

# Riesgos laborales y medidas preventivas en trabajos de altura en la construcción de estructuras metálicas: una revisión bibliográfica.


## *Occupational Risks and Preventive Measures in Work at Height During the Construction of Metal Structures: A Literature Review.*

García-Castro, Alejandro Sigifredo<sup>1</sup>; Guerrero-Calero, Juan Manuel<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Universidad Estatal del Sur de Manabí, Maestría en Seguridad, Salud y Ambiente; Ecuador, Jipijapa; <https://orcid.org/0009-0001-4354-672X>; [garcia-alejandro2037@unesum.edu.ec](mailto:garcia-alejandro2037@unesum.edu.ec)

<sup>2</sup> Universidad Estatal del Sur de Manabí, Maestría en Seguridad, Salud y Ambiente; Ecuador, Jipijapa; <https://orcid.org/0000-0002-1356-0475>; [juan.guerrero@unesum.edu.ec](mailto:juan.guerrero@unesum.edu.ec)

<sup>1</sup> Autor Correspondencia

 <https://doi.org/10.63618/omd/isj/v4/n2/256>

**Cita:** García-Castro, A. S., & Guerrero-Calero, J. M. (2026). Riesgos laborales y medidas preventivas en trabajos de altura en la construcción de estructuras metálicas: una revisión bibliográfica. *Innova Science Journal*, 4(2), 79-95. <https://doi.org/10.63618/omd/isj/v4/n2/256>

**Recibido:** 25/12/2025

**Aceptado:** 27/02/2026

**Publicado:** 30/04/2026



**Copyright:** © 2026 por los autores. Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la **Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional. (CC BY-NC)**.

[\(https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

**Resumen:** La construcción de estructuras metálicas concentra trabajos en altura con alta severidad potencial, por lo que esta revisión tuvo como propósito sintetizar los riesgos predominantes y las medidas preventivas más consistentes reportadas recientemente. Se aplicó una revisión bibliográfica bajo PRISMA 2020, con criterios de inclusión definidos y depuración sistemática hasta conformar un corpus final de 16 estudios publicados entre 2021 y 2025. Los hallazgos mostraron que las caídas a distinto nivel dominaron el perfil de riesgo, seguidas por caída de objetos, golpes y atrapamientos por cargas en izaje y posicionamiento, contactos eléctricos, fallas de protecciones temporales, condiciones meteorológicas adversas y factores ergonómicos y fatiga. La prevención se organizó por jerarquía de control, destacando la consistencia de protecciones colectivas de borde y sistemas anticaídas, sostenidos por permisos de trabajo, ATS/JSA, inspecciones, supervisión, orden y limpieza, señalización y monitoreo proactivo. Se concluyó que la reducción del riesgo depende de controles compatibles con la tarea, verificables en obra y respaldados por capacitación y mantenimiento.

**Palabras clave:** trabajo en altura; estructuras metálicas; caídas; jerarquía de controles; prevención de riesgos laborales.

**Abstract:** Work at height in steel structure construction entails high-severity hazards, so this review aimed to synthesize the predominant risks and the most consistently reported preventive measures. A PRISMA 2020-guided bibliographic review was conducted with predefined inclusion and screening criteria, yielding a final corpus of 16 studies published between 2021 and 2025. Findings showed that falls to lower levels were the dominant risk, followed by falling objects, struck-by and caught-between events from lifting and positioning operations, electrical contact, temporary protection failures, adverse weather conditions, and ergonomic stressors and fatigue. Prevention was organized by the hierarchy of controls, with the most consistent measures being collective edge protection and personal fall-arrest systems, supported by work permits, JSA/ATS, inspections, supervision, housekeeping, signage, and proactive monitoring. The review concludes that meaningful risk reduction relies on task-compatible, field-verifiable controls reinforced by training and maintenance.

**Keywords:** work at height; steel structures; falls; hierarchy of controls; occupational risk prevention.

## 1. Introducción

La construcción sigue siendo, en términos humanos y productivos, uno de los entornos laborales más exigentes combina plazos ajustados, cambios constantes en el frente de trabajo y múltiples oficios operando de forma simultánea. En ese escenario, las caídas desde altura se mantienen como un evento crítico porque suelen traducirse en lesiones graves o fatales, con impacto directo en la vida de la persona trabajadora, su familia y la continuidad del proyecto. La literatura reciente confirma que comprender qué variables se asocian a la severidad de estos eventos (tarea, condiciones del entorno, organización del trabajo y características del accidente) es clave para orientar medidas preventivas más efectivas y no meramente reactivas (Rey-Merchán et al., 2021). En paralelo, revisiones amplias en seguridad en construcción insisten en que las caídas coexisten con otros peligros (golpes, atrapamientos, fallas de planificación), pero destacan por su alta letalidad y por la posibilidad real de prevenirse con controles bien diseñados y sostenidos (Almaskati et al., 2024).

