

HERRAMIENTAS DIGITALES PARA MEJORAR LA PREVENCIÓN Y SEGURIDAD EN LAS OBRAS DE EDIFICACIÓN

DIGITAL TOOLS TO IMPROVE PREVENTION AND SAFETY IN BUILDING CONSTRUCTION SITES

María Segarra Cañamares¹, Mercedes del Río Merino* ², Rafael Alberto Heredia Morante³, Miriam Zamora Calleja ⁴, Antonio Ros Serrano ⁵

¹Escuela Politécnica de Cuenca, Universidad de Castilla-La Mancha, 16071 Cuenca, Spain. maria.segarra@uclm.es

²Escuela Técnica Superior de Edificación, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid, Spain, mercedes.delrio@upm.es

³Escuela Técnica Superior de Edificación, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid, Spain rafael.heredia@alumnos.upm.es (RAHM)

⁴Arpada S.A., Ebanistas 6. 28923 Madrid, Spain. mzamora@arpada.net

⁵Escuela Técnica Superior de Edificación, Universidad Politécnica de Madrid, 28040 Madrid, Spain. antonio.ross@upm.es

RESUMEN

En la actualidad, el sector de la construcción presenta desafíos significativos en términos de seguridad laboral, con riesgos inherentes asociados a: los entornos de construcción, que suelen ser cada vez más complejos y cambiantes; la formación tradicional y/o la supervisión limitada a los trabajadores debido a la amplitud de los sitios de construcción y la diversidad de tareas.

Sin embargo, creemos que las Herramientas Digitales y la Inteligencia Artificial pueden mejorar la seguridad al posibilitar simular los entornos de trabajo, gestionar riesgos de forma predictiva e incluso plantear una formación virtual permitiendo a los trabajadores practicar situaciones de riesgo.

Por ello, se ha diseñado un proyecto de investigación con el objetivo de analizar la viabilidad de aplicar algunas de las herramientas digitales, que se comercializan en la actualidad, para mejorar la seguridad y la salud de los trabajadores de las obras de edificación.

El proyecto se desarrolla en varias etapas, en primer lugar, se identifica y analizan las herramientas tecnológicas y digitales que se comercializan en la actualidad y que pueden aplicarse a la Prevención de Riesgos Laborales, y los riesgos más recurrentes en el sector de la Edificación en España. Posteriormente, a través de una encuesta a profesionales del sector y el Método Delphi se seleccionan las herramientas más adecuadas y viables para utilizar en obras de edificación para reducir los riesgos más recurrentes.

Las conclusiones han sido: herramientas como los drones y los sensores del equipamiento personal de los trabajadores pueden mejorar la tarea de los coordinadores de seguridad para asegurarse de que se toman las medidas preventivas necesarias; y que las aplicaciones de la Realidad Virtual de la Realidad Aumentada y la Realidad Mixta, pueden ayudar a mejorar la formación y la toma de conciencia de los trabajadores, así como los exoesqueletos a evitar los sobreesfuerzos.

Parte del contenido de este trabajo se basa en aportaciones previas publicadas en Buildings (Merino et al., 2025), si bien se han realizado revisiones y adaptaciones orientadas a la temática, objetivos y audiencia del congreso.

Palabras clave: Prevención de riesgos laborales; Seguridad, digitalización, Inteligencia Artificial; Realidad Virtual; Realidad Aumentada; Realidad Mixta.

ABSTRACT

Currently, the construction sector faces significant challenges in terms of workplace safety, with inherent risks associated with: construction environments, which are increasingly complex and changing; traditional training and/or limited supervision of workers due to the size of construction sites and the diversity of tasks.

However, we believe that Digital Tools and Artificial Intelligence can enhance safety by enabling the simulation of work environments, managing risks in a predictive manner, and even providing virtual training that allows workers to practice risky situations.

Therefore, a research project has been designed with the aim of analyzing the feasibility of applying some of the digital tools currently available on the market to improve the safety and health of construction workers.

The project is developed in several stages. First, the technological and digital tools currently available on the market that can be applied to Occupational Risk Prevention, as well as the most recurrent risks in the building sector in Spain, are identified and analyzed. Subsequently, through a survey of industry professionals and the Delphi Method, the most suitable and feasible tools are selected for use in building construction sites to reduce the most frequent risks.

