



ET4Digital: Capacitación de formadores para la innovación digital en el ecosistema de la construcción

Entrega 3.2

Formación transnacional para formadores sobre el uso del demostrador

Autor(es)	
PP	IIPLE

Financiado por la Unión Europea. No obstante, las opiniones y puntos de vista expresados son exclusivamente los de los autores y no reflejan necesariamente los de la Unión Europea ni los de la Agencia Nacional Italiana Erasmus+ – INAPP. Ni la Unión Europea ni la autoridad concedente (INAPP) se hacen responsables de ellos.

Referencias técnicas

Acrónimo del proyecto	ET4DIGITAL
Título del proyecto	CAPACITACIÓN DE FORMADORES PARA LA INNOVACIÓN DIGITAL EN EL ECOSISTEMA DE LA CONSTRUCCIÓN
Coordinador del proyecto	IIPLE
Duración del proyecto	24 meses

Entrega n.º	D3.2
Nivel de difusión ¹	PU
Paquete de trabajo	WP3
Tarea	TAREA 3.2
Beneficiario principal	IIPLE
Beneficiario(s) colaborador(es)	
Fecha límite de entrega	30/11/2025
Fecha real de presentación	30/11/2025

- ¹
- PU = Público
 - PP = Restringido a otros participantes en el programa (incluidos los servicios de la Comisión)
 - RE = Restringido a un grupo especificado por el consorcio (incluidos los servicios de la Comisión)
 - CO = Confidencial, solo para miembros del consorcio (incluidos los servicios de la Comisión)

Historial del documento

V	Fecha	Beneficiario	Autoría
1	20/11/2025	IIPLE	Gianmarco Fontana
2	25/11/2025	IIPLE	Luisa Sileni, Valentina Ferrari
3			
4			

Índice

Resumen _____	0
Objetivos y resultados clave del WP3 _____	5
Finalidad del presente documento _____	6
Formación.transnacional.para.formadores.sobre.el.uso.del.demostrador _____	4
Resumen del programa _____	8
Perfil de los participantes y valor añadido de la formación transnacional para formadores ____	10
Contribuciones al evento _____	11
Validación.del.demostrador.con.fines.didácticos. _____	82
Formulario de comentarios tras la formación _____	26
Contribuciones a la formación básica y recursos de apoyo para la replicación de gemelos digitales _____	31
Resultados y conclusiones clave _____	32

Resumen

ET4Digital – Empowering Trainers for Digital Innovation in construction Ecosystem se dedica a mejorar la calidad, la eficacia y la innovación en la formación de formadores y profesores del sector de la construcción para la integración perfecta de las tecnologías digitales. La iniciativa implica la creación de herramientas innovadoras y un programa integral de desarrollo de capacidades. Los formadores utilizarán un demostrador de tecnologías digitales especialmente diseñado, lo que fomentará la experiencia práctica. El proyecto tiene como objetivo superar las barreras que impiden a las pymes adoptar las tecnologías digitales mediante el diseño conjunto, la prueba y la validación de programas de formación. El objetivo final es capacitar a los formadores para que lideren la transición digital en el sector de la construcción, aprovechando su importante pero aún poco explorado potencial.

Aunque la innovación digital ha crecido significativamente en los últimos años, a las empresas les resulta difícil explotar eficazmente este enorme potencial. En cambio, la digitalización en el sector de la construcción puede ofrecer importantes oportunidades para toda la cadena de valor, no solo mejorando las prácticas existentes, sino también integrando tecnologías y herramientas disruptivas que pueden dar lugar a nuevos procesos, modelos de negocio, materiales y soluciones. Es importante subrayar que la combinación de tecnologías digitales permite maximizar los beneficios asociados a la transformación digital. Por ejemplo, BIM, IoT, Realidad Aumentada (RA) y Gemelos Digitales están profundamente interconectados, ya que se refieren a tecnologías que se potencian entre sí y pueden considerarse como diferentes fases o elementos de la misma transformación digital.

Como demuestran varias investigaciones europeas y nacionales, el sector de la construcción se encuentra muy por detrás de otros sectores industriales en lo que respecta a la digitalización. Hasta la fecha, el sector de la construcción europeo se enfrenta a retos que obstaculizan su competitividad. Entre ellos se encuentran:

- Escasez de mano de obra
- La falta de competencias digitales en algunos países
- Falta de interés entre los empresarios y los trabajadores por la digitalización de los procesos
- Falta de motivación por parte de los jóvenes para trabajar en el sector
- Necesidad de aumentar la productividad y, al mismo tiempo, mejorar la calidad, la rentabilidad y la ejecución de los proyectos
- Altos costes relacionados con las tecnologías y las herramientas digitales

Por lo tanto, el objetivo específico del proyecto es ofrecer programas personalizados a formadores profesionales, con el fin de dotarles de nuevas estrategias, herramientas y competencias digitales. Como intermediarios, estos formadores desempeñan un papel crucial a la hora de demostrar a las empresas y a los trabajadores las ventajas de la digitalización y los resultados positivos que puede reportar. Este enfoque facilita la mejora de las competencias de los trabajadores en materia de digitalización, haciendo hincapié en que los materiales y técnicas tradicionales pueden

complementarse de forma innovadora con las tecnologías digitales, lo que se traduce en una reducción de los costes y del tiempo perdido.

Además, el mercado laboral evoluciona continuamente, configurando los perfiles y las habilidades que los trabajadores deben poseer en respuesta a las demandas de las empresas y los empleadores. Al actualizar los perfiles profesionales necesarios en el sector de la construcción y digitalizar sus procesos, podemos atraer a trabajadores jóvenes y cualificados a un campo de trabajo que todavía se considera «tradicional».

Objetivos y resultados clave del WP3

El paquete de trabajo 3 (WP3) tiene como objetivo transformar los resultados analíticos del WP2 (marco tecnológico digital y mapa de competencias de los formadores) en un modelo pedagógico práctico para que los formadores, profesores y profesionales de la EFP lideren la transición digital del sector de la construcción en las pymes.

El WP3 persigue cuatro objetivos que se relacionan entre sí.

En primer lugar, introduce nuevas tecnologías (BIM, IoT/sensores, análisis de datos y Gemelos Digitales) a través de prácticas guiadas, actividades basadas en escenarios y tareas de resolución de problemas. La estrategia es deliberadamente modular, lo que permite integrarla en diversos planes de estudios (concretamente, centros de EFP, institutos técnicos y universidades) y adaptarla a los distintos niveles de preparación digital de los distintos países e instituciones.

En segundo lugar, incorpora la estrategia de enseñanza en un demostrador digital educativo que conecta los modelos BIM con flujos de datos en tiempo real o casi real procedentes de sensores IoT y permite su visualización. La demostración se lleva a cabo en un entorno controlado, lo que permite a los formadores practicar procesos como la recopilación de datos, la detección de conflictos, la supervisión de obras, el análisis del rendimiento energético y los controles de seguridad.

En tercer lugar, proporciona orientación y recursos de aprendizaje para los formadores, como programas de estudios y planes de lecciones organizados, objetivos de aprendizaje basados en competencias, ejercicios prácticos y rúbricas de evaluación. La accesibilidad y la inclusión se integran mediante recursos multilingües, instrucciones claras y opciones de uso asincrónico.

En cuarto lugar, valida el enfoque mediante una formación transnacional que implica la puesta a prueba del demostrador con formadores de todos los países socios y la obtención de pruebas sobre la usabilidad, la eficacia del aprendizaje y la transferibilidad a entornos de pymes. La garantía de calidad se trianguló entre los comentarios de los participantes, las autoevaluaciones de competencias, la observación por pares y las evaluaciones previas y posteriores al aprendizaje.

En todos los objetivos, el WP3 hace hincapié en el pragmatismo, la interoperabilidad y la escalabilidad, garantizando que el método pueda ser aplicado por instituciones con diferentes estándares técnicos y mantenido en el marco de planes de mejora de las competencias a largo plazo. Aborda las prioridades de la UE en materia de transformación digital, innovación en la EFP y el papel de las herramientas digitales en la transición ecológica, incorporando el análisis de la energía y la sostenibilidad y la gestión eficaz de los recursos en los flujos de trabajo de formación.

El WP3 se ajusta plenamente a las necesidades horizontales: promueve la transformación digital mediante sistemas interoperables de gran impacto; apoya la inclusión y el acceso a través de recursos abiertos multilingües y opciones mixtas/asincrónicas; incorpora análisis de energía y recursos en los escenarios de aprendizaje; y fomenta valores comunes a través de la colaboración transnacional, el aprendizaje entre pares y la difusión abierta.