En el nivel operativo, “trabajo en altura” no es un concepto abstracto: incluye circulación por vigas y losas, conexiones temporales, uso de escaleras y plataformas, maniobras con elevadores, montaje de bordes sin protección y presencia de aberturas (Pabón-Trujillo y Carrillo-Ordúz, 2023). Por ello, la prevención depende de reconocer el riesgo en tiempo real y de sostener decisiones seguras aun cuando el ritmo de obra presione en sentido contrario. En esta línea, la evidencia muestra un crecimiento de soluciones que buscan anticipar y reducir el riesgo mediante monitoreo y alerta (sensores, wearables, analítica de datos), con el objetivo de intervenir antes de que el error o la exposición se materialicen como caída (Pereira et al., 2024). A la vez, se proponen sistemas inteligentes (IoT + lógica difusa, entre otros) que apoyan la detección de condiciones de peligro y orientan acciones preventivas en el sitio, reforzando la idea de que la seguridad en altura se beneficia cuando el control se integra al proceso y no se deja solo a la “memoria” del trabajador (Visconti et al., 2024).

Cuando el foco se estrecha hacia la construcción de estructuras metálicas, el problema se vuelve más específico: el montaje y la conexión de elementos de acero se realizan con geometrías abiertas, apoyos temporales, cambios rápidos en el “camino de trabajo” y zonas donde instalar barandas o redes puede ser técnicamente difícil o tardío (Caicedo-Chiriboga, 2023). Esto explica por qué la literatura sobre selección de sistemas de protección insiste en que, en tareas como el steel erection, el arnés con línea de vida y los sistemas personales anticaídas suelen convertirse en el control principal durante la ejecución, siempre que existan anclajes adecuados, compatibilidad con la tarea y supervisión competente (Jin y Goodrum, 2021a). Además, los estudios sobre estructuras metálicas también advierten que productividad y riesgo pueden moverse juntos si no se gestionan con criterios preventivos desde la planificación, porque la presión por avanzar puede empujar a asumir exposiciones en altura sin controles completos (Petroutsatou y Kantilierakis, 2023).

Sin embargo, la seguridad real en altura no se explica solo por equipos: también se construye (o se debilita) por factores humanos y organizacionales como percepción del riesgo, normalización de prácticas inseguras, barreras para usar controles y confianza en que “no pasará nada”. En 2025, un estudio abierto que analiza redes psicológicas en trabajadores de construcción muestra cómo la percepción de riesgo y las barreras

reportadas se conectan con el comportamiento seguro en altura, lo que refuerza la necesidad de intervenciones que aborden motivaciones, obstáculos cotidianos y cultura de seguridad, no únicamente cumplimiento documental (Jansen et al., 2025). Complementariamente, la evidencia en gestión de seguridad basada en conocimiento (knowledge-driven) destaca que capturar lecciones aprendidas, estandarizar decisiones críticas y automatizar apoyo a la gestión permite reducir variabilidad peligrosa y cerrar brechas entre “procedimiento” y “práctica real” en obra (Pandithawatta et al., 2024).

Desde la prevención, el consenso técnico se ordena alrededor de la jerarquía de controles como lo son eliminar o reducir el trabajo expuesto, diseñar protecciones colectivas cuando sea viable y, cuando la naturaleza del montaje metálico lo exija, asegurar sistemas personales anticaídas correctamente seleccionados, instalados e inspeccionados (Vaca-Jiménez, 2025). El enfoque multicriterio para elegir sistemas de protección propone precisamente ponderar criterios de eficacia, compatibilidad con la tarea, facilidad de instalación y afectación de productividad para evitar decisiones “por costumbre” que terminan siendo ineficientes o incumplibles en campo (Bejarano-Roldán, 2024). En términos de mitigación amplia, revisiones recientes subrayan que las medidas funcionan mejor cuando se combinan: planificación segura, control de bordes/aberturas, orden y limpieza, accesos seguros, supervisión y entrenamiento, además de tecnologías de soporte cuando aportan valor operacional (Maestre-Cuadros et al., 2023).

En los últimos años se consolida, además, una capa emergente de prevención basada en tecnología y aprendizaje: capacitación inmersiva, monitoreo digital y sistemas integrados de gestión. La realidad virtual se evalúa como alternativa o complemento para entrenar trabajo en altura, con hallazgos que señalan potencial para mejorar aprendizaje y conciencia situacional, aunque con desafíos de usabilidad, adaptación y tiempo de familiarización según perfil del trabajador (Al-Khiami y Jaeger, 2023). En paralelo, se revisan tecnologías de monitoreo y su capacidad para alertar condiciones riesgosas en tiempo real (Pereira et al., 2024) y, más recientemente, su integración con enfoques BIM para fortalecer la vigilancia preventiva y la coordinación de seguridad (Pereira et al., 2025). Para estructuras metálicas, estudios específicos de análisis de riesgos en el proceso de montaje de acero, como aplicaciones basadas en FRAM, muestran cómo la variabilidad de funciones y acoplamientos operativos puede generar escenarios de falla si no se controlan sistemáticamente

