentes y herramientas como gemelos digitales, modelos, escenarios y comportamientos probabilísticos. (liderados por A2).	Durante los dos años del proyecto se ha alcanzado un avance significativo en la consecución de este objetivo. Los entregables A2.D2.1 y A2.D2.2 han definido un marco de referencia sólido para la digitalización de activos y procesos de mantenimiento, articulado en torno a modelos de definición, criticidad, monitorización e inteligencia de activos. Estos modelos se han fundamentado en normas y marcos internacionales (ISO 14224, ISO/IEC/IEEE 42010, IEC 81346, RAMI 4.0, IIRA), garantizando consistencia, interoperabilidad y escalabilidad en la representación digital de los activos. El entregable A2.D2.1 estableció la estructura de datos y plataformas necesarias para la digitalización, incluyendo un caso de uso real en el ámbito ferroviario (digitalización de flotas de bateadoras y perfiladoras, recursos de taller, herramientas y personal). Por su parte, el entregable A2.D2.2 profundizó en la digitalización de procesos de gestión de mantenimiento y toma de decisiones, introduciendo un marco de Digital Maintenance Management (DMM) que integra ETL, bases de datos, gemelos digitales, inteligencia artificial y modelos de business intelligence, facilitando escenarios probabilísticos y análisis predictivos. Los resultados muestran que se dispone ya de un marco metodológico y tecnológico validado en casos de estudio, que permite considerar la digitalización no solo como soporte técnico, sino como generador de valor para la gestión estratégica de activos. El grado de cumplimiento del objetivo es, por tanto, aproximadamente del 67%, quedando pendiente su consolidación y validación ampliada en el entregable A2.D2.3 (año 3), donde se completará la integración de escenarios probabilísticos y comportamientos avanzados para la toma de decisiones estratégicas en mantenimiento.
Objetivo 2.T02: Desarrollar metodologías para la gestión de los componentes (gemelo digital, gestión de datos, gestión de modelos, gestión de agentes) en un contexto flexible como los microservicios.	Durante el segundo año del proyecto se ha logrado un avance sustancial en el desarrollo de metodologías para la gestión de componentes digitales bajo arquitecturas flexibles. El Entregable A2.D3.1 ha mostrado cómo los modelos de Asset Performance Management (APM) se integran en gemelos digitales mediante un enfoque modular y estandarizado, apoyado en microservicios y plataformas en la nube. Los cuatro casos de uso desarrollados (rodamientos TALGO, convertidores de energía y análisis dinámico de

	<p>criticidad en redes ferroviarias y cálculo del intervalo preventivo óptimo) han permitido validar la gestión de datos, modelos y agentes en un entorno digital distribuido. Se han implementado metodologías para la ingestión de datos IoT, la estructuración semántica de activos mediante modelos ontológicos, la computación en la nube con Azure y la orquestación de algoritmos analíticos (machine learning, deep learning, reglas de criticidad) de manera escalable. Los resultados demuestran mejoras cuantitativas y cualitativas, como reducción de fallos inesperados, mayor precisión en la planificación del mantenimiento, reducción de costes operativos y mayor transparencia en la toma de decisiones. Además, se ha confirmado la replicabilidad de la metodología a otros sectores más allá del ferroviario. En consecuencia, el grado de cumplimiento de este objetivo puede considerarse 60%, ya que se ha alcanzado un marco metodológico sólido, validado en casos reales, que sienta las bases para la futura consolidación en el entregable A2.D2.4 (año 4), donde se completará la integración plena de la gestión de componentes digitales bajo microservicios.</p>
<p>Objetivo 3.T03.- Verificar y validar modelos de aprendizaje estadístico ajustados a datos empíricos obtenidos de activos y procesos operativos.</p>	<p>Desde el A2.WP2 se ha desarrollado el modelo de ajuste a una distribución Weibull a partir de los datos empíricos obtenidos durante el uso y mantenimiento de activos y procesos operativos. Se ha incluido como microservicio para los modelos de optimización del preventivo. Se está trabajando en el desarrollo de un algoritmo que determine de forma automática la técnica de ajuste a la Weibull a usar en función de la cantidad de datos de fallos y censuras por la derecha por preventivos disponibles para el cálculo. Se ha alcanzado el 50% del objetivo.</p>
<p>Objetivo 4.S01: Proponer estrategias que faciliten la integración de propuestas para representar activos y sus comportamientos en diferentes plataformas y de forma no intrusiva con tecnologías preexistentes en las organizaciones. (liderados por A2).</p>	<p>Desde el A2.WP2 se ha diseñado la plataforma donde se representan los activos digitales en dos fases: un desarrollo inicial de una plataforma local (on-premise) y una posterior Implementación y validación de la plataforma en la nube. Inicialmente se diseñó una plataforma con capacidad para gestionar datos estructurados, semiestructurados y no estructurados en un entorno único, dotada de herramientas de análisis descriptivo (cuadros de mando) y predictivo/prescriptivo (modelos inteligentes de mantenimiento: APM y AIP). Con la capacidad de depurar los datos. Para que la plataforma alcance de estas cualidades es necesario diseñar: una infraestructura en capas formada por múltiples tecnologías que abarquen desde la ingesta de datos, el almacenamiento, el procesamiento y el consumo de estos. Para ello se plantea un modelo conceptual de la arquitectura de la plataforma, sobre el que se incorporan las tecnologías para su implementación (arquitectura Lakehouse). La arquitectura diseñada dispone de una estructura de 9 capas: Capa de orígenes de datos, capa de aprovisionamiento, capa de almacenamiento y metadatos, capa de procesamiento, capa de servicios, capa de explotación, visualización y publicación de datos, capa de consumo, capa de gobierno de datos y capa de herramientas. Se pretende una arquitectura sólida, moderna, modular, extensible y escalable formada por soluciones que se adecue a las necesidades de los requisitos, tanto actuales como futuros, de los gemelos digitales. Los criterios utilizados para la elección de las distintas soluciones son: cumplimiento de estándares, componentes consolidados, altamente utilizados en el mercado, basados principalmente en proyectos de Apache Software Foundation, utilización de proyectos open-source sin coste de licencias asociados, facilidad de integración de nuevos componentes / tecnologías, facilidad de mantenimiento y sostenibilidad de la solución completa, despliegue 100% on-premise: la solución elegida debe permitir ser desplegada y administrada en su totalidad en infraestructura hardware propia antes de su despliegue final en la nube.</p>