The conclusions were: tools such as drones and sensors on workers' personal equipment can improve the task of safety coordinators by ensuring that necessary preventive measures are taken. Additionally, applications of Artificial Intelligence, Virtual Reality, Augmented Reality and Mixed Reality can help improve training and worker awareness, while exoskeletons can help prevent overexertion.

Part of the content of this work is based on previous contributions published in Buildings (Merino et al., 2025); however, revisions and adaptations have been made to address the specific theme, objectives, and audience of this congress.

Keywords: Occupational risk prevention; Safety, digitalization, Artificial Intelligence; Virtual Reality; Augmented Reality; Mixed Reality.

1. INTRODUCCIÓN

En España, el sector de la construcción representa más del 5% del PIB y emplea a más de un millón de trabajadores, sin embargo, su peso en la economía contrasta con su bajo nivel de digitalización e innovación, lo que afecta gravemente a su productividad y crecimiento.

Actualmente, solo el sector agrícola se sitúa por debajo (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [OCDE], 2024). Por tanto, el sector tiene ante sí un gran reto al que dar respuesta y en este sentido, la transformación digital es un requisito indispensable para su consecución gracias al potencial que nos ofrecen las nuevas tecnologías y sus sinergias con la metodología Building Intelligent Modeling (BIM) (Confederación Española de Organizaciones Empresariales [CEOE], 2025). De hecho, se estima que, para 2025, la digitalización a gran escala, conducirá a un ahorro de costes anual del 13% al 21% en las fases de diseño, ingeniería y construcción y del 10% al 17% en la fase de operaciones (Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea [UPV-EHU], 2017).

En la actualidad, el sector, conocido por su alta siniestralidad y tasa de accidentes (Figura 1), presenta desafíos significativos en términos de seguridad laboral, con riesgos inherentes asociados a la complejidad de los entornos de construcción; la falta de nuevos modelos para la formación de los trabajadores, la dificultad de supervisar en tiempo real a todos los trabajadores, etc. Sin embargo, es posible que las herramientas digitales y la Inteligencia Artificial (IA), puedan mejorar la seguridad (Baduge et al., 2022) (Santamaría, 2017) (Espino, 2017) (Manzoor, B.; et al, 2021).

Algunos estudios, están definiendo un marco de trabajo para las futuras plataformas digitales del sector (Digiplace, 2025). Otros, proponen plataformas abiertas de Internet of Things (IoT) en el sector (Concha Arcas, 2024).

Por otra parte, investigadores de la Universidad de Burgos han desarrollado el Proyecto Virtual Risk Prevention que considera que la Realidad Virtual e Inteligencia Artificial pueden ser herramientas adecuadas para formar a los trabajadores en prevención de riesgos laborales (Merino, 2023).

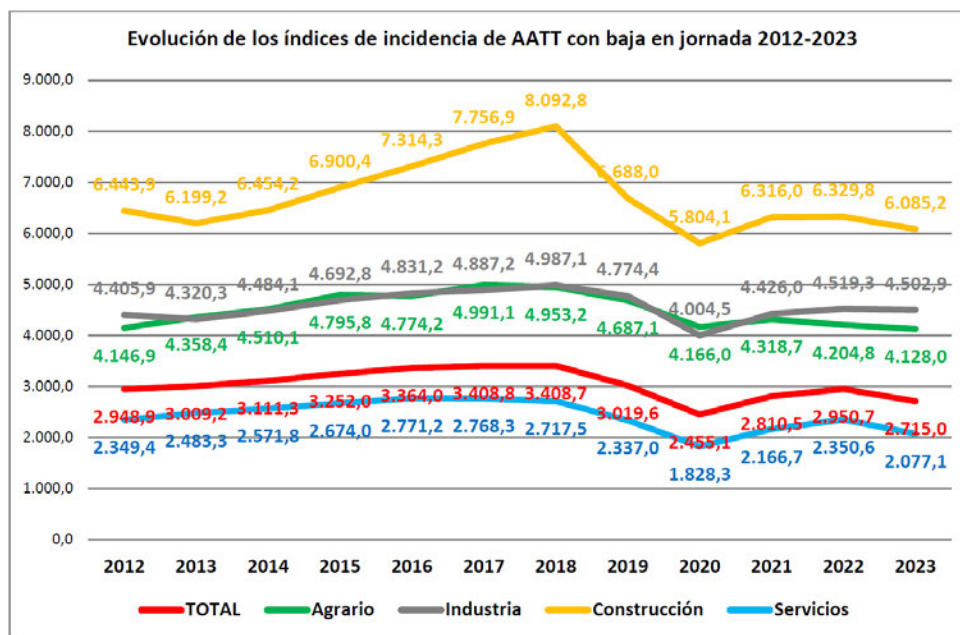


Figura 1. Evolución de los índices de incidencia de AATT con baja en jornada 2012-2023. (Confederación Sindical de CCOO, 2024).