En este contexto, la revisión bibliográfica propuesta se justifica porque la evidencia relevante está dispersa entre estudios de causalidad de caídas, selección de sistemas de protección, tecnologías de monitoreo, entrenamiento y análisis organizacional, y no siempre aterriza en las particularidades del trabajo en altura durante el montaje de estructuras metálicas. Por ello, este artículo tiene como objetivo principal sintetizar críticamente los riesgos laborales predominantes y las medidas preventivas reportadas para trabajos en altura en la construcción de estructuras metálicas, organizando el campo desde palabras clave macro–micro (seguridad y salud ocupacional; construcción; trabajo en altura; caídas de altura; montaje/erección de acero; protección contra caídas; capacitación; monitoreo; gestión de seguridad) y proponiendo como hipótesis de trabajo que la prevención más efectiva emerge de una estrategia multinivel que prioriza controles de ingeniería y organización, apoyada por tecnologías y formación, y no del uso aislado de EPP.

## 2. Materiales y Métodos

Se realizó una revisión bibliográfica con enfoque de revisión sistemática, el estudio se reportó siguiendo PRISMA 2020 para garantizar transparencia y reproducibilidad en la identificación, selección y síntesis de la evidencia sobre riesgos laborales y medidas preventivas en trabajos de altura durante la construcción/montaje de estructuras metálicas (Page et al., 2021). El protocolo metodológico se definió a priori (pregunta, criterios, variables, estrategia de síntesis) dejando disponible como material suplementario junto con las plantillas de extracción y las decisiones de elegibilidad, asumiendo que la reproducibilidad no es un ideal abstracto, sino una forma concreta de respeto a quienes trabajan en condiciones de riesgo y a quienes toman decisiones de seguridad en obra (Sarkis-Onofre et al., 2021).

La búsqueda se ejecutó en bases de datos y repositorios seleccionados por su cobertura en el marco de la construcción, seguridad y salud ocupacional en bases de datos como Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, PubMed y Google Scholar, complementándose con búsqueda manual (snowballing) en referencias de artículos clave. Para asegurar trazabilidad de la estrategia, el reporte del componente de búsqueda se alineó con PRISMA-S, documentando cadenas booleanas en español e inglés y sus equivalentes por base de datos, combinando descriptores y sinónimos como: work at height / working at height / fall protection / falls from height con steel erection / structural steel / metal structures y occupational risk / safety management / preventive measures, además de términos en español como trabajo en altura, protección contra caídas, estructuras metálicas, montaje de acero, riesgos laborales y prevención; estandarización que permitió que la búsqueda fuera replicable y auditable por terceros (Rethlefsen et al., 2021).

Los registros recuperados se gestionaron en un gestor bibliográfico, se eliminaron duplicados y se aplicó un proceso de selección en dos etapas: (1) cribado por título/resumen y (2) lectura a texto completo, registrando motivos de exclusión y consignándolos en el diagrama PRISMA 2020. La extracción de datos se realizó con una matriz estandarizada (autor/año, país, tipo de estudio, actividad en altura, peligro/riesgo reportado, factores contribuyentes, medidas preventivas y resultados/indicadores cuando existieron).

La evaluación de calidad/riesgo de sesgo se efectuó con herramientas coherentes con el diseño de cada estudio y con recomendaciones metodológicas contemporáneas sobre apreciación crítica, priorizando consistencia, trazabilidad de juicios y utilidad para la interpretación de resultados; al tratarse de una revisión de literatura pública, no se requirió consentimiento informado ni aprobación de comité de ética, aunque se observaron principios de integridad científica, citación responsable y transparencia en la disponibilidad de materiales (De Cassai et al., 2023; Shaheen et al., 2023).