Lo más importante es que el WP3 reduce los riesgos de adopción de nuevas tecnologías digitales para los proveedores de FP y las pymes: el demostrador incluye directrices de configuración, conjuntos de datos de muestra y manuales de resolución de problemas, lo que reduce la barrera técnica para acceder a él.

La validación de este enfoque a través de una formación transnacional revela su transferibilidad entre las bases institucionales y los contextos de mercado.

Objetivo de este documento

El entregable 3.2 es el segundo resultado del WP3 y ofrece una descripción de la formación transnacional para formadores sobre el uso del demostrador, que supuso una etapa fundamental del proyecto ET4Digital. La formación sirvió de puente entre el trabajo analítico del WP2 y los objetivos de desarrollo de capacidades a gran escala del WP4.

Su objetivo era dotar a los formadores —identificados como facilitadores clave de la transición digital en las pymes del sector de la construcción— de las competencias prácticas, los conocimientos metodológicos y la confianza pedagógica necesarios para integrar las tecnologías digitales en la enseñanza de la formación profesional y los servicios de apoyo a las pymes. Los formadores deben ser capaces de explicar a las empresas por qué la tecnología es importante, el valor que puede crear y cómo afectará a su negocio. La formación transnacional de ET4D puso en práctica esta función estratégica.

El programa se centró en el aprendizaje práctico y experiencial utilizando el demostrador de Gemelo Digital del proyecto, una herramienta pedagógica diseñada para hacer que la digitalización sea tangible, accesible y replicable. La formación guió a los participantes desde la comprensión conceptual hasta la práctica digital activa a través de actividades basadas en escenarios, sesiones de coaching y tareas de resolución de problemas destinadas a desarrollar competencias concretas y confianza.

Más allá de la competencia técnica, la formación también abordó cómo enseñar estas herramientas de manera eficaz. Incluyó secuencias de aprendizaje estructuradas —orientación introductoria, práctica con *coaching*, ejercicios autónomos y actividades de reflexión— para modelar un método de enseñanza estandarizado que pueda adoptarse en centros de formación profesional, institutos técnicos y universidades. Esto respalda directamente el objetivo principal del WP3: desarrollar una estrategia de enseñanza que integre de manera significativa las herramientas digitales en la práctica pedagógica. La experiencia de primera mano con este modelo permite a los formadores replicarlo en sus propias instituciones.

La formación también sirvió como campo de pruebas transnacional para evaluar la usabilidad, la relevancia y la transferibilidad del demostrador en diferentes contextos nacionales y niveles de preparación digital. Estos conocimientos sirven para perfeccionar el demostrador y orientar el diseño del programa de desarrollo de capacidades del WP4.

A nivel europeo, la reunión de formadores de varios países socios fomentó el aprendizaje entre pares, la armonización de las prácticas de FP digital y el surgimiento de una cultura pedagógica compartida en torno a la Construcción 4.0. En un sector caracterizado por estructuras de pymes fragmentadas y una adopción digital desigual, esta colaboración mejora la coherencia, la visibilidad y la viabilidad a largo plazo de los resultados de ET4Digital. También respalda el objetivo de convertir el demostrador en un modelo replicable para formadores, pymes, estudiantes de FP y profesionales. En general, la formación transnacional se diseñó no solo para enseñar tecnologías digitales, sino también para capacitar a los formadores como agentes de cambio capaces de apoyar a las pymes, modernizar los programas educativos y sostener la transición digital de Europa en el sector de la construcción.

Formación transnacional para formadores sobre el uso del demostrador

Resumen del programa



ET4Digital

Capacitación de formadores para la innovación digital en el ecosistema de la construcción

WP3: Nuevo enfoque docente para la transición digital

Formación transnacional para el uso del demostrador

N.º de proyecto 2024-1-IT01-KA220-VET-000249119

Evento presencial

@ IIPLE, Via del Gomito 7, Bolonia, Italia

18-19 de noviembre de 2025

Agenda

Día 1

Martes, 18 de noviembre de 2025

10:00-10:15	Apertura del evento	IIPLE
10:15 - 10:45	ET4D: visión general	IIPLE
10.45 – 12.15	<p>WP3 Nuevo enfoque docente para la transición digital Contribuciones técnicas:</p> <p>Bragadin, implementación de CDT para el proyecto digital ET4 Ballabeni, la plataforma BIM del proyecto Open Assumma, Análisis del valor de los proyectos de construcción (por confirmar) Coccolini, Construcción ajustada y sostenibilidad Balzani, Programación de proyectos para la seguridad en la construcción Poudel, Modelado BIM para la implementación del gemelo digital ET4</p>	UniBo
12.15-13.00	Contribuciones técnicas de los socios del proyecto	

Número de acuerdo: 2024-1-IT01-KA220-VET-000249119

13.00-14.00	Pausa para comer	
14.00	Presentación del gemelo digital piloto y directrices	UniBo
15:00-16:00	Visita al emplazamiento	IIPLE
	Fin del primer día	

Día 2

Miércoles, 19 de noviembre de 2025

10:00 - 10:15	Inauguración del evento	IIPLE
10:15 - 10:45	Demostración piloto del CDT	Unibo
10.45 – 12.45	Taller / trabajo con CDT Implementación práctica de actividades basadas en CDT por parte de los participantes (laboratorio de TI del IIPLE, in situ)	Todos los socios
12:45 – 13:00	Comentarios de los participantes en ET4 / Preguntas y respuestas	Todos los socios
13:00-14:00	Pausa para comer	
14.00-16.00	Sinergias entre el gemelo digital y la realidad aumentada en la práctica	Andrea Bortolotti, Touch Labs
	Fin del segundo día	

Número de acuerdo: 2024-1-IT01-KA220-VET-000249119

Perfil de los participantes y valor añadido de la formación transnacional para formadores

La formación transnacional para formadores reunió a un grupo multidisciplinar de representantes de Estonia, Alemania, Italia, España, Grecia y Macedonia del Norte, lo que garantizó un intercambio amplio y cualificado de conocimientos y prácticas. De acuerdo con las especificaciones del paquete de trabajo 3, cada organización asociada seleccionó a formadores, profesores y profesionales con experiencia demostrada en la digitalización de los procesos de construcción. El grupo incluía instructores BIM, gestores y coordinadores BIM, profesores de técnicas de construcción, profesores universitarios e investigadores en gestión de obras y metodologías digitales, así como técnicos in situ con experiencia práctica en la aplicación de herramientas digitales. Esta composición garantizó la presencia de perfiles altamente especializados capaces de contribuir de manera significativa a la prueba del demostrador de los Gemelos Digitales y de tecnologías integradas como la fotogrametría, BIM, IoT y sensores, tal y como se describe en el WP3.

La contribución de los participantes fue más allá de sus competencias técnicas. Actuaron como evaluadores principales del demostrador, desempeñando un papel crucial en la identificación de los puntos fuertes, los retos técnicos y operativos y las posibles áreas de mejora. Sus comentarios fueron esenciales para la validación del demostrador y para perfeccionar su usabilidad y aplicabilidad pedagógica, de acuerdo con los objetivos establecidos en el WP3. Este proceso de evaluación también proporcionó información valiosa para la futura replicabilidad del modelo en otras instituciones de EFP de los países socios.

Además, la participación de los directores de proyecto y los coordinadores asociados garantizó una supervisión eficaz de las actividades de formación y apoyó la alineación estratégica con los objetivos generales del proyecto. El carácter interdisciplinario del grupo promovió un entorno de aprendizaje colaborativo en el que las competencias académicas, operativas y de gestión se complementaban entre sí. Las actividades prácticas realizadas durante la formación, que incluyeron demostraciones, ejercicios, documentación audiovisual y comentarios estructurados, formarán parte integrante de las directrices para la replicabilidad del demostrador, un resultado clave del WP3.

En general, la participación de treinta y una personas el primer día y treinta el segundo confirmó el fuerte compromiso de los socios del consorcio y su interés en el potencial pedagógico y operativo

del Gemelo Digital. Las contribuciones cualificadas y diversas de los participantes apoyaron significativamente el perfeccionamiento del demostrador y sentaron las bases para su futura integración en las vías de formación profesional en toda Europa, en plena coherencia con los objetivos del paquete de trabajo 3.

Contribuciones al evento

Los días 18 y 19 de noviembre de 2025, la sede del IIPLE (Via del Gomito 7) en Bolonia acogió la formación transnacional para el uso del demostrador. El programa de dos días ofreció a los participantes —dos técnicos/expertos de cada organización socia— una experiencia completa, tanto teórica como práctica.

Entre abril y octubre de 2025, el equipo de la Universidad de Bolonia (socio responsable del WP3) instaló el demostrador con fines educativos, desarrollando un Gemelo Digital de la construcción para el desarrollo de la plataforma Open Project BIM, como herramienta de apoyo.