Sin embargo, son pocos los estudios encontrados sobre la viabilidad de introducir estas nuevas tecnologías en el sector, salvo el informe sobre “El impacto de la Inteligencia Artificial en el sector de la Construcción” (PTEC, 2024) y el informe de Deloitte sobre el “Estado de la adopción digital en la Industria de la construcción en Asia Pacífico” (Autodesk, 2024) ambos del mismo año. En los dos casos, además, no se especifica la viabilidad de utilizar estas herramientas en el ámbito de la Prevención de Riesgos Laborales (PRL).

2. OBJETIVOS

Por todo ello, se plantea el desarrollo de un proyecto (Rio Merino, et al., (2025) cuyo objetivo es determinar la viabilidad de la utilización de estas herramientas, en el ámbito de la PRL, en la actualidad y a corto plazo.

Como objetivos específicos:

- Analizar las herramientas tecnológicas y digitales aplicadas a la PRL del sector, que se comercializan en España, así como conocer su posible aplicación, a corto plazo, en las empresas del sector.
- Analizar los riesgos más recurrentes en el sector de la Edificación en España, a través de la documentación oficial publicada.
- Seleccionar, considerando los resultados anteriores, las herramientas más adecuadas y viables para utilizar en obras de edificación, reducir los riesgos más recurrentes y mejorar la PRL.

3. METODOLOGÍA

El proyecto se desarrolló en 4 etapas:

En la primera etapa, se analizó, a través de una pormenorizada búsqueda bibliográfica y a través de la documentación oficial publicada, las herramientas tecnológicas y digitales aplicadas a la PRL del sector, que se comercializan en España y los riesgos más recurrentes en el sector.

Se realizó una búsqueda con palabras clave como: prevención, PRL, seguridad laboral, edificación, IA, RV, etc, en español e inglés, a través de bases de datos académicas como: Google Scholar; Scopus; Web of Science; Dialnet, researchGate y base de datos sobre tesis (Teseo). Además, se buscaron artículos en revistas especializadas en construcción, tecnología e IA, como Automation in Construction o Journal of Construction Engineering and Management; AI & Society o IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems.

Por último, se encontró documentación sobre el tema en las instituciones relacionadas con la construcción y la seguridad laboral como: Ministerio de Trabajo y Economía Social de España; Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST); Agencia Española de Protección de la Salud en el Trabajo; Fundación Laboral de la Construcción y empresas tecnológicas que desarrollan soluciones de IA, como Everis, Accenture, o IBM, Congreso Internacional sobre la Innovación en la Construcción, así como en los libros de actas de Jornadas sobre Innovación Tecnológica en la Construcción.

En una segunda etapa, se realizó en primer lugar, una encuesta a los profesionales del sector, para analizar la situación en España sobre la utilización de las herramientas digitales aplicadas a la PRL.

Se analizó la situación actual del uso y la viabilidad a corto plazo de las herramientas digitales para la Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) mediante una encuesta dirigida a profesionales de la construcción en España. Para ello, se empleó una estrategia de muestreo intencional para reclutar participantes con experiencia relevante en seguridad en la construcción, garantizando la inclusión de diversos roles (p. ej., jefes de obra, coordinadores de seguridad, ingenieros, arquitectos, contratistas y promotores).

La muestra final estuvo compuesta por 97 profesionales. El tamaño de la muestra se justificó mediante la fórmula de Cochran para poblaciones finitas, considerando un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 10%, adecuado para estudios exploratorios en poblaciones grandes.

Criterios de inclusión: Los participantes debían tener al menos tres años de experiencia en el sector de la construcción en España y participación directa en la gestión de la SST o en la toma de decisiones relacionadas.