	<p>De este modo se consigue un control absoluto sobre la totalidad de la solución y se evitan costes indebidos por una deficiente utilización inicial de los servicios cloud.</p> <p>La segunda fase consistió en la implementación de la plataforma en la nube mediante Azure IoT Central, consolidando el diseño preliminar en un entorno operativo, escalable y accesible. El gemelo digital se estructuró de forma jerárquica, representando al equipo completo (convertidor eléctrico), sus subsistemas y componentes críticos, cada uno con modelos específicos de monitorización, comportamiento, fiabilidad, costes y mantenimiento. Esta organización permite un análisis selectivo y coherente, garantizando flexibilidad y escalabilidad hacia flotas de equipos. La simulación y el Hardware-in-the-Loop (HIL) desempeñaron un papel central al permitir generar datos en ausencia del hardware, validar tempranamente los modelos y anticipar fenómenos de degradación. La arquitectura se materializó en cuatro niveles digitales (ingesta de datos, organización y modelos, digitalización de dispositivos e interfaces de explotación) que, junto con IoT Central y herramientas como Power BI, convierten al gemelo digital en un sistema dinámico capaz de integrar monitorización, predicción y gestión del ciclo de vida del activo. Se ha alcanzado el 80% del objetivo.</p>
<p>Objetivo 5.S02: Explorar estrategias de servitización en base a los resultados y hallazgos relacionados con los otros objetivos, de acuerdo con el marco propuesto, considerando los niveles de transparencia requeridos. Se atenderá específicamente a los esquemas integrados de mantenimiento y operación, que es un claro cuello de botella a superar.</p>	<p>Desde el A2.WP3 y A2.WP4 se va a trabajar en determinar las necesidades de información y las capacidades técnicas de los activos para pasar de un modelo de propiedad a otro de prestación de servicios, evaluando la necesidad de información. Se modelarán las aplicaciones APM en la plataforma Azure para poder suministrar información al grupo de trabajo A1-WP2. A partir de los datos procedente de las simulaciones en la plataforma Azure el grupo A1 explorará las estrategias de servitización en los esquemas integrados de operación y mantenimiento. Se ha alcanzado el 10% del objetivo.</p>
<p>Objetivo 6.E01: Integrar factores ambientales y aspectos relacionados con la energía en la descripción de los procesos vinculados a los activos, dándoles a conocer dichos elementos. (liderados por A2).</p>	<p>Durante estos dos años se ha diseñado el procedimiento metodológico para incorporar la huella de carbono, la huella hídrica, los costes medioambientales y los indicadores de circularidad en las herramientas de Asset Investment Planning (AIP) y aplicaciones asociadas, materializado en el Entregable A2.D4.2. En este documento se han definido metodologías normalizadas (ISO 14064, ISO 14046, GHG Protocol) y se ha propuesto la extensión del Life Cycle Costing hacia un Green-LCC, que integra los costes ambientales. Un avance clave ha sido la implementación de estos módulos ambientales en una plataforma en la nube (Azure) donde se implementa el gemelo digital, lo que ha permitido demostrar su aplicabilidad práctica y facilitar la integración de métricas ambientales en la planificación y operación de los activos. Aunque aún resta por elaborar el entregable A2.D3.3 al final del tercer año, los resultados obtenidos hasta la fecha muestran un grado de cumplimiento del objetivo de aproximadamente el 50%, aportando una base sólida para la integración de factores ambientales y energéticos en la gestión de activos digitales.</p>
<p>Objetivo 7.E02: Integrar los principios de economía circular en la descripción semántica de los activos, ya que pueden influir en las políticas de mantenimiento, o estrategias de</p>	<p>También se ha conseguido un avance relevante en la integración de los principios de economía circular en la gestión de activos. El Entregable A2.D4.2 ha definido un conjunto de indicadores de circularidad adaptados a operaciones de mantenimiento y planificación de inversiones. Estos indicadores se han vinculado a la descripción semántica de los activos en gemelos digitales, permitiendo registrar y monitorizar digitalmente las operaciones de reparación, sustitución o</p>

<p>uso de los activos de acuerdo con el AIP. (liderados por A2).</p>	<p>reciclaje. Asimismo, se ha desarrollado un procedimiento de cálculo e integración de circularidad en las herramientas AIP, que habilita la visualización en dashboards y la simulación de escenarios de mantenimiento bajo criterios de circularidad y sostenibilidad. Dicho marco metodológico ya se ha probado en casos de estudio del sector ferroviario, energético e infraestructuras, demostrando su aplicabilidad práctica en la toma de decisiones. El grado de cumplimiento de este objetivo puede estar en el 33%, ya que se ha logrado sentar una base metodológica sólida y se han dado los primeros pasos de implementación en la plataforma en la nube mediante gemelo digital. No obstante, la validación completa y la extensión de estos principios a nuevos entornos se abordará en los próximos entregables A2.D3.3 y A2.D4.3.</p>
--	--

Nota: Cree tantas filas como necesite

E2. Actividades realizadas y resultados alcanzados por el subproyecto para la consecución de los objetivos del proyecto coordinado.	
<p><i>Describe las actividades científico-técnicas realizadas para alcanzar los objetivos planteados en el proyecto coordinado. Indique para cada actividad las personas del equipo del subproyecto que han participado.</i> Extensión máxima 2 páginas</p>	
Actividad	Personas del equipo participantes*
<p>A2-T1.1: Scope & Resource Management of Subproject A2 Se completó la planificación inicial (A2.D1.1–A2.D1.3), incluyendo la definición del Business Case, Project Charter y Work Plan. Se han realizado seguimientos periódicos de hitos, recursos y coordinación con DADIBAS. Esta tarea contribuye a los objetivos T01–T02 y E2. Avance estimado: 80%. Requiere un monitoreo continuo (48 meses).</p>	<p>A2.ACM, A2.ASH, A2.MCS</p>
<p>A2-T1.2: Monitoring of Dissemination Se implementó un sistema de seguimiento de resultados y publicaciones, incluyendo presentaciones en congresos y coordinación de entregables técnicos. Permite la difusión conjunta de AMADIT y DADIBAS, fortaleciendo la visibilidad del proyecto. Contribuye a T04 y S02. Avance: 95%.</p>	<p>A2.ACM, A2.ASH, A2.AGL, A2.MRH</p>
<p>A2-T1.3: Risk and Quality Control Se ha establecido un registro de riesgos técnicos y se aplican mecanismos de control de calidad a todos los entregables. La gestión de riesgos se coordina con el proyecto DADIBAS para garantizar coherencia metodológica. Aporta al cumplimiento de E2 y T02. Avance: 50%.</p>	<p>A2.ASH, A2.PGR, A2.AMN</p>
<p>A2-T2.1: Asset Digitalization Models Desarrollado el modelo de digitalización de activos (A2.D2.1), definiendo un marco de referencia basado en RAMI 4.0, IEC 81346 y ISO 14224. Incluye una taxonomía aplicable al ferrocarril y la minería. Contribuye directamente a los objetivos T01 y T02. Avance: 80%.</p>	<p>A2.ACM, A2.ASH, A2.PGR, A2.AEU</p>
<p>A2-T2.2: Process & Services Digitalization Models Entregado A2.D2.2, donde se estructura el modelo de digitalización de procesos y servicios bajo el marco Digital Maintenance Management. Permite la interoperabilidad entre Gemelos Digitales de activos y servicios. Relacionado con T01–T02. Avance: 75%.</p>	<p>A2.ACM, A2.ASH, A2.AEU</p>
<p>A2-T2.3: Architecture & Integration Design Diseño de la arquitectura Lakehouse para la integración de datos, modelos y microservicios. Validada parcialmente en entorno Azure IoT Central. Esta</p>	<p>A2.ASH, A2.PGR, A2.AEU, A2.AFC</p>