La primera jornada comenzó con una interesante mañana de presentaciones a cargo de expertos de la Universidad de Bolonia, que ilustraron los procesos seguidos para desarrollar el Gemelo Digital y abordaron otros temas relacionados con la digitalización en el sector de la construcción:

- **Marco Bragadin (UniBo):** *Implementación del Gemelo Digital de la Construcción para el proyecto ET4Digital:* presentó el marco conceptual y técnico para integrar el Gemelo Digital de la Construcción (CDT) en los flujos de trabajo del proyecto.

Durante la formación transnacional para formadores, la presentación del profesor Marco Bragadin ofreció una visión general completa de los fundamentos conceptuales y la implementación práctica del demostrador del gemelo digital desarrollado dentro de ET4Digital. La contribución contextualizó la iniciativa dentro de la transformación digital más amplia del sector de la construcción, destacando los retos estructurales a los que se enfrentan las pequeñas y medianas empresas a la hora de adoptar herramientas digitales, entre ellos la interoperabilidad fragmentada, la estandarización limitada, los altos costes de implementación y las escasas competencias internas. En este contexto, se presentó el Gemelo Digital como un facilitador estratégico capaz de mejorar la integración de los procesos, potenciar la coordinación en toda la cadena de valor de la construcción y apoyar la toma de decisiones informadas mediante el uso de modelos virtuales dinámicos basados en datos.

La sesión aclaró los fundamentos conceptuales del Gemelo Digital, descrito como la contraparte digital de un activo, sistema o proceso físico, que se actualiza continuamente mediante intercambios de datos que mantienen la alineación entre los entornos real y virtual. Bragadin trazó la evolución del concepto desde sus orígenes en la gestión del ciclo de vida del producto hasta sus aplicaciones contemporáneas en arquitectura, ingeniería y construcción, ilustrando

cómo los Gemelos Digitales apoyan la supervisión, la simulación, la optimización y el análisis predictivo. La presentación distinguió entre diferentes generaciones de Gemelos Digitales de la construcción, desde plataformas básicas de supervisión (generación 1) hasta sistemas semánticos inteligentes que integran BIM e IoT (generación 2), pasando por sistemas autónomos basados en agentes (generación 3), ofreciendo así a los participantes un marco claro para comprender las trayectorias tecnológicas emergentes.

Partiendo de esta base teórica, la presentación pasó a la implementación práctica del demostrador ET4Digital, desarrollado en colaboración con la escuela de construcción IIPLE. El proyecto piloto consistió en la construcción de una pequeña maqueta de mampostería de una sola planta que servía como gemelo físico, en paralelo con un gemelo digital que incorporaba un modelo BIM creado en Revit, escaneos LIDAR en 3D, sensores ambientales y el conjunto completo de documentos del proyecto, incluyendo la Estructura del Desglose del Trabajo (WBS), la lista de cantidades y el calendario de Gantt. La implementación siguió el ciclo PDCA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar), demostrando cómo las metodologías del Gemelo Digital pueden apoyar la planificación, ejecución, control y perfeccionamiento sistemáticos de los procesos de construcción en un contexto educativo.

Un componente central del demostrador fue el uso de OpenProjectBIM como entorno de datos común. La plataforma permitió la integración del modelo BIM, las nubes de puntos derivadas de LIDAR, los calendarios del proyecto, los desgloses de costes, los paquetes de trabajo y las lecturas de los sensores. Al proporcionar funcionalidades como la visualización IFC, las comparaciones entre el modelo planificado y el modelo construido, y la gestión estructurada de la documentación, OpenProjectBIM hizo posible la construcción de un Gemelo Digital operativo alineado con las capacidades de la Generación 1 y con el potencial de evolucionar hacia configuraciones más avanzadas mediante el uso combinado de BIM, IoT y análisis de datos.

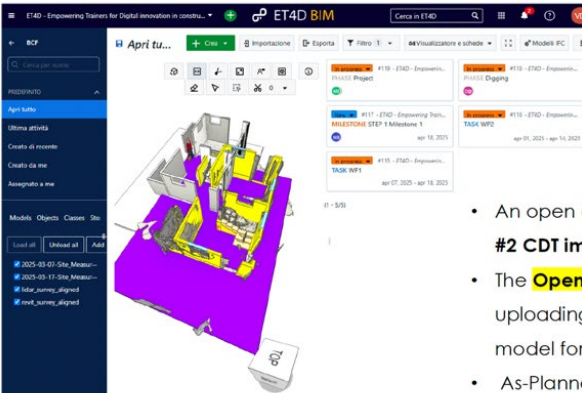
La presentación también detalló el flujo de trabajo operativo adoptado durante el desarrollo: la creación del primer prototipo de Gemelo Digital, la identificación de los requisitos técnicos y pedagógicos, el diseño de la arquitectura del sistema, la instalación y calibración de los sensores, la recopilación de datos manuales y automatizados, y la integración de contenidos digitales en el CDE. Aunque reconoció las limitaciones inherentes a un caso práctico educativo, el ponente destacó su valor como referencia realista para demostrar los principios metodológicos y probar las aplicaciones prácticas de las tecnologías de Gemelos Digitales en la formación profesional.

En conclusión, la contribución destacó los beneficios educativos y operativos logrados mediante la implementación del demostrador. El Gemelo Digital facilitó una mejor conciencia situacional, una gestión estructurada de la información, una mayor coordinación entre las actividades físicas y digitales, y una conexión más sólida entre la instrucción teórica y la ejecución práctica. Para los formadores y los alumnos, el demostrador proporcionó un ejemplo claro y tangible de cómo se pueden aplicar los enfoques de Gemelos Digitales en la formación en construcción, ofreciendo un modelo replicable para apoyar la mejora de las competencias digitales y la innovación entre los proveedores de FP y las pymes del sector.

Co-funded by
the European Union

ET4D

Open Project BIM® digital platform for BIM environment



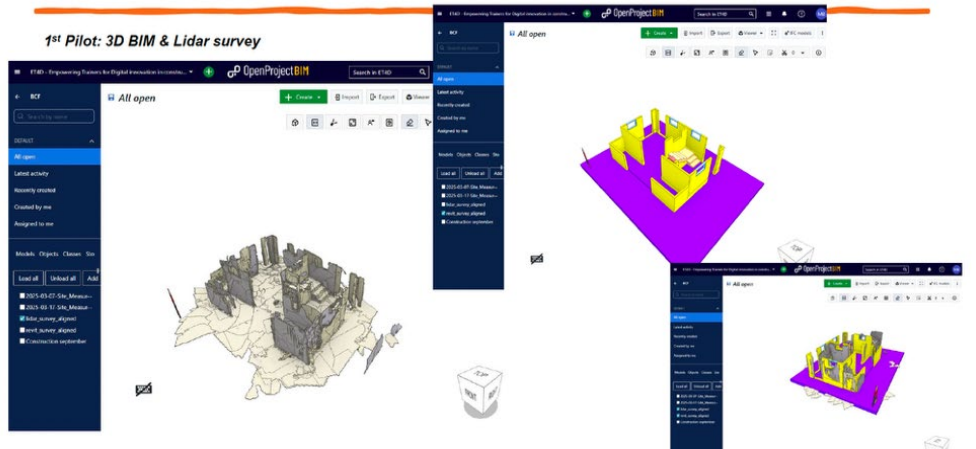
- An open digital platform was used for **Generation #2 CDT implementation**.
- The **Open Project BIM has an IFC viewer**, so after uploading the 3D BIM players can view the model for guidance on construction operations
- **As-Planned** and **As-Built BIM**

Co-funded by
the European Union

ET4D

OpenProjectBIM

1st Pilot: 3D BIM & Lidar survey



- **Andrea Ballabeni (UniBo):** *La plataforma OpenProject BIM: exploración de las funcionalidades y ventajas de OpenProject para la gestión de procesos basados en BIM.*

OpenProjectBIM constituye la infraestructura digital central del demostrador Construction Digital Twin, proporcionando el entorno integrado en el que se organizan y gestionan los modelos geométricos, la información del proyecto, los datos de los sensores y los flujos de trabajo operativos. Actuando como un entorno común de datos (CDE), la plataforma garantiza la interoperabilidad necesaria entre los distintos componentes del demostrador y permite el acceso coordinado de formadores y alumnos durante las actividades de formación transnacionales. Su función es fundamental para que el Gemelo Digital pueda funcionar simultáneamente como ecosistema tecnológico y herramienta pedagógica, facilitando una experiencia de aprendizaje basada en datos y alineada con las prácticas contemporáneas de construcción digital.