El cuestionario se diseñó con base en la revisión bibliográfica y se perfeccionó con la aportación de expertos. Abarcó las percepciones sobre la utilidad de las herramientas digitales, las barreras para su adopción, las necesidades de formación y las prácticas actuales. Validación: El instrumento se validó mediante una revisión de expertos y una prueba piloto con un subgrupo de profesionales. La fiabilidad se evaluó mediante el alfa de Cronbach ($\alpha=0,82$), lo que indica una alta consistencia interna. Recopilación de datos: La encuesta se distribuyó electrónicamente, mediante la plataforma "Forms" de Microsoft 365 y la participación fue voluntaria y anónima. Para el análisis estadístico, se utilizaron estadísticas descriptivas, análisis de varianza y pruebas t para muestras independientes para analizar los datos. Las pruebas t evaluaron si las percepciones diferían significativamente según el género, la edad o el rol profesional. La hipótesis nula en cada caso fue que no existían diferencias significativas entre los grupos. El umbral de significación se estableció en $\alpha=0,05$. Todos los análisis se realizaron con el programa SPSS v.28.

En la tercera etapa se analizó la documentación oficial y las estadísticas de accidentes publicadas por el Ministerio de Trabajo y Economía Social y otros organismos pertinentes para identificar los riesgos y las causas de accidentes más recurrentes en el sector de la construcción español. Las causas se agruparon según taxonomías establecidas para facilitar la interpretación y priorización.

Posteriormente, en la cuarta etapa, a través del Método Delphi, se seleccionaron, a través del consenso, las herramientas digitales más adecuadas. El Método Delphi. (Jiménez-Pulido et al., 2022), es un método muy utilizado en la bibliografía y consiste en organizar a un grupo de expertos (lo ideal es entre 5-10 personas) para llegar a un consenso. En este caso concreto, se seleccionaron 7 profesionales de empresas constructoras, mutuas de seguros, asociaciones profesionales, consultoras, oficinas técnicas y proveedores de tecnología, con un mínimo de cinco años de experiencia relevante y reconocida experiencia en Seguridad y Salud en el Trabajo o innovación en la construcción. Esto garantizó un análisis profesional desde diferentes perspectivas, lo que enriqueció el intercambio y fomentó el interés en participar. Los expertos fueron:

- Responsable del Departamento de Seguridad, Salud, Calidad y Medio Ambiente del Consejo Territorial de Madrid de la FUNDACIÓN LABORAL DE LA CONSTRUCCIÓN. Entidad líder en el sector de la construcción con representación paritaria de organizaciones empresariales y sindicales.
- Coordinador Territorial de Prevención de ASEPEYO. Mutua de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Laborales.
- Director de la Oficina Técnica del Consejo General de la Arquitectura Técnica de España (CGATE). Órgano representativo de la profesión y coordinador de su organización profesional a nivel nacional e internacional.

- CEO de MARTIN BRAINON. Consultor/a empresarial nacional e internacional centrado/a en el talento, la mitigación de riesgos y el fortalecimiento de la cultura empresarial mediante el desarrollo de soluciones tecnológicas únicas a nivel global.
- Jefe del Servicio de Control de Condiciones de Trabajo del IRSST, Instituto Regional de Seguridad y Salud Laboral de Madrid.
- Director general de GA GROUP, líder internacional en la creación de herramientas de formación y sensibilización en seguridad y salud en el trabajo (SST) utilizando las últimas tecnologías.
- Experto en PLS ET&A de HILTI, líder mundial en el diseño y producción de tecnología, software y servicios para el sector profesional de la construcción.

El método Delphi se llevó a cabo en tres rondas. En cada ronda, los expertos revisaron y priorizaron las herramientas y barreras digitales identificadas en las etapas anteriores. Tras cada ronda, se proporcionó al panel retroalimentación anónima y resúmenes estadísticos y se estableció un umbral de consenso del 75 % para alcanzar un acuerdo sobre las herramientas y barreras más relevantes.

4. RESULTADOS

Los resultados de la búsqueda bibliográfica nos permiten concluir que hay, en la actualidad, en España, empresas que comercializan herramientas de Realidad Virtual, Realidad Aumentada y mixta para mejorar la formación de los trabajadores en PRL reduciendo el tiempo necesario para capacitar a los trabajadores, permitiéndoles comenzar a trabajar de manera segura más rápidamente, proporcionando formación personalizada y práctica (Akindele et al, 2024); (Moore; 2019).