## 3. Resultados

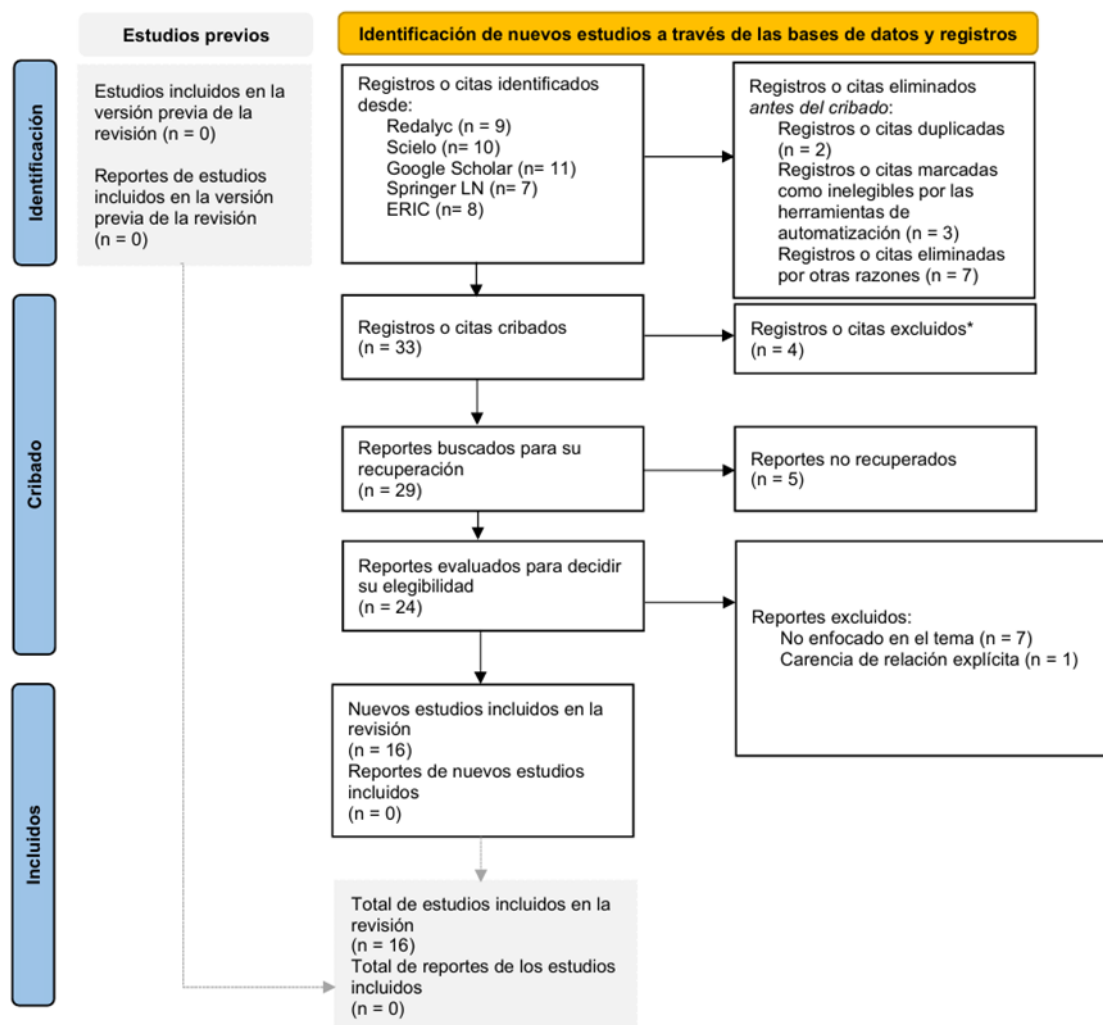
### 3.1. Selección de estudios y características generales de la evidencia incluida (PRISMA 2020)

Durante la identificación y depuración de la evidencia se siguieron las directrices PRISMA 2020; junto al flujo de selección se documentó de forma transparente como se muestra en la Figura 1, identificándose 45 registros a través de Redalyc (n = 9), SciELO

(n = 10), Google Scholar (n = 11), Springer LN (n = 7) y ERIC (n = 8); antes del cribado se eliminaron 12 registros por duplicidad (n = 2), por inelegibilidad marcada por herramientas de automatización (n = 3) y por otras razones (n = 7), quedando 33 registros para cribado. Posteriormente, se excluyeron 4 registros en la fase de cribado y se buscaron 29 reportes para recuperación, de los cuales 5 no fueron recuperados; finalmente, se evaluaron 24 reportes a texto completo y se excluyeron 8 por no enfocarse en el tema (n = 7) o por carecer de relación explícita con el problema de investigación (n = 1), culminando con 16 estudios incluidos en la síntesis.

Figura 1

Flujo PRIMA 2020 de la revisión



**Nota:** Elaborado por los autores

La evidencia incluida presentó un perfil heterogéneo, con publicaciones concentradas en 2025 (n = 7), seguidas por 2021 (n = 4), 2023 (n = 3) y 2024 (n = 2), y procedencia mayoritaria de América Latina (Chile, Colombia, Ecuador, México, Panamá y Brasil), con aportes de Europa y Asia (España, Finlandia, Países Bajos, Turquía, Irán e Indonesia) y algunos estudios sin localización explícita en el reporte. Predominaron los artículos originales, con diseños que abarcaron estudios cuantitativos transversales, análisis observacionales retrospectivos, aproximaciones cualitativas y mixtas, además de

modelación/simulación y desarrollos tecnológicos aplicados a la seguridad (p. ej., redes psicológicas sobre conductas seguras en altura, modelación de estrategias preventivas y vigilancia automatizada), mientras que los escenarios abarcaron desde obras de construcción con énfasis en caídas desde altura y controles como protecciones de borde y arnés (Jansen et al., 2025; Valderrama-Ulloa et al., 2023), hasta contextos específicos de montaje de estructuras metálicas (Franco Enríquez et al., 2024) y enfoques de gestión proactiva mediante BIM o drones/IA para monitoreo del cumplimiento preventivo (Dadashi Haji et al., 2023; Sujit et al., 2025).