arquitectura conecta los marcos T01–T03 y es la base para los casos de uso. Avance: 65% . A2.ASH , A2.PGR, A2.AEU, A2.AFC	
A2-T2.4: Framework for Data and Model Management Desarrollo del marco de gestión de datos (A2.D2.4, en curso) para ingestión IoT, versionado y explotación analítica. Permite la trazabilidad de modelos predictivos y ambientales. Enlaza con T02–T03 y E1 . Avance: 50% .	A2.ACM , A2.AGL, A2.JGF, A2.MRH
A2-T2.5: Use Cases: Selection, Design and Execution En marcha cuatro casos de uso: mantenimiento ferroviario, convertidores eléctricos, minería y energía. Se ha completado la fase de diseño y pruebas iniciales (A2.D3.1). Cada caso valida los marcos de T02–T03 y S01. Avance: 60% .	A2.ASH , A2.PGR, A2.AMN, A2.VPG, A2.ECF, A2.TS1
A2-T3.1: APM Models for Detection, Diagnostics & Prediction Desarrollados modelos predictivos (machine learning, SVM, redes neuronales) aplicados a los casos ferroviarios del entregable A2.D3.1. Permite estimar la vida remanente (RUL) y mejorar el mantenimiento predictivo. Relacionado con T03 y S01 . Avance: 100% .	A2.ACM , A2.JLB, A2.JGF, A2.TS1
A2-T3.2: APM Models for Digitalization of Decision Making Desarrollo de modelos de soporte a la decisión (DSS) basados en datos APM y priorización dinámica. Avance en la integración con módulos de planificación. Contribuye a T03 y S01 . Avance: 45% .	A2.ASH , A2.SMC, A2.AGL, A2.MRH
A2-T3.3: APM for Dynamic Maintenance Planning & Scheduling Se han modelizado procesos de planificación dinámica usando simulación AnyLogic y procesos semi-Markov. Resultados preliminares en optimización de recursos. Relacionado con T03 y S01 . Avance: 50% .	A2.ASH , A2.VPG, A2.ECF
A2-T3.4: Models for Assessing Impact of DT Technology En desarrollo un marco de indicadores técnicos, económicos y de negocio para medir el impacto de la digitalización. Contribuye al objetivo T04 y S02 . Avance: 20% .	A2.ACM , A2.MCS, A2.AMN
A2-T4.1: Scenarios for Ecological and Digital Transformation (2030–2050) Definidos escenarios base de transición ecológica y digital (A2.D4.1), alineados con los ODS y la Agenda 2030. Sirven de marco para la planificación AIP. Contribuye a T04 y E1 . Avance: 95% .	A2.ASH , A2.JWB, A2.PGR
A2-T4.2: Carbon & Water Footprint, Environmental Costs, Circularity Indicators Entregado A2.D4.2, que define el procedimiento de cálculo de huellas y su integración digital. Introduce el enfoque Green-LCC y la proyección 2030–2050. Relacionado con E1 y E2 . Avance: 95% .	A2.ASH , A2.MCS, A2.JLB, A2.AMN
A2-T4.3: AIP Models with Asset Health Index (AHI) & TCO En desarrollo los módulos AHI y TCO integrados con APM y AIP, orientados a decisiones de inversión y reemplazo. Contribuye a T04 y S02 . Avance: 50% .	A2.ACM , A2.JWB, A2.JLB, A2.PGR
A2-T4.4: DTs and AIP Models for Long-term Strategic Planning Tarea iniciada; se centra en la integración de métricas ambientales y de circularidad en la planificación estratégica. Servirá como base del entregable A2.D4.3. Vinculada a T04 , E1 y E2 . Avance: 30% .	A2.ACM , A2.JWB, A2.MCS, A2.JLB

Nota: Cree tantas filas como necesite. En caso de incluir figuras, cítelas en el texto e insértelas en la última página

*Resalte en negrita las actividades realizadas por las personas que son IP.

<p>E3. Problemas y cambios en el plan de trabajo <i>Describe las dificultades y/o problemas que hayan podido surgir durante el desarrollo del subproyecto. Indique cualquier cambio que se haya producido respecto a los objetivos o el plan de trabajo inicialmente planteados, así como las soluciones propuestas para resolverlos. Extensión máxima 1 página</i> *Se recuerda que la aceptación de la propuesta de resolución implica el compromiso del cumplimiento de todos los objetivos planteados en la solicitud*.</p>
No procede

Nota: Si es el subproyecto que coordina, rellene en este apartado también los problemas o cambios en el plan de trabajo relacionados con la coordinación del proyecto



DIVISIÓN DE COORDINACIÓN,
EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO
CIENTÍFICO Y TÉCNICO
SUBDIVISIÓN DE PROGRAMAS
TEMÁTICOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS

E4. Colaboraciones con otros grupos de investigación directamente relacionadas con el subproyecto.

Señale la participación del subproyecto en su desarrollo. Relacione las colaboraciones con otros grupos de investigación y el valor añadido que aportan al subproyecto y al proyecto coordinado. Describa, si procede, el acceso a equipamientos y/o infraestructuras de otros grupos o instituciones.

BERGAMO University (Grupo CELS). Colaboraciones en el área de investigación relacionada con la gestión de activos industriales. Temas de investigación como el desarrollo de políticas avanzadas de mantenimiento, mantenimiento basado en la condición y mantenimiento predictivo, con especial foco en la digitalización de los procesos de mantenimiento y en el uso de tecnologías y paradigmas propios de la Industria 4.0 aplicados a esta función corporativa. Las actividades llevadas a cabo se basan en la combinación de las metodologías clásicas propias de la ingeniería de mantenimiento con las técnicas más avanzadas de análisis y procesamiento de señales y alarmas procedentes de máquinas y plantas de producción.

CHALMERS Technological University (Inteligencia Artificial). Colaboraciones relacionadas con la aplicación de la IA (Inteligencia Artificial) y la aplicación de la metodología CRISP-DM a un ciclo de vida continuo, activo e iterativo de soluciones de IA agregado a la fase de "Operación y mantenimiento".

Se pretende investigar sobre las difíciles compensaciones y los costos ocultos de operar y mantener soluciones de IA, administrar la deriva de la IA, así como asegurar la presencia de competencias de dominio, ciencia de datos e ingeniería de datos en todas las fases de CRISP-DM. Se pretende mostrar cómo la ingeniería de datos es una parte esencial (pero a menudo descuidada) del flujo de trabajo de IA.

Universidad de Granada. La colaboración se entra en el uso de varias tecnologías: computación distribuida, blockchain e inteligencia artificial generativa para el diseño de un gemelo digital cognitivo. Este grupo de investigación está creando una plataforma de conocimiento descentralizada escalable basada en BIM para identificar, registrar, actualizar y analizar digitalmente cantidades masivas de datos relacionados con el ciclo de vida general de activos (en su caso edificios) basándose en el gráfico de conocimiento descentralizado Origin Trail. Su iniciativa incluye el desarrollo de nuevas aplicaciones y funcionalidades que aborden la información integrada, la eficiencia, la circularidad y la transparencia para facilitar la toma de decisiones informadas y su validación.

European Safety, Reliability & Data Association.(ESReDA), Colaboración en temas relacionados con las barreras actuales en la implementación de tecnologías para la evolución del mantenimiento real. También se han tratado los avances de los gemelos digitales en la generación de sistemas complejos y el rol de los recursos humanos en el contexto del mantenimiento digital y de los gemelos digitales. Estos temas se necesitan abordar para la la gestión de los activos en entornos de gemelos digitales.