También se comercializan exoesqueletos para reducir los sobreesfuerzos. Sin embargo, estos exoesqueletos, aunque generalmente vienen en varios tamaños (pequeño, mediano, grande), no siempre cubren la diversidad completa de morfologías. Algunos fabricantes están comenzando a ofrecer exoesqueletos personalizables que permiten ajustes precisos según las necesidades específicas del trabajador. Esto es especialmente importante cuando se piensa en la inclusión de trabajadores con diversidad funcional, ya que cada cuerpo tiene diferentes necesidades ergonómicas, pues si un exoesqueleto no está bien adaptado, puede generar incomodidades, dolor o incluso lesiones adicionales, lo que no solo afecta la salud del trabajador, sino que también puede incrementar los riesgos de accidentes laborales (Generalitat Valenciana, 2025).

Y otros dispositivos como drones, cascos, botas y chalecos inteligentes, así como otro tipo de equipamiento personal con sensores, para proporcionar información en tiempo real y que se puedan realizar inspecciones virtuales de los sitios de construcción, identificando problemas de seguridad sin necesidad de estar físicamente presentes. (Bodytrak, 2025) (Sandu, E, 2025).

Con respecto a los riesgos más recurrentes en el sector de la Edificación en España, se han obtenido, de la documentación pública consultada de las estadísticas de accidentes de trabajo publicadas por el Ministerio de Trabajo y Economía Social, basadas en los datos proporcionados en los partes de accidentes de trabajo a través del Sistema Delta y de las investigaciones de los accidentes mortales llevadas a cabo por los órganos Técnicos de las Comunidades Autónomas, las siguientes conclusiones (Ministerio de trabajo y Economía Social, 2023) (Observatorio Industrial de la Construcción, 2019) (Confederación Sindical de CCOO, 2024):

Durante los últimos 20 años, los datos oficiales muestran que las causas más frecuentes de los accidentes laborales en el sector de la construcción en España han estado relacionadas principalmente con la ausencia o deficiencia de protecciones colectivas frente a caídas, así como con la utilización de métodos de trabajo inadecuados o directamente inexistentes. Estas deficiencias estructurales han ido agravándose con el tiempo, lo que pone de manifiesto la necesidad de reforzar las medidas preventivas y la correcta planificación de las tareas en obra. A estos factores se suman otros elementos recurrentes como la falta de formación específica, el uso inadecuado de equipos y la insuficiente supervisión de los procesos, que continúan contribuyendo de manera significativa a la siniestralidad del sector. Este contexto refuerza la importancia de apostar por la innovación y la digitalización como herramientas clave para mejorar la gestión de la prevención de riesgos laborales en las obras de edificación, permitiendo anticipar los riesgos y optimizar la protección de los trabajadores.

Por otra parte, del análisis de los datos facilitados de los últimos 3 años, por el departamento de PRL de una empresa constructora de edificios residenciales en la Comunidad de Madrid, se puede concluir que la mayoría de las desviaciones detectadas en obra son, principalmente, por riesgos relacionados con medidas de protección colectiva, medios auxiliares, orden y limpieza y equipos de protección individual.

Con respecto, a la encuesta realizada para determinar la situación en España, sobre la utilización de las herramientas digitales aplicadas a la PRL, así como su posible aplicación a corto plazo en las empresas del sector, comentar que ha sido contestada por 97 profesionales del sector con experiencia significativa en seguridad y salud en obras de construcción.

Las respuestas obtenidas provienen de profesionales involucrados en el sector de la construcción principalmente Arquitectos y Arquitectos Técnicos (50%) y contratistas (17%). De las respuestas obtenidas a las 23 preguntas se obtuvieron las siguientes conclusiones:

En primer lugar, los encuestados identificaron las caídas en altura (40%), el uso inadecuado o falta de control sobre maquinaria (30%) y la falta de concienciación sobre los peligros (25%) como los principales riesgos a abordar con herramientas digitales (Figura 2).