En esa línea, las variables más reportadas se organizaron alrededor del riesgo de caída, barreras y percepción de riesgo, desempeño/estrategias preventivas, cumplimiento de medidas (PPE/PFAS), condiciones organizacionales (supervisión, cultura preventiva, capacitación) y factores de organización del trabajo, y esta síntesis comparativa se estructuró como se observa en la Tabla 1.

**Tabla 1**

**Caracterización general de los 16 estudios incluidos**

ESTUDIO	PAÍS/REGIÓN	DISEÑO METODOLÓGICO	ESCENARIO/ACTIVIDAD	MEDIDAS PREVENTIVAS/CONTROLES
(Saavedra-Robinson et al., 2025)	Colombia (caso en Cali, Colombia)	Estudio de modelización: modelo basado en agentes (ABM) calibrado con datos reales y simulación computacional para evaluar estrategias preventivas	Construcción de edificio residencial (proyecto de apartamentos); etapa "estructura"	Iniciativa social entre trabajadores; supervisores SST; drones para monitoreo; charlas de seguridad periódicas
(Jin y Goodrum, 2021b)	S/I (el caso no declara ubicación geográfica)	Estudio de toma de decisiones multicriterio con AHP para optimización de planificación de protección contra caídas	Construcción; planificación de seguridad para trabajo en altura	Selección/planificación de sistemas de protección contra caídas (barandas/guardrails, redes, arnés, etc.) con soporte AHP
(Rey-Merchán et al., 2021)	España	Estudio cuantitativo observacional retrospectivo (análisis de registros de accidentes)	Construcción y otros sectores según NACE; análisis de caídas desde altura	Estrategias generales de mitigación asociadas a prevención de caídas (enfoque epidemiológico/organizacional)
(Lehikko y Ruokamo, 2025)	Finlandia (contexto del sistema educativo y formación profesional)	Revisión y mapeo de literatura con foco en realidad extendida y seguridad	Formación/entrenamiento en seguridad (incluye construcción y tareas de riesgo)	Uso de XR (VR/AR) para entrenamiento preventivo y aprendizaje de prácticas seguras
(Hülagü y Erkarlan, 2021)	Turquía	Desarrollo/validación de herramienta educativa con AR para seguridad	Formación en seguridad para construcción (entrenamiento)	Realidad aumentada aplicada a capacitación preventiva y sensibilización de riesgos

<b>(Darmawang et al., 2024)</b>	Indonesia (Sulawesi del Sur y Sulawesi Occidental)	Cuantitativo transversal; encuesta; análisis PLS-SEM	Talleres/laboratorios de formación vocacional con riesgo de accidentes	Liderazgo docente OHS, influencia de pares, fortalecimiento de conocimiento/actitudes para mejorar conductas seguras
<b>(Jansen et al., 2025)</b>	Países Bajos	Métodos mixtos: entrevistas + encuesta transversal + análisis de redes psicológicas (GGM)	Construcción; trabajo seguro en altura	Protección perimetral en andamio (edge protection) y arnés; intervención sobre intenciones específicas y reducción de barreras
<b>(Dadashi Haji et al., 2023)</b>	Irán (Teherán)	Desarrollo de herramienta + estudio de caso + encuesta de verificación	Obra de infraestructura/estaciones; gestión de seguridad con BIM	Herramienta BIM con indicadores líderes, heat-maps y reportes para decisiones preventivas proactivas
<b>(Sujit et al., 2025)</b>	S/I (no especificado en el reporte)	Desarrollo y validación de modelo de visión por computador (deep learning) con dron	Monitoreo de seguridad en obra (detección de PPE y PFAS)	Supervisión automatizada: detección de casco, arnés, línea de vida y otras clases PPE/PFAS para control preventivo
<b>(Valderrama-Ulloa et al., 2023)</b>	Chile (Región Metropolitana de Santiago)	Mixto: revisión + levantamiento en terreno + entrevistas	Construcción; trabajos en altura con foco en protecciones provisionales de borde	Protecciones colectivas (barandas/redes/pantallas/rodapié), EPP (arnés), procedimientos, inspección, homologación y trazabilidad
<b>(Franco-Enríquez et al., 2024)</b>	México (Ciudad de México)	Cualitativo, observacional descriptivo transversal; PROVERIFICA	Montaje de estructuras metálicas (obra comercial; altura máx. 12 m)	Programas de orden y limpieza, señalización, delimitación de zonas, inspección de izaje, capacitación EPP y sistema anticaídas
<b>(González-Castro y Rodríguez-Herrero, 2025)</b>	Panamá	Estudio documental cualitativo; análisis de contenido	Prevención de riesgos en construcción (nivel macro/normativo)	Modelo integral: entidad técnica autónoma, actualización normativa, fortalecimiento de cultura preventiva
<b>(Gómez-García et al., 2023)</b>	Ecuador (Guayaquil)	Transversal con encuesta (I-ECSST 2017); regresión logística	Población asalariada (incluye construcción)	Gestión preventiva de jornadas laborales (control administrativo) para reducir lesiones
<b>(Ballesteros-Ruiz et al., 2021)</b>	Brasil (Recife, Pernambuco)	Exploratorio: revisión + procedimiento experimental + fotogrametría	Inspección de fachadas en altura	Sustitución tecnológica: UAV para inspección y reducción de exposición humana a caídas; protocolos/checklist
<b>(Valero, 2025)</b>	Ecuador	Descriptivo cualitativo; encuesta	Empresa constructora; protocolos para trabajo en altura	Análisis de riesgos, permisos, capacitación, inspecciones, supervisión, dotación EPP y controles colectivos (barandas/redes)
<b>(Roveshti et al., 2024)</b>	Irán	Diseños diversos (revisión, tecnología, análisis de seguridad)	Construcción y seguridad en altura (según estudio)	Controles preventivos reportados según cada estudio (EPP, controles colectivos, capacitación, monitoreo, planificación)