Un aspecto técnico clave del demostrador es la integración entre las herramientas de creación BIM y OpenProjectBIM. A través del complemento Revit, compatible con las versiones 2019 a 2022, los modelos IFC pueden exportarse, visualizarse y vincularse a flujos de trabajo de gestión de incidencias directamente dentro de la plataforma. Esto permite que el Gemelo Digital funcione como un modelo de referencia dinámico y continuamente actualizado, en el que la información de diseño, las revisiones del modelo y las acciones de coordinación se capturan sistemáticamente a través de flujos de trabajo BCF y la interoperabilidad de la API REST. Esta combinación garantiza un flujo estructurado de información entre las herramientas y favorece la resolución colaborativa de problemas en el contexto de la formación.

Además de la integración de modelos y datos, OpenProjectBIM da soporte al ciclo de vida completo del demostrador a través de sus capacidades de gestión de proyectos. La plataforma permite estructurar paquetes de trabajo, programar actividades, definir etapas y restricciones, visualizar cronogramas mediante diagramas de Gantt y calendarios, y organizar las cargas de trabajo de los equipos. Estas funcionalidades permiten al Gemelo Digital reflejar los procesos de gestión de la construcción del mundo real y proporcionar a los alumnos un entorno de simulación realista en el que se pueden analizar y practicar tareas de planificación, supervisión y coordinación. La dimensión colaborativa se ve reforzada por herramientas de documentación integradas, como wikis, módulos de noticias y funciones de gestión presupuestaria.

Otro elemento estratégico del demostrador es la integración de redes de sensores en OpenProjectBIM. El sistema incorpora múltiples dispositivos de detección, entre los que se incluyen BME280, LTR-559, MIC-6814, PMS5003 y la cámara Sony IMX500 AI, conectados a través de unidades Raspberry-Pi configuradas para adquirir datos ambientales y visuales. El flujo de trabajo incluye la definición de un tipo de paquete de trabajo de medición específico dentro de la plataforma, la configuración de campos personalizados y la transmisión de datos a OpenProjectBIM a través de scripts de Python y llamadas API. Un panel de sensores específico, implementado como un complemento de la plataforma, permite la visualización en tiempo real e histórica de estas mediciones, lo que demuestra cómo se pueden incorporar las condiciones físicas del sitio al Gemelo Digital para mantener una representación precisa y continuamente actualizada del entorno.

La presentación técnica también ilustró las estrategias de implementación utilizadas para instalar y mantener el sistema, incluida la instalación basada en Docker, la orquestación de

Kubernetes y la implementación directa en servidores Ubuntu o Debian con PostgreSQL. Se establecieron entornos de desarrollo, pruebas y producción para apoyar la integración progresiva de modelos, API, sensores y paneles de control, garantizando la fiabilidad durante todo el proceso de implementación.

El trabajo de desarrollo también puso de relieve varios retos pendientes, como la necesidad de mejorar la calibración de los sensores, la gestión de las oclusiones visuales en la adquisición basada en imágenes y la persistente brecha entre la geometría física y la modelada. Los desarrollos futuros prevén la adopción de la reconstrucción 2D a 3D basada en IA a partir de secuencias de vídeo para permitir actualizaciones geométricas dinámicas y aumentar aún más la fidelidad del Gemelo Digital.

En conjunto, estos elementos demuestran cómo OpenProjectBIM sirve tanto como columna vertebral organizativa como punto de integración para los datos BIM, las lecturas de los sensores y los flujos de trabajo de gestión de proyectos. Su uso dentro del demostrador apoya la creación de una representación digital precisa, escalable y continuamente actualizada del entorno construido, y proporciona a los formadores un entorno completo en el que explorar y enseñar procesos de construcción basados en datos.



Co-funded by
the European Union

- **Shrinija Poudel:** *Modelado BIM para la implementación del Gemelo Digital ET4:* demostró cómo los modelos BIM sirven de base para la integración del Gemelo Digital.

En el marco de la formación transnacional, la presentación sobre el modelado BIM proporcionó a los participantes una introducción estructurada a los principios conceptuales y operativos del modelado de información de construcción, ilustrando cómo el BIM sustenta la estrategia de transición digital adoptada en el proyecto ET4Digital. El BIM se describió como la representación digital de las características físicas y funcionales de un edificio, que apoya la gestión de la información a lo largo de todo el ciclo de vida de un activo de construcción y permite un enfoque coherente y basado en datos para el diseño, la ejecución y la gestión de las instalaciones. La presentación aclaró las ventajas que suelen asociarse al BIM, entre las que se incluyen una mejor colaboración, una mayor precisión en el diseño, una visualización mejorada, la detección de conflictos y estimaciones más fiables del tiempo y los costes, a la vez que se reconoció una serie de retos, como los costes iniciales de implementación, el aumento de los requisitos de gestión de datos, las limitaciones de interoperabilidad y los diferentes niveles de preparación digital entre las partes interesadas.

La presentación ilustró el concepto de «dimensiones» del BIM, explicando cómo las capas de información enriquecen progresivamente el modelo geométrico. Partiendo de representaciones en 2D, el BIM evoluciona hacia el modelado en 3D para el análisis geométrico y visual, el modelado en 4D mediante la integración de datos de programación y el modelado en 5D mediante la incorporación de estimaciones de costes. Estos ejemplos se demostraron con referencia a escenarios de transformación arquitectónica y herramientas de gestión de proyectos, lo que ofreció a los participantes una comprensión práctica de cómo la información

multidimensional del BIM apoya la toma de decisiones en todas las fases del proyecto. Las diapositivas también introdujeron el concepto de niveles de madurez del BIM, haciendo hincapié en los aspectos organizativos y procedimentales necesarios para pasar del dibujo tradicional a flujos de trabajo digitales integrados y colaborativos.

Una parte central de la presentación se centró en la amplia gama de partes interesadas que participan en los procesos habilitados por BIM. Se presentó a los participantes la distinción entre actores técnicos y no técnicos, destacando la importancia de la colaboración interdisciplinaria entre arquitectos, ingenieros, especialistas en BIM, gestores de proyectos, contratistas, proveedores, inversores y autoridades reguladoras. La clasificación de las categorías de partes interesadas subrayó la necesidad de entornos digitales compartidos para garantizar una comunicación coordinada y el intercambio de información a lo largo del desarrollo del proyecto.

Para contextualizar este requisito, la presentación examinó el papel de las plataformas colaborativas en el sector de la arquitectura, la ingeniería y la construcción (AEC). Se distinguieron dos tipos de entornos de colaboración: las plataformas basadas en modelos, que se basan en formatos técnicos como IFC, RVT o DWG y exigen procedimientos estrictos de control de versiones y conocimientos informáticos avanzados; y las plataformas basadas en la gestión, centradas en los flujos de trabajo de documentación y que facilitan una interacción más sencilla y rentable para un abanico más amplio de usuarios. OpenProjectBIM se presentó dentro de este marco como un entorno colaborativo centrado en la gestión, capaz de interactuar con modelos BIM y, al mismo tiempo, admitir las funcionalidades de gestión de proyectos necesarias para el demostrador *Digital Twin* (Gemelo Digital).

La presentación concluyó con una visión general del proyecto piloto desarrollado para ET4Digital, en el que se demostró cómo el modelado BIM y las plataformas colaborativas convergen dentro de la arquitectura pedagógica general del demostrador. Gracias a esta contribución, los participantes comprendieron mejor cómo el BIM constituye la base informativa y metodológica sobre la que se construyen el Gemelo Digital y las actividades docentes asociadas, lo que prepara a los formadores para integrar las prácticas digitales en los programas de formación profesional con coherencia y conciencia técnica.

Por la tarde se presentó el piloto de Gemelo Digital y se ofrecieron directrices prácticas, complementadas con una visita a la obra de construcción del IIPLE, realizada por sus estudiantes, para observar su aplicación.

Como parte final de la formación, los participantes visitaron el laboratorio donde el alumnado y el equipo docente del IIPLE construyeron el pequeño modelo de ladrillo de una sola planta que sirvió como gemelo físico, con una explicación de los distintos pasos seguidos por los estudiantes que lo construyeron.

- **Davide Coccolini (UniBo):** *Lean Construction & Sustainability* (Construcción ajustada y sostenibilidad): destacó los principios ajustados y su sinergia con las herramientas digitales para prácticas sostenibles.

La Construcción Lean (LC) es un método moderno para mejorar la ejecución de proyectos mediante la reducción de residuos, la mejora de la seguridad y la optimización de los procesos. Surgió a raíz de las amplias presiones que sufría el sector de la construcción, como el aumento de los costes de los materiales, la falta de recursos, los retos climáticos y los nuevos objetivos de sostenibilidad de la UE, y se planteó el LC como una solución para aumentar tanto el rendimiento medioambiental como la eficiencia de los proyectos.