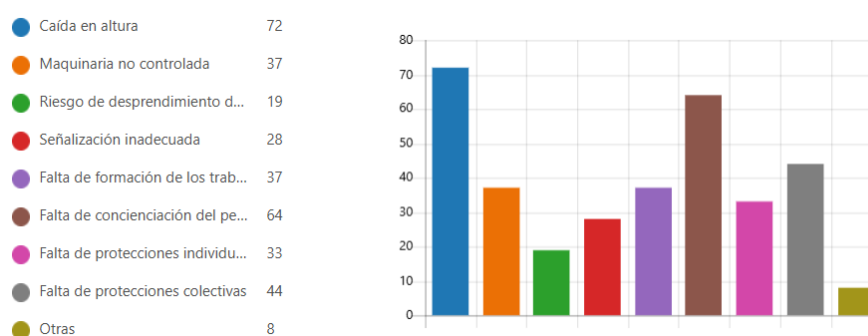


Figura 2. Principales riesgos donde se podrían implementar tecnologías digitales para mejorar la PRL.

Prácticamente todos los encuestados están de acuerdo o muy de acuerdo en incorporar estas tecnologías en el ámbito de la seguridad, al igual que se recogía en el informe de Deloitte (Autodesk, 2024). Además, un 25 % de los encuestados indicaron que sus empresas tienen estrategias basadas en la implementación de tecnología. Sin embargo, un 54 % indicaron que no cuentan con estrategias digitales.

El 90% de los encuestados, refiere que la simulación de accidentes mediante realidad mixta contribuye a la concienciación de los trabajadores y al análisis de las causas, y un 81.3% consideran que la realidad virtual mejora la formación y la hace más inclusiva.

Por otra parte, y al igual que en el informe de Deloitte (Autodesk, 2024) se perciben ventajas al aplicar las herramientas como: la agilidad en la gestión documental, la mejora de la comunicación entre agentes involucrados y la inmediatez en la gestión de tareas.

También se ha constatado que existen barreras importantes para integrar estas tecnologías como la falta de habilidades y formación digital de los trabajadores (35%), el presupuesto insuficiente (30%) y los altos costes de las herramientas (25%).

Por último, destacan como tecnologías con mayor potencial para mitigar estos riesgos: Trabajar en un entorno colaborativo como Building Information Modeling (BIM); La Realidad Virtual, Aumentada y Mixta, votadas por un 45% de los encuestados por su capacidad para simular escenarios reales, y la utilización de drones (30%) para la supervisión y monitoreo en tiempo real de las obras.

En cuanto a los resultados obtenidos tras la aplicación del Método Delphi, los expertos concluyen que:

- La metodología BIM reduce la improvisación en obra, mejora la comunicación de riesgos y ayuda a prevenir accidentes desde la fase de diseño.
- La monitorización y la exportación de datos son herramientas esenciales para la prevención de accidentes.
- Los sensores y dispositivos de monitorización permiten la supervisión en tiempo real y ayudan a reducir los accidentes por negligencia y errores humanos.

- Los sistemas de control de acceso a zonas de riesgo impiden que los trabajadores accedan a zonas peligrosas sin autorización ni protección adecuada.
- Los exoesqueletos y dispositivos ergonómicos ayudan a minimizar el riesgo de sobreesfuerzo y lesiones musculoesqueléticas.
- La inteligencia artificial optimiza la gestión documental y la predicción de accidentes.
- La realidad virtual y aumentada son especialmente útiles en la investigación de accidentes y en la concienciación de los trabajadores sobre los riesgos sin causar lesiones reales. Estas tecnologías permiten una formación más interactiva y eficaz, mejorando la capacidad de los trabajadores para identificar y evitar riesgos. En este contexto, los expertos coinciden en que los principales riesgos que deben abordarse con las herramientas digitales son las caídas, el uso inadecuado o la falta de control de la maquinaria, y la falta de concienciación sobre los peligros. A esto se suman el sobreesfuerzo y los trastornos musculoesqueléticos, identificados como un problema subestimado, pero con un impacto significativo en los accidentes.

Sin embargo, los expertos señalan que la implementación efectiva de estas tecnologías requiere superar desafíos clave como:

- Falta de competencias digitales y resistencia al cambio: los trabajadores y los responsables de obra necesitan formación específica para comprender y aprovechar estas herramientas.
- Brecha digital entre grandes y pequeñas empresas: si bien las grandes corporaciones lideran la transformación, las PYMES tienen dificultades para acceder a estas soluciones.
- Normativa obsoleta: la normativa actual no está diseñada para integrar las tecnologías emergentes, lo que ralentiza su adopción.
- Coste y rentabilidad de la inversión: las empresas, especialmente las PYMES, no perciben de inmediato los beneficios económicos de la digitalización en la PRL, lo que limita su inversión en estas herramientas. En el sector, la seguridad no siempre se considera una prioridad, debido en gran medida a una cultura laboral tradicional y a la falsa sensación de seguridad que puede llevar a la falta de precaución en el trabajo diario. Todo esto hace necesario enfatizar la importancia de la percepción del riesgo y aumentar la concienciación de los trabajadores sobre los peligros a los que se enfrentan. De hecho, la tecnología se considera una herramienta poderosa para cambiar la percepción del riesgo.