**Nota:** Elaborado por los autores

### 3.2. Riesgos laborales predominantes en trabajos de altura en estructuras metálicas

En la evidencia incluida, los riesgos laborales predominantes en trabajos de altura vinculados al montaje de estructuras metálicas se agruparon en un patrón reiterado de peligros críticos asociados a tareas específicas como el desplazamiento sobre vigas, la conexión y ajuste de pernos, el izaje y posicionamiento de columnas/armaduras, la soldadura en altura, el uso de plataformas/andamios y la exposición a bordes y cubiertas. En estos escenarios, la literatura reportó con mayor recurrencia las caídas a distinto nivel (especialmente en bordes exteriores, vigas y zonas de conexión), seguidas por caída de objetos (herramientas, pernos, piezas menores) durante maniobras de fijación o soldadura; también se describieron golpes, atrapamientos y aplastamientos por cargas suspendidas y elementos en movimiento durante el izaje y guiado de componentes pesados, donde pequeñas desviaciones de control podían traducirse en eventos de alta severidad.

De forma complementaria, en contextos de trabajo en altura en construcción se documentó que el riesgo de caída se intensificó cuando existieron barreras prácticas para implementar o usar protecciones (p. ej., “no está presente”, presión de tiempo o condiciones del entorno), por lo que las medidas colectivas de borde y su disponibilidad operativa se asociaron estrechamente con el desempeño seguro, como se muestra en la Tabla 2. En la clasificación sintética de la matriz (Tabla 2), además de las caídas y la caída de objetos, se identificaron con frecuencia contactos eléctricos y exposición a radiaciones en actividades de soldadura y operación de equipos, así como riesgos por colapso o falla de elementos temporales (protecciones de borde improvisadas, plataformas o configuraciones de izaje sin verificación), que fueron descritos como brechas de control técnico y organizacional; estas condiciones se reportaron con mayor peso en obras con alta variabilidad geométrica y ritmos acelerados, donde la “solución rápida” tendió a reemplazar la estandarización (Valderrama-Ulloa et al., 2023).

Asimismo, se reportaron riesgos por condiciones meteorológicas (intemperie, radiación solar, viento) y por factores ergonómicos y fatiga (posturas forzadas, esfuerzo sostenido, intensificación por pago a destajo y jornadas prolongadas), los cuales actuaron como amplificadores del error y de la exposición acumulada en tareas de conexión, ajuste y soldadura en altura. Por último, varios estudios enfatizaron que el control preventivo efectivo se fortaleció cuando se combinaron controles colectivos/EPP con monitoreo proactivo (p. ej., indicadores líderes y vigilancia automatizada de cumplimiento de casco/arnés/línea de vida), lo que sostuvo el vínculo directo con el problema e hipótesis del estudio: la reducción del riesgo en altura dependió menos de mensajes generales y más de controles concretos, disponibles-verificables en el punto de trabajo, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2