Instituto Superior Técnico (IST) de la Universidad de Lisboa. Colaboración en actividades relacionadas con la protección y la obtención de valor de los activos de ingeniería, mediante la asimilación de soluciones tecnológicas y de gestión innovadoras para infraestructuras críticas, edificios e instalaciones industriales avanzadas tanto del sector público como del privado, hacia ciudades y sociedades más resilientes. Permite el acceso a varios proyectos de investigación transdisciplinarios y a empresas de los sectores de la construcción, el inmobiliario, el agua, la energía, la defensa, el ferrocarril y la carretera. Colaboración con el comité ISO/TC251 Asset Management y a la International Society of Engineering Asset Management.

POLIMI (Universidad Politécnica de Milán). Dentro del proyecto de mejora de las instalaciones de la compañía italiana RFI, el grupo de investigación ha participado en el desarrollo de la metodología para el análisis de criticidad de los activos de la infraestructura ferroviaria. El estudio se ha iniciado con los activos de una línea piloto, previendo la extensión posterior a toda la infraestructura nacional.

E5. Colaboraciones con empresas o sectores socioeconómicos directamente relacionadas con el subproyecto

Relacione las colaboraciones del subproyecto con empresas o sectores socioeconómicos y el valor añadido que aportan al subproyecto y al proyecto coordinado señalando la transferencia de conocimientos o resultados del mismo.

El proyecto se beneficia de una amplia red de colaboraciones con empresas que representan tanto el acceso a tecnologías innovadoras como a usuarios finales de sectores estratégicos. Esto facilita un enfoque integral y multidisciplinar, que combina el desarrollo tecnológico con su aplicación práctica en diferentes industrias, asegurando la orientación de la investigación a una transferencia efectiva de conocimiento y soluciones al mercado.

En total, se incluyen **9 colaboraciones clave** que abarcan sectores fundamentales para el desarrollo económico de España, como la energía, el transporte ferroviario, las infraestructuras y la tecnología de la información. Entre las empresas colaboradoras se encuentran líderes en sus respectivas áreas, con reconocimiento tanto nacional como internacional, asegurando la relevancia y el impacto de los resultados del proyecto.

Por un lado, el acceso a empresas tecnológicas garantiza la incorporación de soluciones innovadoras en tecnología y arquitectura para la integración del proyecto. Por otro lado, usuarios finales aseguran la aplicabilidad y validación de estas tecnologías en sectores estratégicos, desde la gestión energética hasta el transporte y la sostenibilidad.

Colaboración con Empresas Tecnológicas

Empresa	Colaboración y relación con el proyecto	Valor añadido al proyecto
MAGTEL	Aporta su visión como tecnólogo en la discusión sobre aspectos tecnológicos y de arquitectura en cloud para la visión de integración del proyecto.	Apoyo en la implementación de redes inteligentes y soluciones de energía renovable.
Datagram	Aporta su visión como tecnólogo en la discusión sobre aspectos tecnológicos y red IoT para la visión de integración del proyecto.	Mejora la toma de decisiones mediante analítica de datos y simulaciones predictivas.
CENIT	Aporta su visión como tecnólogo en la discusión sobre aspectos tecnológicos, de arquitectura y soluciones para la visión de integración del proyecto.	Apoyo en el diseño de procesos logísticos optimizados con tecnologías digitales.

Colaboración con Empresas Usuarios Finales de la Tecnología de Activos/Gemelos Digitales

Empresa	Colaboración y relación con el proyecto	Valor añadido al proyecto
CEN Solutions	Especializada en soluciones de almacenamiento de energía, diseña y fabrica sistemas BESS (Battery Energy Storage Systems).	Proporciona sistemas de almacenamiento energético que mejoran la integración de energías renovables y la estabilidad de la red eléctrica.
TALGO	Fabricante de trenes, colabora en la implementación de tecnologías de mantenimiento predictivo en transporte ferroviario.	Contribución al diseño de sistemas inteligentes para aumentar la fiabilidad del material rodante.
ENAGAS	Operador de infraestructuras energéticas, aporta experiencia en sostenibilidad y digitalización de activos energéticos.	Aplicación de modelos de gemelos digitales en redes de transporte de gas para optimizar su uso.
SIEMENS ENERGY	Líder en soluciones energéticas, colabora en la integración de sistemas de energía sostenibles y digitales.	Innovación en sistemas de generación y distribución de energía con enfoque en sostenibilidad.
BUILD TO ZERO	Empresa comprometida con la neutralidad de carbono, colabora en estrategias de sostenibilidad y eficiencia energética en el proyecto.	Apoyo en alcanzar objetivos de sostenibilidad y reducción de la huella de carbono.

E6. Actividades de formación y movilidad de personal directamente relacionadas con el subproyecto

Indique las actividades de formación y movilidad de personal relacionadas con el desarrollo del subproyecto. Además, si procede, debe indicar las actividades realizadas en colaboración con otros grupos o con actividades de formación en medianas o grandes instalaciones.

Nombre	Tipo de personal (becario/a, técnico/a, contratado/a con cargo)	Descripción de las actividades de formación o motivo de la movilidad
--------	---	--

		<i>al subproyecto, posdoctoral, otros)</i>	
1	Mauricio Rodríguez Hernández	Doctorando, equipo de trabajo	Workshop ESReDA 2024, Bilbao
2	Mauricio Rodríguez Hernández	Doctorando, equipo de trabajo	Paper Congrega (Portugal) 2024.
3	Mauricio Rodríguez Hernández	Doctorando, equipo de trabajo	AMEST 2024, Calguiary (Italia)
4	Alfonso Carballo Menayo	<i>Contratado/a con cargo al subproyecto</i>	VII Jornadas ScienCity 2024, Huelva
5	Mauricio Rodríguez Hernández	Doctorando, equipo de trabajo	Estancia de Investigación Polimi (Italia) 2025.

Nota: Cree tantas filas como necesite

E7. Actividades de internacionalización y otras colaboraciones relacionadas con el subproyecto
Indique si el subproyecto ha colaborado con otros grupos internacionales. Consigne si ha concurrido, y con qué resultado, a alguna convocatoria de ayudas (proyectos, formación, infraestructuras, otros) de programas europeos y/o otros programas internacionales, en temáticas relacionadas con la del proyecto coordinado. Indique el programa, socios, países y temática y, en su caso, financiación recibida.

En 2024 el grupo de investigación participó en la organización del congreso CONGREGA 2024 que se celebró del 3 al 5 de julio en Lisboa, como I Congreso Iberoamericano de Gestión de Activos de Ingeniería y II Congreso Portugués de Gestión de Activos. Bajo el lema de "innovación sostenible y digital en la gestión de activos de ingeniería", buscó fortalecer la colaboración entre la industria y el ámbito académico en áreas como planificación de inversiones, mantenimiento, operación y gestión del fin de vida de los activos.

Participación en el evento de la **Asociación Internacional de Mantenimiento (IMA)**: "World Maintenance Forum 2025" (WMF) es el evento líder en el mundo para las mejores prácticas de mantenimiento y operaciones e incluye los aspectos de gestión de activos e instalaciones relacionados con estos dominios. El IP ha dirigido en el seno del grupo de investigación la elaboración del documento "Digitalization of Assets, Facilities and Maintenance Management" que será presentado por la Asociación en el evento de enero de 2025. El objetivo es internacionalizar la investigación sobre digitalización del mantenimiento, estableciendo como propios de la asociación los marcos de actuación en digitalización desarrollados en el grupo. El resultado será un documento de consenso que permita la normalización futura de las actuaciones de digitalización.