Por todo ello, se recomienda a las empresas de construcción, la implementación de un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo, respaldado por estrategias que consideren las herramientas digitales que se comercializan en la actualidad y que sean de fácil utilización y coste no muy elevado, como:

- La formación de los trabajadores mediante Realidad Mixta, simulando escenarios dónde frecuentemente ocurren accidentes.
- La utilización de exoesqueletos, ajustados a la diversidad de los trabajadores, para realizar las tareas más duras.
- La aplicación de sensores de movimiento en zonas de potencial caídas, para evitarlas.

5. CONCLUSIONES

El sector de la construcción representa aproximadamente el 13% del PIB mundial; en España, representa más del 5% del PIB. Sin embargo, su peso en la economía contrasta con su bajo nivel de digitalización e innovación, lo que afecta gravemente a su productividad y crecimiento. En este sentido, muchos investigadores creen que la aplicación de herramientas digitales permitiría avanzar en la mejora de la productividad y la sostenibilidad del sector.

El sector de la construcción presenta una alta siniestralidad y una tasa de accidentes laborales que suelen estar asociados a problemas en la organización del trabajo, la gestión de la prevención y la falta de formación y concienciación de los trabajadores, lo que resulta en el incumplimiento de los procedimientos e instrucciones.

En este sentido, los resultados de la encuesta realizada a profesionales del sector han sido consensuados por el grupo de expertos, que concluye que aplicaciones como los drones y los sensores de los equipos personales de los trabajadores pueden mejorar la labor de los coordinadores y responsables de seguridad para evitar que se descuiden las medidas preventivas necesarias, y que las aplicaciones de RV, RA y RM

pueden ayudar a mejorar la formación y la concienciación de los trabajadores de los riesgos inherentes a las tareas que deben realizar.

Sin embargo, los profesionales también indican la necesidad de mejorar la formación en estas herramientas, como instrumento para conseguir concienciar a los trabajadores y responsables de las obras de la importancia de la PRL; así como de la necesidad de involucrar a todos los actores clave, desde promotores hasta subcontratas, en la adopción de estas herramientas digitales, generando un verdadero ecosistema digital, para garantizar la implementación efectiva de estas tecnologías.

Finalmente, la implementación de un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo, respaldado por la monitorización y la mejora continua con aplicaciones digitales, debería ser imperativo para alcanzar el reto de Cero Accidentes en todas las empresas del sector.