**Matriz de riesgos laborales predominantes en trabajos de altura en estructuras metálicas.**

CATEGORÍA DE RIESGO	ACTIVIDADES EN ALTURA DONDE SE REPORTA CON MAYOR FRECUENCIA	FACTORES/CONDICIONES QUE LO POTENCIAN	EVIDENCIA EN LOS ESTUDIOS INCLUIDOS (EJEMPLOS)	CONTROLES PREVENTIVOS REPORTADOS (JERARQUÍA)
<b>Caídas a distinto nivel</b>	Desplazamiento sobre vigas y bordes; conexión y ajuste de pernos; montaje de columnas/armaduras; trabajo en andamios/plataformas; cubiertas	Ausencia/no disponibilidad de protección colectiva; barreras operativas (“no está presente”, presión de tiempo, entorno); geometrías singulares; soluciones improvisadas	Montaje metálico con altura máx. 12 m y riesgo de caída en maniobras; estudios de trabajo seguro en altura centrados en arnés y protección perimetral; análisis técnico de protecciones de borde en obras	Protección colectiva (barandas/protecciones de borde, rodapié, redes); EPP (arnés, sistema anticaídas, línea de vida); administrativos (permisos de trabajo, procedimientos, inspecciones, capacitación y supervisión)
<b>Caída de objetos (herramientas, pernos, piezas)</b>	Conexión/pernos; fijación de elementos; soldadura/armadura; izaje con personal en niveles inferiores; trabajos en bordes y plataformas	Orden/limpieza deficientes; falta de delimitación de zonas; trabajo simultáneo en niveles; manipulación manual de piezas; ausencia de rodapié o elementos de contención	Montaje metálico reportó riesgo de caída de herramientas/objetos; estudios sobre protecciones de borde subrayaron el papel del rodapié y la contención perimetral	Protección colectiva (rodapié, barandas, redes/pantallas); administrativos (delimitación y señalización de zonas, orden y limpieza, control de trabajo simultáneo, supervisión)
<b>Golpes, atrapamientos y aplastamientos por cargas</b>	Izaje y posicionamiento de columnas/armaduras; guiado de cargas con grúa; ajuste/alineación de piezas; operaciones cerca de radios de giro	Maniobras con cargas suspendidas; fallas en inspección de accesorios de izaje; comunicación deficiente (señales/roles); interferencias con equipos	En montaje metálico se describieron maniobras con grúa y elementos pesados (columnas/armaduras) como fuente de eventos graves; literatura de gestión preventiva y monitoreo consideró “equipos peligrosos” y proximidad	Ingeniería/controles técnicos (revisión de eslingas/estrobos/grilletes/cadenas; verificación de equipos); administrativos (plan de izaje, roles/señalero, zonas de exclusión, procedimientos y supervisión)
<b>Contactos eléctricos</b>	Uso de equipos eléctricos en altura; soldadura; proximidad a líneas/instalaciones; trabajos en	Instalaciones temporales inadecuadas; ambientes húmedos; falta de evaluación previa del	Estudios de gestión de seguridad incluyeron “electricidad” como atributo de	Eliminación/ingeniería (aislamiento, desenergización, protecciones diferenciales); administrativos (permiso y verificación previa,

	andamios con instalaciones temporales	riesgo; presión por continuidad operativa	riesgo en obra; en montaje metálico se reportó exposición por soldadura y operación de equipos	señalización, capacitación); EPP (protección dieléctrica según tarea)
<b>Colapso/falla de elementos temporales (protecciones, andamios, plataformas, anclajes)</b>	Trabajo en bordes; plataformas y andamios; puntos de anclaje para anticaídas; soluciones "a medida" en obras	Improvisación; falta de homologación/estandarización; montaje incorrecto; inspección insuficiente; resistencia estructural no verificada	El análisis técnico de protecciones de borde reportó soluciones artesanales y brechas de estandarización; estudios de protocolos destacaron inspección y supervisión	Ingeniería/Protección colectiva (sistemas certificados/homologados); administrativos (checklist, trazabilidad, inspecciones, procedimientos de montaje/desmontaje, supervisión)
<b>Condiciones meteorológicas (viento, lluvia, radiación solar)</b>	Montaje e izaje en altura; trabajos en cubiertas; soldadura/ensamble a la intemperie	Exposición prolongada al sol; ráfagas que desestabilizan cargas; superficies resbalosas; disminución de visibilidad	En montaje metálico se describió trabajo a la intemperie y radiación solar como condición relevante; estudios de seguridad en altura señalan el ambiente como barrera para uso de medidas	Administrativos (criterios de suspensión por clima, pausas e hidratación, planificación por ventanas climáticas); EPP (protección solar y antideslizante según condiciones)
<b>Factores ergonómicos y fatiga</b>	Posturas forzadas en conexión/pernos; soldadura en altura; transporte manual de herramientas; jornadas intensas/destajo	Ritmo elevado; destajo; jornadas prolongadas; recuperación insuficiente; esfuerzo sostenido y atención continua	En montaje metálico se reportaron posturas incómodas y esfuerzo intenso; evidencia transversal mostró asociación entre jornadas prolongadas y lesiones por accidente; modelos preventivos incorporaron efectos de conducta/atención	Administrativos (gestión de jornada y descansos, rotación de tareas, pausas); ingeniería (ayudas mecánicas/soportes cuando aplique); formación (técnicas seguras y ergonomía)
<b>Exposición a agentes físicos/químicos por soldadura y ensayos</b>	Soldadura por arco en altura; control de calidad (líquidos penetrantes); limpieza y pintura de uniones	Humos metálicos; radiación; vapores; ventilación limitada; EPP insuficiente o mal usado	En montaje metálico se reportaron humos/radiaciones de soldadura y vapores de penetrantes; la literatura de	EPP (pantallas, guantes, protección respiratoria según tarea); administrativos (procedimientos, capacitación, control de exposición); ingeniería

			cultura preventiva resaltó capacitación y cumplimiento	(ventilación/contención cuando sea posible)
<b>Riesgos por equipos/vehículos y proximidad operativa</b>	Obras con tránsito de maquinaria; zonas de izaje; maniobras simultáneas en niveles	Interferencias espaciales; visibilidad reducida; coordinación deficiente; falta de control por tiempo y ubicación	En herramientas BIM de indicadores líderes se incluyó "equipment proximity"/"dangerous equipment" y "vehicle"; evidencia de monitoreo proactivo se orientó a detección y reducción de exposición	Administrativos/ingeniería (zonificación, rutas, control por tiempo/ubicación, barreras físicas); supervisión/monitoreo (indicadores líderes, inspecciones, alertas)