Visita a la **Universidad de Chalmers (Goteborg)** con objeto de establecer relaciones con la división de Producción-Servicio y Mantenimiento Inteligente, donde se investiga en dos vertientes interesantes para nuestro proyecto. Por un lado, sobre Analítica de datos en sus diferentes categorías: descriptiva, diagnosis, predictiva y prescriptiva. Por otro lado, en Mantenimiento de última generación para la fabricación digital. Esta vertiente es interesante ya que sitúan al Mantenimiento como facilitador de la economía circular, estableciendo la conexión entre las perturbaciones de producción y los indicadores de desempeño ambiental. Investigan sobre soluciones para el mantenimiento predictivo (algoritmos), prescriptivo (identificación de ventanas de oportunidad) e índice de salud y aprovechan la IA generativa para la clasificación de la criticidad, la gestión diaria del mantenimiento. Estos aspectos son muy importantes para nuestro grupo ya que permite la autoevaluación y ajuste de nuestras investigaciones. Following this visit in 2025, a conference was organized seeking to bring together the expertise of SKF, Talgo, Trafikverket, Chalmers University, the University of Seville, and the European association ESReDA through the Digital Maintenance and Asset Digitalization (DMAD) Project Group.

Para el próximo año estamos participando en la organización del congreso Congrega 2026 en Braga, Portugal (<https://www.congrega.eu/>) y posteriormente en 2027 vamos a organizar un doble congreso de IFAC, reuniendo en Sevilla el Intelligent Manufacturing Systems (IMS) y el Advanced Maintenance Engineering, Services and Technology (AMEST) en 2027.



DIVISIÓN DE COORDINACIÓN,
EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO
CIENTÍFICO Y TÉCNICO
SUBDIVISIÓN DE PROGRAMAS
TEMÁTICOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS

F. Difusión de los resultados del subproyecto

Relacione **únicamente** los resultados derivados del subproyecto especificando aquellas que son resultado de la colaboración entre los subproyectos del proyecto coordinado.

F1. Publicaciones científico-técnicas derivadas de los resultados del subproyecto.

Indicar publicaciones en revistas revisadas por pares, "open access", repositorios....

Autores/as, título, referencia de la publicación...*

Masoud Haghbin, Juan Chiachío, Sergio Muñoz, Jose Luis Escalona Franco, **Antonio J. Guillén, Adolfo Crespo Márquez**, Sergio Cantero-Chinchilla. Predicting Rail Corrugation Based on Convolutional Neural Networks Using Vehicle's Acceleration Measurements. Sensor 024, 24(14), 4627; (Q2-WoS, Q1-Scopus) <https://doi.org/10.3390/s24144627>

Rodríguez M, Crespo, A, González Prida, V. Enhancing Prescriptive Capabilities in Electrical Substations: A Systemic Impact Factor Approach for Failure Impact Analysis. Energies 2024, 17(4), 770; (Q3-WoS, Q1-Scopus) <https://doi.org/10.3390/en17040770>

Digitalization and dynamic criticality analysis for railway asset management. **Mauricio Rodríguez Hernández, Antonio Sánchez-Herguedas, Vicente González-Prida**, Sebastián Soto Contreras, **Adolfo Crespo Márquez**. Applied Science 14 / 10642 (2024). (Q2-WoS, Q1-Scopus) <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/22/10642>

Integrating digitalization and asset health index for strategic life cycle cost analysis of power converters. **Vicente González-Prida, Antonio de la Fuente, Antonio Guillén López, Juan Gómez Fernández, Adolfo Crespo**. Information 15(12), 749 (2024). (Q3-WoS, Q2-Scopus) <https://www.mdpi.com/2078-2489/15/12/749#>

Candón fernández, E.; **Crespo Márquez, A.; Guillén López, A.J.**; Hidalgo Fort, E. Framework for asset digitalization: IoT platforms and Asset Health Index in maintenance applications. Applied Sciences 15 / 1524 (2025); (Q2-WoS, Q1-Scopus). <https://www.mdpi.com/2076-3417/15/3/1524>

Crespo Márquez, A.; Pérez Oliver, D. Leveraging generative AI for modelling and optimization of maintenance policies in industrial systems. Information 16 / 217 (2025). (Q2-WoS, Q1-Scopus). <https://www.mdpi.com/2078-2489/16/3/217>

Rodríguez-Hernández, M.; **Crespo-Márquez, A.; Sánchez-Herguedas, A.**; González-Prida, V. Digitalization as an enabler in railway maintenance: A review from «The International Union of Railways asset management framework» perspective. Infrastructures 10 / 96 (2025). (Q2-WoS, Q1-Scopus). <https://www.mdpi.com/2412-3811/10/4/96>

González-Prida, V.; Parra Márquez, C.; Viveros Gunckel, P.; Rodríguez, F.K.; **Crespo-Márquez, A.** Digital transformation in aftersales and warranty management: A review of advanced technologies in I4.0. Algorithms 18 / 231 (2025). (Q2-WoS, Q1-Scopus). <https://www.mdpi.com/1999-4893/18/4/231>

Gómez Fernández, J.F.; Candón Fernández, E.; Crespo Márquez, A. A structured data model for asset health index integration in Digital Twins of energy converters. Energies 18 (2025). (Q3-WoS, Q1-Scopus). <https://www.mdpi.com/1996-1073/18/12/3148>

Ordieres-Meré, J.; **Sánchez-Herguedas, A.; Mena-Nieto, Á.** A data-driven monitoring system for a prescriptive maintenance approach: Supporting reinforcement learning strategies. Applied Sciences 15 / 6917 (2025). (Q2-WoS, Q1-Scopus). <https://www.mdpi.com/2076-3417/15/12/6917>

*Resalte en negrita las realizadas por las personas que son IP.

F2. Patentes directamente derivadas de los resultados del subproyecto.



DIVISIÓN DE COORDINACIÓN,
EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO
CIENTÍFICO Y TÉCNICO

SUBDIVISIÓN DE PROGRAMAS
TEMÁTICOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS

*Indicar si las patentes están licenciadas y/o en explotación.
Indicar otras formas de protección de los resultados del proyecto, si las hubiera

F3. Asistencia a congresos, conferencias o workshops relacionados con el subproyecto.

Nombre del congreso, tipo de comunicación (invitada, oral, póster), autores/as.....