La presentación exploró los orígenes de la LC en el Sistema de Producción Toyota y su desarrollo a través de la investigación académica que puso de manifiesto las deficiencias de la gestión tradicional de la construcción. Se analizaron principios fundamentales de la LC, como el Last Planner System®, la planificación del tiempo takt, la ejecución integrada de proyectos y la entrega del valor objetivo.

La charla se centró en la integración actual de las herramientas digitales en los marcos Lean, haciendo hincapié en cómo, durante la última década, los Gemelos Digitales, la colaboración en tiempo real, los procesos basados en BIM, las simulaciones de realidad virtual y la IA generativa han mejorado la capacidad de Lean para facilitar la toma de decisiones, la supervisión y la mejora continua.

A continuación, la contribución relacionó directamente la Construcción Lean con la iniciativa ET4Digital: identificó sinergias, entre ellas la digitalización para reducir el desperdicio en los procesos, la formación continua de los operadores, el aumento de la coordinación mediante herramientas digitales y la supervisión de las emisiones mediante técnicas Lean y ecológicas. La presentación proporcionó ilustraciones y ejemplos prácticos para mostrar cómo los principios Lean apoyan la transición digital de las pymes mejorando los procedimientos in situ y fomentando una cultura de mejora continua.

En general, esta sesión presentó la Construcción Lean como un enfoque organizativo y un conjunto de herramientas operativas que complementa las tecnologías BIM y de Gemelos Digitales, lo que aumenta la relevancia del objetivo de formación de ET4Digital.

- **Benedetta Balzani (UniBo):** *Planificación de proyectos para la seguridad en la construcción:* centrada en las técnicas de planificación digital para mejorar el cumplimiento de las normas de seguridad.

Este estudio aborda la gestión y la programación de las actividades de construcción, prestando especial atención a la seguridad laboral, que sigue siendo un problema importante en la actualidad, como lo demuestran los aproximadamente 200 accidentes mortales que se produjeron en el sector de la construcción en 2023.

Una de las principales causas de los accidentes son los conflictos espacio-temporales, que se producen cuando se solapan múltiples actividades en un mismo lugar. Estos conflictos pueden generar riesgos para la seguridad, congestión, conflictos de diseño y posibles daños en los equipos o estructuras. Para mitigar estos riesgos es necesario una planificación cuidadosa, la coordinación entre los trabajadores y la aplicación de procedimientos operativos seguros. En consecuencia, a lo largo de los años se han desarrollado diversas metodologías para gestionar los riesgos de interferencia.

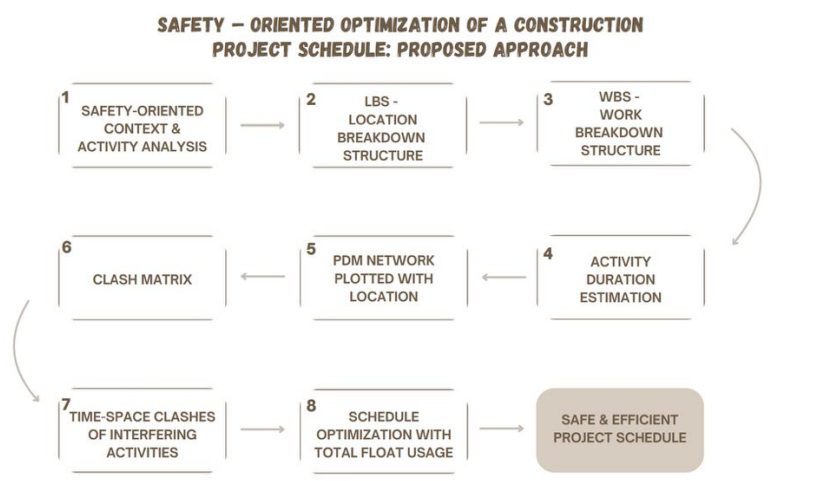
El enfoque propuesto en esta tesis integra la gestión espacial y temporal y se aplicó a la restauración del Mercado Cubierto de Forlì, un edificio histórico de dos plantas. La planta baja sigue operativa para actividades comerciales, mientras que la primera planta se está convirtiendo en oficinas administrativas. El estudio demuestra que la seguridad de los trabajadores y la eficiencia de la obra pueden lograrse mediante una programación sistemática del proyecto y una asignación estratégica de la holgura total.

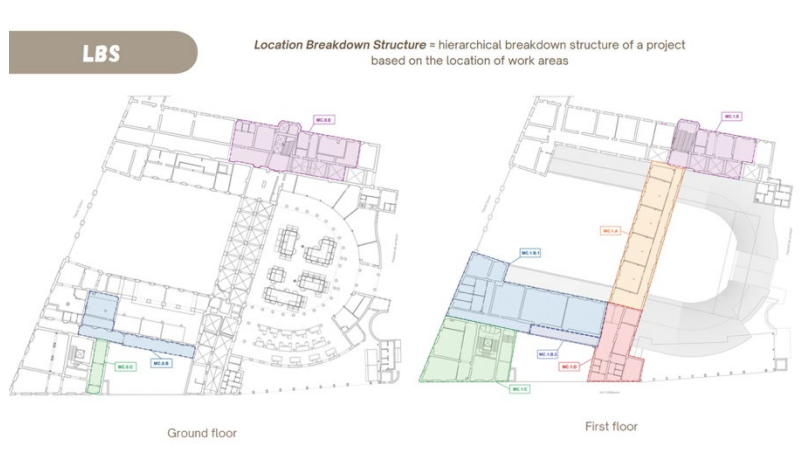
El método consta de ocho fases:

- 1) Análisis del contexto: identifica los posibles riesgos debidos a la proximidad de la obra a zonas comerciales activas.
- 2) Estructura de desglose de la ubicación (LBS): asigna códigos a las áreas de trabajo para detectar conflictos espaciales.
- 3) Estructura de desglose del trabajo (WBS): clasifica las actividades en 4 macroáreas (demolición, obras estructurales, sistemas y obras de construcción).
- 4) Estimación de la duración de las actividades.
- 5) Creación de la red PDM: integra información espacial y temporal, incluidos los movimientos del personal.
- 6) Matriz de colisiones: destaca las posibles zonas de interferencia.
- 7) Identificación de los conflictos: importación de la red a MS Project para generar un diagrama de Gantt y detectar conflictos.
- 8) Optimización mediante la asignación de la holgura total.

El análisis identificó conflictos clave, incluyendo movimientos obstruidos de la tripulación y un número excesivo de actividades simultáneas en relación con los recursos disponibles y las áreas de almacenamiento. La optimización mediante la holgura total garantiza que las actividades superpuestas se reprogramen añadiendo retrasos en los enlaces, manteniendo tanto la seguridad como la eficiencia operativa.

Este enfoque proporciona un control integral del proyecto, lo que permite una evaluación detallada de las actividades individuales al tiempo que se preserva la eficiencia general de la obra. Aunque requiere muchos recursos para proyectos complejos, la metodología es compatible con la automatización digital futura, ya que combina la planificación manual inicial con la supervisión asistida por software de las interferencias.





- **Vanessa Assumma (UniBo):** *Análisis del valor de los proyectos de construcción:* se debatieron metodologías para evaluar el valor de los proyectos en contextos digitales.

La profesora Assumma presentó el análisis del valor como un enfoque estratégico y holístico para mejorar la toma de decisiones en los proyectos de construcción. Comenzó explicando la naturaleza multifacética del «valor», que varía según las partes interesadas y cambia con el tiempo. Basándose en fuentes académicas, la presentación hizo hincapié en que el valor surge del equilibrio entre la satisfacción de las necesidades y el uso eficiente de los recursos.

La contribución destacó las principales presiones que complican la creación de valor en la actualidad, especialmente los retrasos en los proyectos, el aumento de los riesgos de seguridad, la fluctuación de los precios de los materiales y los desajustes entre el rendimiento real y las normas de calidad exigidas por la UE.

También ilustró los retos generalizados que supone mantener los plazos de las obras de construcción italianas, lo que demuestra la urgencia de nuevos métodos de evaluación.

Se presentó la norma británica BS EN 12973 como marco para las organizaciones que desean reforzar la cultura del valor, mejorar la productividad, apoyar la innovación e integrar la toma de decisiones basada en el valor en todos los equipos. Esto se ajusta al objetivo de ET4Digital de dotar a los formadores de herramientas de evaluación avanzadas.