Se puede concluir, por tanto, que hay una tendencia positiva hacia la adopción de herramientas digitales en la gestión de la PRL en España y que los profesionales perciben beneficios en la mejora de la PRL al aplicar estas herramientas, a pesar de las barreras que sin duda existen, en un sector tan tradicional como el de la construcción en España.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akindele, N., & otros. (2024). A state-of-the-art analysis of virtual reality applications in construction health and safety. *Results in Engineering*, 23, 102382. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102382>
- Autodesk, & Deloitte. (2024). *Estado de la adopción digital en la industria de la construcción en Asia Pacífico*.
- Baduge, S. K., Zhou, Z., Perera, S., Siriwardena, M., Alsharif, F., & Li, H. (2022). Artificial intelligence and smart vision for building and construction 4.0: Machine and deep learning methods and applications. *Automation in Construction*, 141, 104418. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104440>
- Bodytrak. (2024). Sistemas wearables de control de la fatiga. <https://bodytrak.co/es/sistemas-wearables-de-control-de-la-fatiga/>
- CEOE (Confederación Española de Organizaciones Empresariales). (2024). *Plan Digital 2025: La digitalización de la sociedad española*. https://www.ceoe.es/sites/ceoe-corporativo/files/content/file/2020/03/29/38/plan_digital_2025.pdf
- Concha Arcas. (2024). Plataforma Transversal: compatibilizar el avance de las tecnologías y la Administración Pública. Comunicación presentada al III Congreso Ciudades Inteligentes. <https://www.esmartcity.es/comunicaciones/comunicacion-plataforma-transversal-compatibilizar-avance-tecnologias-administracion-publica>
- Confederación Sindical de CCOO. (2024, abril). Análisis de las estadísticas de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales en España en 2023. <https://www.ccoo.es/33fd8e17afff93e3f0cc94a395b07b7000001.pdf>
- DigiPLACE. (2025). Digital Platform for Construction in Europe. <https://www.digiplaceproject.eu/>
- Espino Timón, C. (2017). Análisis predictivo: técnicas y modelos utilizados y aplicaciones del mismo-herramientas Open Source que permiten su uso [Trabajo de Fin de Grado, Universitat Oberta de Catalunya]. <https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/59565/6/caresptimTFG0117mem%C3%B2ria.pdf>
- Generalitat Valenciana. Prevención y retos 4.0. Exoesqueletos en prevención de riesgos laborales. Available online: <https://www.femeval.es/dam/jcr:57e9814c-7825-4db7-b4d9-1b3ba12ce75d/GUIA-EXOESQUELETOS.pdf> (accessed on 12 May 2025).
- Jiménez-Pulido, C., & otros. (2022). Caracterización de fachadas: clasificación de las tipologías constructivas más habituales en España. *Informes de la Construcción*, 74(568), e471. <https://doi.org/10.3989/ic.88694>
- Manzoor, B.; et al. Influence of Artificial Intelligence in Civil Engineering toward Sustainable Development-A Systematic Literature Review. *Applied System Innovation* 2021, 4, 52. <https://doi.org/10.3390/asi4030052>
- Merino, M. (2023, 20 de enero). La UBU transforma la Seguridad Laboral: Virtual Risk Prevention entra en acción. *El Correo de Burgos*. <https://www.elcorreodeburgos.com/innovadores/231212/189038/ubu-transforma-seguridad-laboral-virtual-risk-prevention-entra-accion.html>

- Merino, et al (2025). Feasibility of Using New Technologies and Artificial Intelligence in Preventive Measures in Building Works. *Buildings*. 15 (12): 2132- - 2025-06-19 15(12), DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings15122132>
- Ministerio de Trabajo y Economía Social. (2023, marzo). Guía de cumplimentación del parte de accidente de trabajo (PAT). <https://delta.mites.gob.es/Delta2Web/info/pdfs/Guia-cumplimentacion-PAT-Delta.pdf>
- Moore, H. F., & Gheisari, M. (2019). A review of virtual and mixed reality applications in construction safety literature. *Safety Now*, 5(3), 51. <https://doi.org/10.3390/safety5030051>
- Observatorio Industrial de la Construcción, Fundación Laboral de la Construcción. Informe 2017 Accidentalidad en el Sector de la Construcción. Enero 2019. Available online: <https://www.observatoriodelaconstruccion.com/uploads/media/zxDYtATYsx.pdf> (accessed on 12 May 2025).
- OCDE. (2024). Informe sobre productividad 2024. <https://www.lamoncloa.gob.es/serviciosdeprensa/notasprensa/trabajo14/Documents/2024/050624-informe-productividad-ocde.pdf.pdf>
- PTEC (Plataforma Tecnológica Española de Construcción). (2024). Informe sobre el impacto de la Inteligencia Artificial en el sector de la Construcción. <https://movicarga.com/se-publica-el-informe-el-impacto-de-la-inteligencia-artificial-ia-en-el-sector-de-la-construccion/>
- Sandu, E. Cómo la IA y los wearables revolucionan la seguridad y la eficiencia. Available online: <https://metaverso.pro/blog/como-la-ia-y-los-wearables-revolucionan-la-seguridad-y-la-eficiencia/> (accessed on 12 May 2025).
- Santamaría, S. (2017, octubre). La realidad del mundo virtual. *Business & Technology*, 39 (Marketing). <https://www.harvard-deusto.com/la-realidad-del-mundo-virtual>
- UPV-EHU (Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea). (2017). Estrategia para la construcción inteligente y sostenible. En *Proceedings of the 8th European Conference on Energy Efficiency and Sustainability in Architecture and Planning* (pp. 5–7). <https://web-argitalpena.adm.ehu.es/pdf/UCPDF176683.pdf>