64th ESReDA Seminar.
PLENARY TALK (invitada): Digital transformation in maintenance and asset management. Guidelines for organisations. **Adolfo Crespo Márquez.**
Presentación oral: Basic architecture for digital twin implementation for power electronics application. **Juan Gómez Fernández**
Presentación oral: Bases for Ontology of Digital Twin of Maintenance Process. A Railway Application. **Mauricio Rodríguez Hernández**
Presentación oral: DFMAS Project: IoT and DT application for evolution of services with low level of digitalization. **Antonio Sánchez Herguedas**

AMEST 2024
Keynote (invitado): Lessons from the GFMAM 25DX project: unlocking digital transformation in maintenance and asset management through a global initiative. **Adolfo Crespo Márquez.**
Presentación oral: Application of Digital Twin Technology for the Digitization of Railway Maintenance Services in Compliance with European Regulation EU 779/2019. **Antonio Guillen López*, Antonio Sánchez Herguedas, Mauricio Rodríguez Hernández**
Presentación oral: Application of Degradation and Optimization Models for Digitization of Maintenance Management in Railway Infrastructures. **Mauricio Rodríguez Hernández, Vicente González-Prida Diaz, Antonio Sánchez Herguedas*, Adolfo Crespo Márquez.**
Presentación oral: Asset Digitalization Strategy Using IoT Platforms and Asset Health Model. **Eduardo Candón*, Adolfo Crespo Márquez, Antonio Guillén López.**
Presentación oral: Exploring MBSE for Asset Digitalisation in the Energy Sector. a Battery Energy Storage System Design Study. **Antonio Guillén López, Vicente González-Prida Diaz, Juan Gómez Fernández.**

CONGREGA 2024. Ibero-American congress on engineering asset management
Presentación oral: Exploring the Carbon Footprint's Effect on Life Cycle Costs with Digitalization's Support (21). **Vicente González-Prida, Antonio Sánchez Herguedas*, Ángel Mena Nieto, Carlos Parra-Márquez.**

Presentación oral: Data Model to Digitization of Criticality Analysis in Railway Systems. **Mauricio Rodríguez, Vicente González-Prida, Antonio Sánchez Herguedas*, Adolfo Crespo Márquez.**

Presentación oral: Framework for asset digitalization: a holistic approach for enhanced management and reliability in the digital era. **Eduardo Candón; Adolfo Crespo; Antonio Guillén; Juan F. Gómez.**

Presentación oral: Strategic integration of digital intelligence: transforming asset management across the lifecycle for informed decision-making. **Adolfo Crespo Márquez, Adolfo Crespo del Castillo, Diego Pérez Oliver, José Antonio Marcos, Antonio Sola Rosique, Pedro Moreu de León.**

Presentación oral: Digital transformation of maintenance and asset management. Gfm&am's project 25dx insights. **Adolfo Crespo Márquez, Zensuke Matsuda.**

EWGT 2024
Presentación oral: Development of a digital twin for the certification of railway machinery under Regulation (EU) 2019/779. **Antonio Sánchez-Herguedas, Antonio Guillén-López, Johan Wideberg.**

SCIENCITY 2024

Ponencia invitada: Tecnologías de gemelos digitales para la Digitalización de Servicios de Mantenimiento. Caso de taller y flota ferroviaria. **Antonio Sánchez Herguedas**
Presentación oral: Diseño de modelos de datos para entidades y modelos analíticos para un gemelo digital. **Alfonso José Carballo Menayo, Antonio Sánchez Herguedas, Adolfo Crespo Márquez.**

ESREL SRA-E 2025 (35th European Safety and Reliability Conference (ESREL2025) and the 33rd Society for Risk Analysis Europe Conference (SRA-E 2025))

Presentación oral: A Practical Approach to Service-Oriented Life Cycle Cost considering Asset Health Index and Digitalization in Power Converters. **Vicente González-Prida, Antonio de la Fuente, Juan Gómez, Adolfo Crespo, Antonio Guillén.**

CMC 2024 (Congreso de Mantenimiento y Confiabilidad)– Santiago (Chile)

11-14 de noviembre de 2024. Presentación oral: Digitalización en el Mantenimiento y Gestión de Activos. Resultados del proyecto 25DX del GFMAM.
Autor: Adolfo Crespo Márquez.

CMC 2025 – Cartagena de Indias (Colombia)

16-19 de junio de 2025. Presentación oral: Implementación de Gemelos Digitales en el Mantenimiento Predictivo (PdM). Autor: Adolfo Crespo Márquez.

CMC 2025 – Monterrey (México)

8-11 de septiembre de 2025. Presentación oral: Implementación de Gemelos Digitales en el Mantenimiento Predictivo (PdM). Autor: Adolfo Crespo Márquez.

OMAINTEC 2024 – The 21st International Operations & Maintenance Conference in the Arab Countries El Cairo, Egipto – 28-30 de enero de 2024 Ponencia invitada: Digital Transformation in Maintenance & Asset Management. Autor: Prof. Adolfo Crespo Márquez

OMAINTEC 2025 – The 22nd International Asset, Facility & Maintenance Management Conference Jeddah, Arabia Saudita – 26-28 de enero de 2025. Sesión S-01 – Presentación invitada: Digitalization Model and Asset Health Management. Autor: Prof. Adolfo Crespo Márquez

F4. Tesis doctorales relacionadas con el proyecto

Indique si están (en marcha) o finalizadas

Nombre del doctor/a, director/a de tesis, título, calificación, organismo...

Doctorando: Mauricio Rodríguez Hernández. Directores: Adolfo Crespo y Antonio Sánchez. Digitalización y Mantenimiento Inteligente de Activos Ferroviarios: Modelos de Evaluación de Criticidad en Entornos Digitales. (A punto de finalizar). Universidad de Sevilla.

Doctorando: Eduardo Candón Fernández. Directores: Adolfo Crespo Márquez y Juan Gómez Fernandez (En marcha). Análisis e implementación de técnicas para la gestión inteligente de activos a lo largo de su ciclo de vida. Universidad de Sevilla. A punto de entregarse

Doctorando: Pablo Martínez-Galán Fernandez. Digital Twins based on Cyber Physical Systems to development of Asset Management in Industry 4.0. Directore: Adolfo Crespo Márquez. A punto de entregarse.

Doctorando: José Antonio Márcos Alberca.. Directores: Francisco Colodro y Adolfo Crespo Márquez. Gestión dinámica del mantenimiento para trenes de alta velocidad basado en monitorización en tiempo real e inteligencia artificial utilizando gemelos digitales. A punto de entregarse.

Doctorando: Alfonso Carbayo Menayo. Directores: Adolfo Crespo y Antonio Sánchez. Aplicación de Gemelos digitales en la gestión de activos y el mantenimiento. (En marcha). Universidad de Sevilla.

Doctorando: Carmen Baena Sánchez. Directores: Adolfo Crespo y Antonio Sánchez. Digitalización de metodologías ágiles para la gestión de la innovación. (En marcha). Universidad de Sevilla.

F5. Otras publicaciones derivadas de colaboraciones mantenidas durante la ejecución del subproyecto y que pudieran ser relevantes para el mismo, así como artículos de divulgación, libros, conferencias...

Autores/as, título, referencia de la publicación...

Se ha colaborado en la edición de dos volúmenes de la serie de libros EAMR de Springer, uno de los cuales, el Vol. 4 está a punto de publicarse:

Case Studies in Digital Transformation. Integration of Digital Technologies to Enhance Asset Management Processes. Adolfo Crespo Márquez, Turuna Seecharan, Georges Abdul-Nour, Joe Amadi-Echendu, Jay Lee. ISBN. 978-3-032-05591-0. Fecha de publicación 22 Diciembre.2025.

G. Gastos realizados hasta la mitad del periodo de ejecución del subproyecto

Debe cumplimentarse este apartado **independientemente** de la justificación económica anual enviada por la entidad. Se deben incluir los principales conceptos de gastos con su importe, no el desglose de las facturas del proyecto, para valorar su adecuación a los objetivos y actividades realizadas en el proyecto. Es **indispensable** especificar si el gasto estaba previsto en la solicitud original.