A continuación, la presentación repasó un amplio conjunto de métodos de decisión (a saber, BIM, LCA, LCC, MCDA, WBS, análisis de riesgos, evaluaciones de coste-beneficio) que pueden apoyar las evaluaciones de proyectos orientadas al valor. Prestó especial atención a la ayuda a la decisión multicriterio (MCDA), desglosando su estructura, tipologías de problemas y naturaleza participativa (con actividades como encuestas, entrevistas y grupos de discusión).

Esta contribución dotó a los formadores de marcos para comprender el valor en la construcción de forma más amplia, más allá de la optimización de costes, y para enseñar habilidades de toma de decisiones que se ajusten a la sostenibilidad, las expectativas sociales y las vías de transformación digital.

ET4Digital - Empowering Trainers for Digital innovation in construction Ecosystem
WP3: New teaching approach for digital transition

VALUE CONCEPT ...in Value Analysis

Improving the quality of the construction project ensuring that its cost is no greater than is necessary to carry out its functions

VALUE = $\frac{\text{SATISFACTION OF NEEDS}}{\text{CONSUMPTION OF RESOURCES}}$

FUNCTION+ RESOURCES

COST

Risk and uncertainty also must be considered as they relate to performance, cost, and time.

Social impact is a knot to untie

Figure 1-1. The Elements of Value

US Office of Systems Engineering and Architecture, 2025. Guidebook on Value Engineering

ET4Digital - Empowering Trainers for Digital innovation in construction Ecosystem
WP3: New teaching approach for digital transition

FINAL REMARKS

INTENTIONALITY PROJECT

CONTEXT ANALYSIS

CONCEPTUALIZATION

PRELIMINARY project

DEFINITE project

AS-BUILT project

CONSTRUCTION

IMPLEMENTATION

MONITORING and MANAGEMENT

CREATION OF INTERGENERATIONAL VALUE

Alternative design options

Collaboration between actors and stakeholders

Value Analysis (VA) OR Value Engineering (VE)

Value Management (VM)

IMPACT ASSESSMENT

ENV. ECON. SOC.

Assessment of alternatives

Risk Analysis and Assessment

Inner-external consistency

Impacts measurements

Mitigation measures

Observations collection

CO-CREATION PROCESS OF A WINNING SOLUTION

Ex-ante

In-linere

Ex-post

Not-ended process!

El segundo día se centró en la experiencia práctica y el aprendizaje colaborativo. Comenzó con una demostración en directo de la construcción piloto del Gemelo Digital (CDT), seguida de un taller práctico en el laboratorio de TI del IIPLE, donde los participantes completaron actividades basadas en el CDT bajo la guía del equipo de la Universidad de Bolonia. Esta sesión permitió a los participantes experimentar directamente el entorno del Gemelo Digital y la plataforma OpenProjectBIM en la que se basa el demostrador, y comprender mejor su aplicación en contextos de formación.

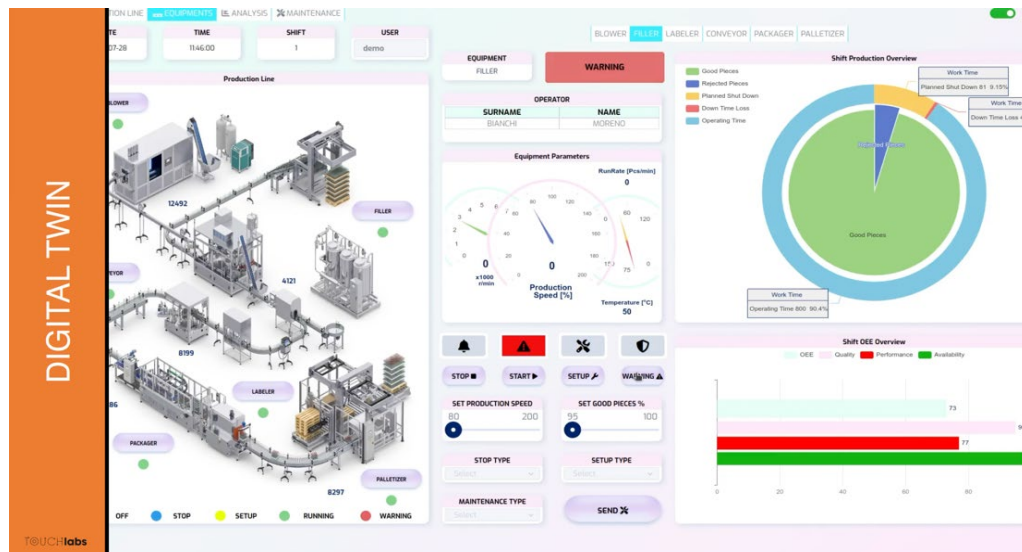
La jornada concluyó con una presentación de **Luca Vitale** (TOUCHlabs) titulada «Sinergias entre los Gemelos Digitales y la Realidad Aumentada en la práctica». La presentación exploró cómo la Realidad Aumentada (RA), la Realidad Virtual (RV) y la Realidad Mixta (RM) pueden integrarse con los sistemas de Gemelos Digitales para mejorar la usabilidad, la visualización y la toma de decisiones. TOUCHlabs presentó soluciones de vanguardia que integran tecnologías inmersivas en los flujos de trabajo industriales y comerciales, lo que proporciona mejoras cuantificables en eficiencia, reducción de costes e innovación.

Se hizo especial hincapié en el papel de la tecnología de Gemelos Digitales para permitir la supervisión en tiempo real, el mantenimiento predictivo y la optimización a través de réplicas virtuales de activos físicos. La ponencia inaugural destacó cómo las soluciones de RV/RA pueden apoyar el diseño de planos, las pruebas ergonómicas y las simulaciones operativas, al tiempo que mejoran la retención de conocimientos y reducen significativamente los costes de formación y funcionamiento. Al crear una fuerte sensación de presencia e interacción en tiempo real, estas herramientas conectan eficazmente los entornos físicos y digitales.

En la sesión de la tarde, la atención se centró en las oportunidades de integración práctica entre las tecnologías de Gemelos Digitales y las herramientas inmersivas en el sector de la construcción. La presentación ilustró casos de uso concretos y debatió la importancia de superar las barreras relacionadas con la accesibilidad, la usabilidad y la replicabilidad para garantizar una adopción eficaz en la formación y la práctica profesional.

El evento concluyó con las observaciones finales de los socios organizadores, que reiteraron la importancia estratégica de las tecnologías digitales e inmersivas para configurar el futuro de la formación y el desarrollo de competencias en el sector de la construcción.





Validación del demostrador con fines didácticos

Formulario de comentarios tras la formación

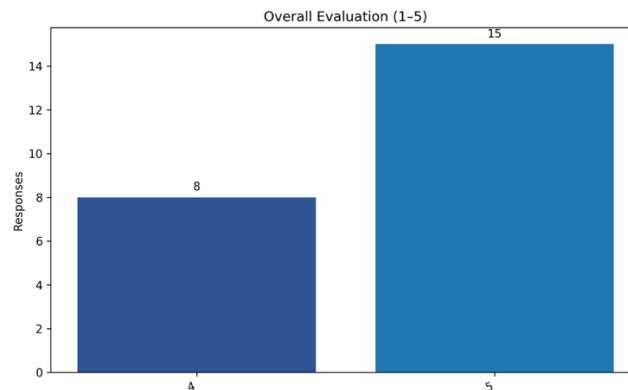
Las interesantes sesiones de comentarios y debate permitieron reflexionar sobre los resultados de la formación. Los participantes evaluaron la calidad general de la formación como excelente, con objetivos claros y un programa adecuadamente planificado. El material se consideró extremadamente relevante para los contextos profesionales, en particular para los profesionales que se dedican a la construcción, la gestión de proyectos y las actividades de digitalización. El contenido del formulario de comentarios abarcaba desde preguntas generales hasta otras más técnicas sobre las actividades realizadas, tal y como se enumeran a continuación:

- Calidad general del programa de formación
- Claridad de los objetivos de la formación
- Coherencia y estructura del programa (presentaciones, demostración de CDT, taller, sesión de RA, visita al emplazamiento)
- Relevancia del contenido de la formación para su contexto profesional
- Sesión que más contribuyó a su aprendizaje
- Aspectos de la formación que se deben mejorar
- Claridad del proceso de Gemelo Digital (gemelo digital ↔ gemelo físico)
- Comprensión de los pasos necesarios para desarrollar un Gemelo Digital a partir de un proyecto real
- Paso más difícil (respuesta abierta)
- Confianza para explicar el proceso a otras personas
- Eficacia del demostrador del Gemelo Digital