G1. Gastos de personal (indique número de personas, situación laboral y función desempeñada en el subproyecto)					
	Nombre	Situación laboral	Función desempeñada	Importe	Previsto en la sol. original (S/N)
1	Alfonso Carballo Menayo	Contrato con cargo al proyecto	Asignado a las tareas T2.1, T2.2, T2.5, T3.1. Además se le asignará a la T3.3.	17,357.42	S
2					
Total gastos de personal:				17,357.42	

Nota: Cree tantas filas como necesite

G2. Material inventariable (describa el material adquirido)				
	Equipo	Descripción del equipo	Importe	Previsto en la sol. original (S/N)
1				
2				
Total gastos material inventariable				

Nota: Cree tantas filas como necesite

G3. Material fungible (describa el tipo de material por concepto o partida, p. ej., reactivos, material de laboratorio, consumibles informáticos, etc.)			
	Concepto	Importe	Previsto en la sol. original (S/N)
1			
2			
Total gastos material fungible			

Nota: Cree tantas filas como necesite

G4. Viajes y dietas (describa la actividad del gasto realizado y **las personas que han realizado la actividad**). Debe incluir aquí los gastos derivados de la asistencia a congresos, conferencias, colaboraciones, reuniones de preparación de propuestas relacionados con este proyecto, etc.)

	Concepto	Relación con el subproyecto	Importe	Nombre del participante	Previsto en sol. original (S/N)
1	Asistencia a congreso	Desplazamiento asistencia e inscripción a Gongrega 2024. Presentación de trabajo.	1247.66	Eduardo Candón Fernández	S
2	Asistencia a congreso	Desplazamiento asistencia e inscripción a Gongrega 2024. Presentación de trabajo.	1210.67	Vicente González-Prida Díaz	S
3	Asistencia a congreso	Desplazamiento asistencia e inscripción a Gongrega 2024. Presentación de trabajo.	1281.79	Antonio Jesús Guillén López	S
4	Asistencia a congreso	Desplazamiento asistencia e inscripción a Gongrega 2024. Presentación de trabajo.	1364.46	Antonio Sánchez Herguedas	S
5	Asistencia a congreso	Desplazamiento asistencia e inscripción a Gongrega 2024. Presentación de trabajo. Organización.	1412.54	Adolfo Crespo Márquez	S
6	Asistencia a congreso	Desplazamiento asistencia e inscripción a AMEST 2024. Presentación de trabajo.	1902.54	Mauricio Rodríguez Hernández	S
7	Asistencia a jornadas	Alojamiento asistencia a jornada ESREDA 2024, en Bilbao. Presentación de trabajo.	341.27	Mauricio Rodríguez Hernández	S
8	Asistencia a jornadas	Desplazamiento asistencia a jornada ESREDA 2024. Bilbao Presentación de trabajo.	531.38	Juan Gómez Fernández	S
9	Asistencia a jornadas	Desplazamiento asistencia a jornada ESREDA 2024. Bilbao Presentación de trabajo.	432.15	Antonio Sánchez Herguedas	S
10	Inscripción a congreso	Desplazamiento asistencia e inscripción a Gongrega 2024. Presentación de trabajo.	1199.66	Ángel Mena Nieto	S
11	Asistencia a jornadas	Desplazamiento asistencia e inscripción a AMEST 2024. Presentación de trabajo.	1423.46	Juan Gómez Fernández	S
12	Asistencia a congreso	Desplazamiento asistencia e inscripción a EWGT 2024. Presentación de trabajo.	1939.09	Johan Wideberg	S
13	Asistencia a jornadas	Desplazamiento asistencia a jornada Góteborg 2025. Organiz.	324.87	Adolfo Crespo Márquez	S
15	Alojamiento asistencia jornadas	Alojamiento asistencia a jornada Góteborg 2025. Organización	150.26	Antonio Sánchez Herguedas	S
Total viajes y dietas			14,751.80		

Nota: Cree tantas filas como necesite

G5. Otros gastos (describa la actividad del gasto por concepto, y si procede, las personas que han realizado la actividad)

	Concepto	Relación con el subproyecto	Importe	Nombre del participante	Previsto en la sol. original (S/N)
1	Aplicación cliente que reproducirá la secuencia simulada de telemetría 10 dispositivos	El proyecto requiere de la creación y desarrollo del contenido para la plataforma	27004.29	Adolfo Crespo / Antonio Sánchez / Antonio Guillén / Juan Gómez	S
2	Diseño de la arquitectura y su integración en plataforma	Alquiler de la plataforma en la nube (Azure)	9,680.00	Adolfo Crespo / Antonio Sánchez / Antonio Guillén / Juan Gómez	S
Total otros gastos			36,684.29		

Nota: Cree tantas filas como necesite

G6. Descripción de gastos no contemplados en la solicitud original (si ha realizado algún gasto no contemplado en la solicitud original, se debe justificar la necesidad de su ejecución en este apartado)	
Gasto	Justificación

Nota: Cree tantas filas como necesite

G7. Total ejecutado (costes directos únicamente)	
Importe total concedido:	154,000.00
Importe total ejecutado durante el periodo:	68,793.51

CONDICIONES ESPECÍFICAS PARA LA EJECUCIÓN DE DETERMINADOS PROYECTOS

- **Proyectos que utilicen recursos genéticos españoles o extranjeros y conocimientos tradicionales asociados a los recursos genéticos, cubiertos por el Reglamento (UE) nº 511/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de abril de 2014, relativo a las medidas de cumplimiento de los usuarios del protocolo de Nagoya**

Incluir número de registro que justifique la presentación, a través de la sede electrónica del Ministerio para la Transición Ecológica, de la declaración de diligencia debida de conformidad con el artículo 14.1 del Real Decreto 124/2017, 24 de febrero relativo al acceso a los recursos genéticos procedentes de taxones silvestres y al control de la utilización

Número de Registro:	
---------------------	--

- **Proyectos con ayudas a actuaciones para la formación de personal investigador predoctoral**

De acuerdo con la convocatoria, en su artículo 29.2.b)1º, se deberá informar sobre el proceso de evaluación y selección del personal investigador predoctoral y un resumen de la valoración de la persona seleccionada.

Proceso de evaluación y selección del personal investigador predoctoral:

--

Persona seleccionada:

--

Valoración de la persona seleccionada:

--

Instrucciones para la elaboración de los informes de seguimiento científico-técnico de proyectos de Generación de Conocimiento 2022.

Modalidades: Investigación No Orientada e Investigación Orientada

Para el seguimiento científico-técnico de las convocatorias de Proyectos de **Proyectos de Generación del conocimiento 2022, modalidades Investigación No Orientada e Investigación Orientada** debe presentarse:

- Un **informe de seguimiento científico-técnico de progreso intermedio**, cuando se cumpla la mitad del período de ejecución del proyecto.
- Un **informe científico-técnico final** a la finalización de la ejecución del proyecto.