- Claridad en el uso de sensores para detectar y rastrear elementos
- Característica más valiosa del demostrador
- Tecnologías adicionales necesarias para completar el proceso de digitalización
- Utilidad del taller CDT (aprendizaje práctico)
- ¿Le ayudó la sesión práctica a comprender la implementación del CDT?
- Claridad de las instrucciones proporcionadas durante el taller
- Principales retos encontrados durante la práctica del CDT (respuesta abierta)
- Uso de OpenProjectBIM durante la formación
- Usabilidad de la plataforma
- Función utilizada
- Problemas técnicos encontrados
- Eficacia de la integración BIM-DT
- Comprensión de DT para la supervisión/control en tiempo real
- Capacidad para vincular objetos BIM a elementos WBS/costes
- Carga o interacción con modelos 3D
- Formato utilizado
- Utilidad de vincular tareas a elementos 3D para la secuenciación
- Sugerencias para mejorar OpenProjectBIM o el demostrador de Gemelo Digital
- Preparación para apoyar la digitalización en las pymes tras la formación
- Capacidad para replicar el proceso de los Gemelos Digitales en su organización
- Recursos o herramientas necesarios para la replicación
- Confianza para formar a otras personas en Gemelos Digitales / OpenProjectBIM
- Habilidades adicionales necesarias para sentirse totalmente autónomo
- ¿Tiene previsto integrar este contenido en sus futuros cursos o actividades?
- Probabilidad de implementar actividades basadas en DT en un plazo de 6 meses
- Utilidad de este enfoque para la digitalización en las pymes
- Potencial de DT para las pymes (coste, eficiencia, control)
- Procesos de las pymes que pueden beneficiarse más
- Evaluación general de la formación (1-5)
- ¿Recomendaría esta formación a otros formadores/profesionales?
- Temas que deberían incluirse en futuras actividades de formación (respuesta abierta)
- Comentarios y sugerencias adicionales

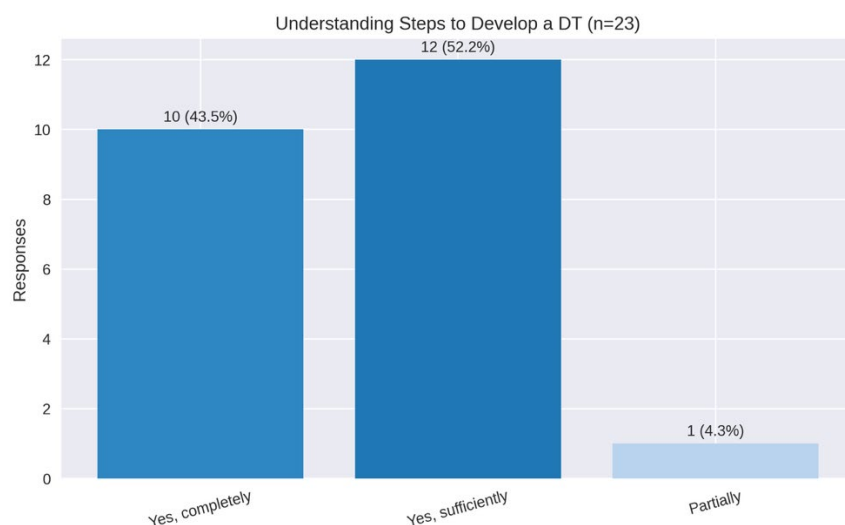
Los comentarios recopilados de los participantes de múltiples organizaciones asociadas demuestran un gran aprecio tanto por la estructura general como por la profundidad técnica de la formación transnacional. La satisfacción general fue alta, con un 65 % de los encuestados que calificaron la formación con un 5/5 y un 35 % que le asignaron un 4/5, y un 96 % que afirmó que recomendaría el

programa a otros profesionales. Estas cifras confirman que el evento cumplió con las expectativas en términos de relevancia y calidad. Al final de la formación de formadores, se validó el demostrador desarrollado por UNIBO con las contribuciones de todos los socios del proyecto.



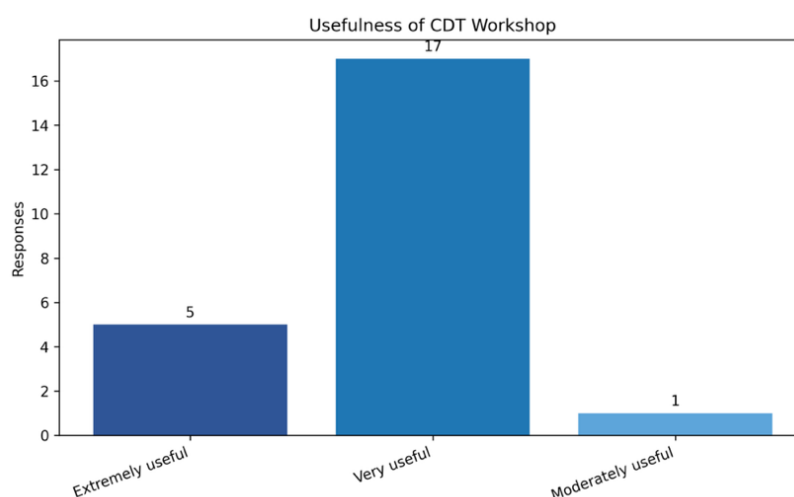
Comprensión del demostrador de Gemelos Digitales

Un objetivo clave de la formación era garantizar que los participantes comprendieran el concepto de Gemelo Digital (DT) y su aplicación práctica. Los resultados indican que este objetivo se logró en gran medida: el 96 % de los participantes afirmaron que comprendían los pasos necesarios para desarrollar un DT a partir de un proyecto real, ya fuera de forma completa o suficiente, mientras que solo un encuestado indicó una comprensión parcial. Del mismo modo, el 91 % confirmó que la sesión práctica les ayudó a comprender la implementación del CDT, lo que refuerza la importancia de las actividades prácticas. La claridad también se valoró positivamente, ya que el 61 % describió el proceso del DT como «muy claro» y el 39 % como «bastante claro».



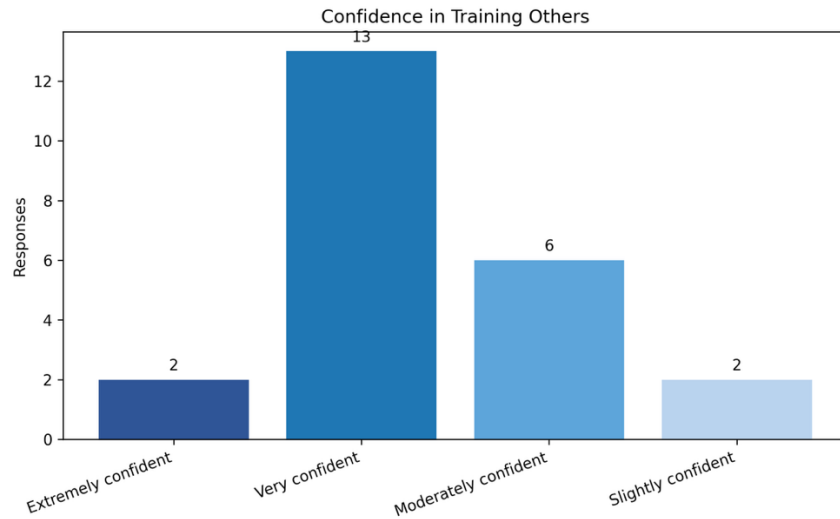
Utilidad percibida y eficacia técnica

El demostrador y las herramientas asociadas se consideraron en general eficaces y valiosos. El 87 % de los encuestados calificó el demostrador de gemelos digitales y la integración BIM-DT como «muy» o «extremadamente eficaz», mientras que el taller de CDT se destacó como una piedra angular del aprendizaje: el 96 % lo consideró «muy» o «extremadamente útil». Más allá del taller, el enfoque se consideró relevante para objetivos de digitalización más amplios, con un 43 % que lo calificó de «muy útil» y un 57 % de «moderadamente útil» para las pymes, y un 57 % que percibió un alto potencial de mejora en cuanto a costes, eficiencia y control. Estas cifras subrayan la fuerte alineación entre el contenido de la formación y los contextos profesionales de los participantes.

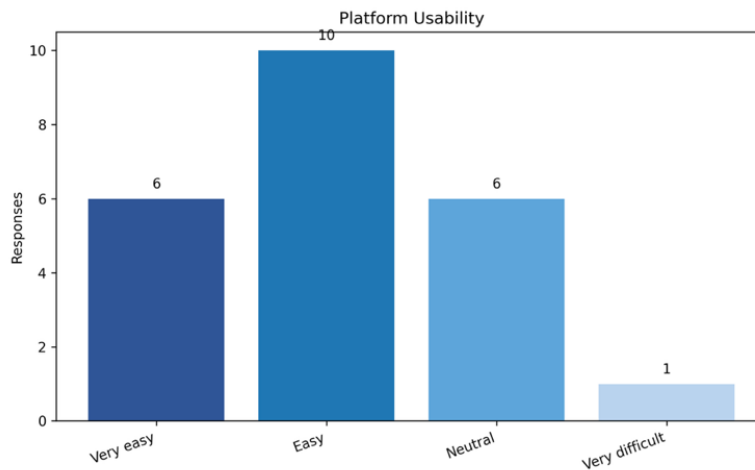


La combinación de presentaciones, demostraciones de CDT y talleres prácticos fue elogiada por su enfoque práctico. El taller de CDT (práctico) y la demostración de CDT (día 2) fueron calificados sistemáticamente como las sesiones más impactantes, ya que permitieron a los participantes poner en práctica los principios teóricos, reforzando su comprensión de la implementación de DT. La mayoría de los participantes afirmaron tener una comprensión clara del proceso del Gemelo Digital, incluidos los pasos necesarios para desarrollar un DT a partir de proyectos reales.

La confianza para explicar el procedimiento a otras personas varió de moderada a alta, lo que demuestra una importante adquisición de conocimientos. El taller de DT fue calificado como muy útil o extremadamente útil, y la mayoría de los participantes coincidieron en que la sesión práctica les ayudó a comprender la implementación del CDT. Esto concuerda con uno de los principales objetivos de ET4D, que es proporcionar un acceso real y replicable a las tecnologías digitales existentes que a menudo se pasan por alto debido a la falta de formación suficiente, especialmente entre las pymes.



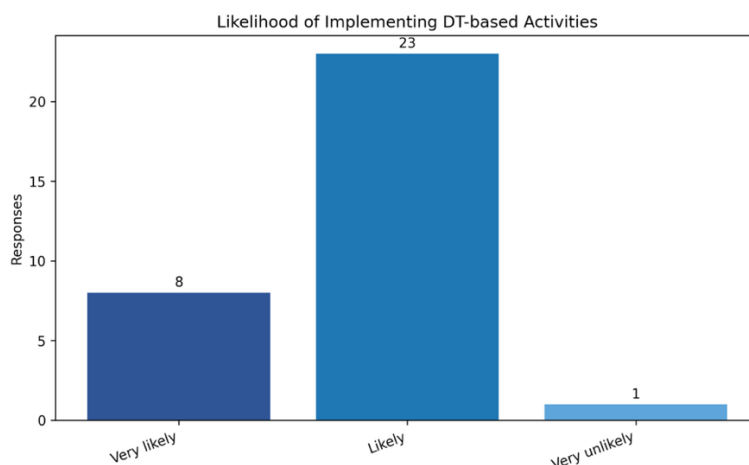
Durante la formación se utilizó la plataforma OpenProjectBIM, y la mayoría de los participantes consideraron que su uso era fácil o muy fácil. La integración de BIM y DT se consideró muy eficaz o extremadamente eficaz, y los participantes demostraron una gran comprensión del seguimiento y control en tiempo real. Los participantes mostraron su disposición a promover la digitalización en las pymes, y la mayoría se sintió moderadamente o muy preparada.



La mayoría de los encuestados indicaron que podían reproducir el procedimiento de DT en sus organizaciones. Los modelos de la CFI, los servidores, las directrices fáciles de usar y el tiempo de práctica adicional se consideraron recursos clave para la replicación.

La mayoría de los encuestados tiene la intención de integrar el contenido de la formación en futuros cursos o actividades, con una gran posibilidad de implementar actividades basadas en DT en los próximos seis meses.

El método se consideró extremadamente beneficioso para la digitalización de las pymes, con importantes posibilidades de reducción de costes, eficiencia y supervisión de procesos. Se identificaron el control de proyectos, la planificación y la gestión del ciclo de vida como los procesos de las pymes que más se beneficiarían.



Por último, todos los participantes reconocieron que recomendarían el programa a otros profesionales.

En general, la formación obtuvo una alta puntuación y el evento combinó con éxito los conocimientos académicos con la aplicación práctica, desarrollando habilidades fundamentales para impulsar la digitalización en el sector de la construcción. Veintitrés participantes completaron los cuestionarios de evaluación.

Contribuciones fundamentales de la formación y recursos de apoyo para la replicación del Gemelo Digital

Durante la formación transnacional para formadores, se presentó a los participantes los elementos metodológicos y técnicos clave necesarios para comprender, implementar y replicar el demostrador de Gemelos Digitales en entornos de FP. Las intervenciones de los ponentes principales abarcaron los componentes metodológicos y técnicos esenciales del demostrador de gemelos digitales, incluidos sus fundamentos conceptuales, el flujo de trabajo de modelado basado en BIM, la arquitectura de integración de sensores y el papel de OpenProjectBIM como entorno de datos común. Todas las presentaciones se grabaron íntegramente y formarán parte integrante de las directrices que se proporcionarán a los formadores y educadores. Estos recursos de vídeo, junto con la documentación que los acompaña, ayudarán a los proveedores de FP a replicar el demostrador de Gemelos Digitales en sus propios contextos educativos, garantizando que tengan acceso a

instrucciones claras, estructuradas y completas sobre cómo adaptar e implementar el sistema de acuerdo con sus necesidades de formación.

Resultados y conclusiones clave

La implementación del paquete de trabajo 3 (WP3) dentro del proyecto ET4Digital dio lugar a una serie de logros significativos que refuerzan el objetivo del proyecto de capacitar a los formadores como catalizadores de la innovación digital en el sector de la construcción.

El primer resultado significativo es el desarrollo de un paradigma de formación estandarizado y orientado a la práctica, destinado a reducir la brecha entre los conocimientos teóricos sobre las tecnologías digitales y su aplicación real en los flujos de trabajo de la construcción. Este paradigma combina las tecnologías BIM, IoT/sensores, RA/RV y Gemelos Digitales para ofrecer itinerarios de aprendizaje coherentes que permiten a los formadores conectar con aplicaciones del mundo real, como la supervisión de obras, el análisis de la energía y el confort, las evaluaciones de seguridad y la optimización de los flujos de trabajo.

Un segundo logro importante es la creación y documentación exhaustiva de un demostrador educativo, un entorno *Construction Digital Twin* (CDT) que combina modelos BIM, datos de sensores en tiempo real y tecnología inmersiva. El demostrador, desarrollado por la Universidad de Bolonia en colaboración con todos los socios y probado en una obra educativa construida por estudiantes de FP, proporciona un entorno controlado pero realista en el que los formadores pueden experimentar de forma segura con flujos de trabajo digitales. La documentación de apoyo contiene escenarios de diseño técnico, materiales de incorporación, directrices de configuración y herramientas de resolución de problemas, lo que reduce las barreras de adopción y permite su réplica por parte de otros centros de FP en toda Europa.

Otro resultado importante fue la validación satisfactoria del modelo de formación en una sesión de formación transnacional a la que asistieron formadores, coordinadores y especialistas técnicos de seis países socios. La formación de dos días de duración, celebrada en Bolonia, incluyó presentaciones a cargo de expertos, demostraciones en directo del Gemelo Digital y ejercicios prácticos. Los comentarios de los participantes confirman la eficacia de la formación: el 96 % afirmó que el taller sobre el gemelo digital mejoró significativamente su comprensión de la implementación del gemelo digital, el 87 % calificó la integración del BIM-DT como muy eficaz y todos los participantes afirmaron que recomendarían el programa a otras personas. Los participantes también mostraron una gran confianza en la implementación de los procesos demostrados en sus instituciones, y muchos de ellos tienen previsto incluir actividades basadas en el CDT en futuros cursos de formación en un plazo de seis meses. Estos resultados son una prueba fehaciente del progreso en el aprendizaje y de la intención de transferir los conocimientos a la práctica.



Co-funded by
the European Union

En conjunto, estos resultados muestran que el WP3 tradujo con éxito los conocimientos analíticos en soluciones de formación prácticas que se validaron mediante su aplicación en el mundo real, sentando una base sólida para el desarrollo de capacidades digitales escalables en el sector de la construcción.



Co-funded by
the European Union

ET4Digital

Capacitación de formadores para la innovación digital en el ecosistema de la construcción

PROYECTO n.º 2024-1-IT01-KA220-VET-000249119

ET4D



Co-funded by
the European Union

Financiado por la Unión Europea. No obstante, las opiniones y puntos de vista expresados son exclusivamente los de los autores y no reflejan necesariamente los de la Unión Europea ni los de la Agencia Nacional Italiana Erasmus+ – INAPP. Ni la Unión Europea ni la autoridad concedente (INAPP) se hacen responsables de ellos.