Los informes de justificación científico-técnica deberán contener la siguiente información:

- Desarrollo de las actividades realizadas, cumplimiento de los objetivos propuestos en la actuación, así como el impacto de los resultados obtenidos evidenciados, entre otros, mediante la difusión de resultados en publicaciones, revistas científicas, libros, presentaciones en congresos, acciones de transferencia, patentes, internacionalización de las actividades, colaboraciones con grupos nacionales e internacionales y, en su caso, en la formación de personal investigador.
- Cualquier cambio que se haya producido respecto a los gastos contemplados en el presupuesto incluido en la solicitud inicial del proyecto, justificando adecuadamente su necesidad para la consecución de los objetivos científico-técnicos del proyecto.
- La composición del equipo de investigación, indicando aquellas modificaciones que se hayan producido en la composición y/o dedicación del equipo de investigación. Estos cambios deben haber sido previamente autorizados por la Subdivisión de Programas Temáticos Científico-Técnicos.
- La composición del equipo de trabajo, así como cualquier modificación que se haya producido en la composición del equipo de trabajo respecto al inicialmente previsto en la memoria científico-técnica del proyecto. **Estos cambios no necesitan autorización previa por parte de la Subdivisión de Programas Temáticos Científico-Técnicos.**
- Cualquier modificación que se haya producido en los objetivos propuestos en la solicitud de la ayuda, detallando justificadamente los motivos que han llevado a ello.

Se debe rellenar los distintos apartados de acuerdo con la modalidad de la convocatoria (Investigación No Orientada e Investigación Orientada) y el tipo de proyecto: A, B y RTA

En el caso de proyectos coordinados, se deberá presentar **un informe independiente** por cada uno de los subproyectos.

Se deberá reflejar la integración de las actividades realizadas y los resultados alcanzados por cada uno de los subproyectos para valorar las contribuciones globales del **proyecto coordinado**.

Apartado A. Debe reflejar los datos de coordinación indicando los subproyectos que participan en el proyecto coordinado

Apartado B. Se debe indicar los datos actuales del subproyecto. Si ha habido alguna modificación en los datos iniciales del subproyecto debe indicarlo en el Apartado **B2**. Los proyectos que estén dirigidos por dos investigadores/as principales deberán rellenar también la casilla correspondiente al/a la Investigador/a Principal 2

Apartado C. Debe relacionar la situación de **todo** el personal que haya realizado actividades en el subproyecto en el periodo que se justifica, tanto si forma parte del equipo de investigación como del equipo de trabajo.

Apartado D. Debe reflejar el progreso y resultados del proyecto coordinado.

D1. Se debe desarrollar los **objetivos planteados en el proyecto coordinado** indicando el grado de participación de cada uno de los subproyectos en su consecución.

D2. Se debe describir las actividades realizadas **relacionadas** con la coordinación del proyecto.

*Estos apartados deben ser rellenados por el coordinador, indicando para cada actividad los subproyectos implicados y tiene que **incluirse** también en los informes de los subproyectos que forman parte del proyecto coordinado.*

Apartado E. Se reflejará el progreso de las actividades del subproyecto dentro del proyecto coordinado y el cumplimiento de los objetivos propuestos, desarrollándolos en los siguientes apartados:

E1 y E2. Debe describir los objetivos y **actividades realizadas** y resultados alcanzados por el subproyecto para la consecución de los objetivos, indicando las personas del equipo que han participado en cada una de las actividades, remarcando las realizadas por las personas que son IP.

Se debe informar sobre el progreso y la consecución de todos los objetivos inicialmente planteados con el detalle suficiente para poder valorar el grado de cumplimiento, así como las actividades realizadas y los resultados alcanzados.

E3. Debe reflejar las dificultades o problemas que hayan podido surgir en el desarrollo del subproyecto, así como su repercusión para el proyecto en su conjunto. Si se hubieran propuesto soluciones para superar dichas dificultades, también es necesario reflejarlas en este apartado.

Se entiende que estas situaciones son inherentes a la propia actividad científica, pero se debe informar y ayudar a valorar su alcance.

E4. y E5. Deben relacionar, en el apartado correspondiente, las colaboraciones, que tengan **relación directa** con el subproyecto, con otros grupos de investigación, con empresas o sectores socioeconómicos.

Las actividades de colaboración deben detallarse y justificarse adecuadamente, especialmente cuando hayan implicado gasto o cuando no estuvieran contempladas en la solicitud original.

E6. Debe detallar las actividades de formación y movilidad del personal que participa en el subproyecto.



MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN
Y UNIVERSIDADES



Cofinanciado por
la Unión Europea



AGENCIA
ESTATAL DE
INVESTIGACIÓN

DIVISIÓN DE COORDINACIÓN,
EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO
CIENTÍFICO Y TÉCNICO

SUBDIVISIÓN DE PROGRAMAS
TEMÁTICOS CIENTÍFICO-TÉCNICOS

E7. Debe describir las actividades de internacionalización y otras colaboraciones del subproyecto.

Apartado F. Se reflejará la difusión de los resultados del subproyecto.

F1. Deben relacionar **únicamente** las publicaciones del subproyecto derivadas del proyecto coordinado o del subproyecto, remarcando las realizadas por el/los investigadores principales.

F2. Se debe relacionar las patentes indicando si están licenciadas y/o en explotación.

F3. Debe relacionar la asistencia a congresos, conferencias o workshops del subproyecto relacionados con el proyecto coordinado con indicación del título de la ponencia, nombre del congreso/conferencia y de las personas del equipo que hayan asistido.

F4. Debe indicar las tesis doctorales relacionadas directamente con el subproyecto.

F5. Deben indicar otras publicaciones relacionadas con la temática del proyecto o fruto de colaboraciones **durante la ejecución del subproyecto y que pudieran ser relevantes para el desarrollo del mismo.**

Apartado G. Se detallarán los gastos realizados en el proyecto hasta la mitad del periodo de ejecución del proyecto.

Se pretende poder relacionar el gasto realizado en el subproyecto con el presupuesto solicitado inicialmente y valorar su adecuación a los objetivos y actividades realizados en el proyecto coordinado. En el caso de que el gasto no estuviera previsto inicialmente, deberán justificarse detalladamente las razones de dicho gasto.

En cada uno de sus apartados: **G1.** Personal, **G2.** Material inventariable, **G3.** Material fungible, **G4.** Viajes y dietas; y **G5.** Otros gastos, se deben mencionar los principales gastos realizados agrupados por tipo de gasto. Se trata de conocer los principales conceptos de gasto, **no** el desglose de todas las facturas del proyecto.

En el apartado **G6.** Gastos no contemplados en la solicitud original, es **indispensable** detallar la necesidad de su adquisición para el desarrollo del subproyecto.

En el apartado **G7.** Indique el importe total ejecutado durante este periodo.

Condiciones específicas para la ejecución de determinados proyectos

- Aquellos proyectos que utilicen recursos genéticos españoles o extranjeros y conocimientos tradicionales asociados a los recursos genéticos, cubiertos por el Reglamento (UE) nº 511/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de abril de 2014, relativo a las medidas de cumplimiento de los usuarios del Protocolo de Nagoya, deberán cumplimentar, **en el informe de seguimiento intermedio**, el número de registro que justifique la presentación, a través de la sede electrónica del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, de la declaración de diligencia debida de conformidad con el artículo 14.1 del Real Decreto 124/2017, 24 de febrero, relativo al acceso a los recursos genéticos procedentes de taxones silvestres y al control de la utilización.
- De acuerdo con la convocatoria, en su artículo 29.2.b)1º, se deberá informar sobre el proceso de evaluación y selección del personal investigador predoctoral y un resumen de la valoración de la persona seleccionada en proyectos con ayudas a actuaciones para la formación de personal investigador predoctoral