**Nota:** Elaborado por los autores

### 3.3. Medidas preventivas identificadas y su organización por jerarquía de control

En los estudios incluidos, las medidas preventivas se sistematizaron y se organizaron por jerarquía de controles, evidenciándose que la reducción del riesgo en altura dependió de combinar intervenciones desde la fuente del peligro hasta la protección individual, con énfasis en controles verificables en el punto de trabajo. En el nivel de eliminación/sustitución, la literatura reportó como líneas de acción la reducción de exposición mediante decisiones de planificación y rediseño del proceso (p. ej., ejecutar armado o preparación en suelo y limitar actividades a altura cuando fuera posible) y, en actividades de inspección/seguimiento, la sustitución de exposición directa por tecnologías como UAV/drones para disminuir la necesidad de presencia humana en zonas elevadas.

En controles de ingeniería, las medidas con mayor consistencia fueron las protecciones colectivas (protecciones de borde/barandas, rodapié, redes y pantallas) y los sistemas de detención/restricción de caídas (líneas de vida, puntos de anclaje, plataformas o andamios seguros), destacándose que su efectividad se reportó mayor cuando existían criterios técnicos de diseño, instalación y resistencia, y cuando su disponibilidad era real y oportuna (no solo "planificada"). Finalmente, los controles administrativos aparecieron como el "tejido" que sostenía el desempeño seguro: permisos de trabajo, procedimientos/ATS-JSA, supervisión e inspecciones, orden y limpieza, señalización, delimitación de zonas de riesgo y verificación de equipos de izaje; en paralelo, se describieron prácticas de monitoreo proactivo (indicadores líderes, BIM y supervisión con drones/IA) como apoyo para anticipar condiciones inseguras antes de materializar evento.

De manera transversal, la evidencia mostró que las medidas más consistentes y con mayor impacto reportado fueron: (a) protección colectiva de bordes y control de aberturas, (b) sistemas anticaídas (arnés con conexión a línea de vida/anclaje), y (c) supervisión/inspecciones con soporte de capacitación y procedimientos claros, porque actuaron directamente sobre el mecanismo de lesión más crítico (caídas) y sobre las fallas recurrentes de implementación (improvisación, ausencia de equipos, presión de tiempo). La efectividad se vinculó repetidamente a condiciones habilitantes: diseño

compatible con la tarea y la geometría de la obra (evitando “soluciones artesanales” sin resistencia verificada), mantenimiento e inspección de protecciones y accesorios (incluidos los de izaje), y capacitación práctica que favoreciera el uso correcto y sostenido del sistema anticaídas, especialmente cuando existían barreras conductuales u organizacionales (p. ej., “no está presente”, ambiente o presión operativa).

En el nivel de EPP, se reportaron como esenciales el arnés, conectores/absorbedores cuando aplicaba, y el casco (en varios trabajos también se monitoreó su uso mediante sistemas automatizados), pero se insistió en que el EPP era insuficiente si no se apoyaba en controles colectivos y administrativos que garantizaran disponibilidad, ajuste, anclajes certificados y posibilidad de rescate; por ello, la síntesis integradora se estructuró por control y fase de trabajo (montaje, conexión, izaje, bordes/cubiertas, inspección).

#### 4. Discusión

Los resultados de esta revisión se interpretan como una confirmación de que el riesgo de caída a distinto nivel sigue siendo el evento sentinela en los trabajos de altura y, por extensión, en el montaje de estructuras metálicas, porque atraviesa tareas críticas como el desplazamiento sobre vigas, el trabajo en bordes y la conexión de elementos, donde una desviación breve tiene consecuencias desproporcionadas. Franco Enríquez et al. (2024) describen el montaje metálico como un proceso por fases con exposición simultánea a altura, maniobras de izaje y soldadura, en el que las caídas y la caída de objetos se combinan con exigencias físicas y organizacionales que empujan a la improvisación preventiva. A nivel de controles colectivos, Valderrama-Ulloa et al. (2023) muestran que las protecciones provisionales de borde concentran el potencial de prevención efectiva, pero su desempeño se degrada cuando se implementan soluciones artesanales, sin trazabilidad ni criterios verificables de resistencia; en la misma dirección, el análisis de variables de caídas desde altura en accidentes laborales sostiene que el problema no se reduce a “actos inseguros”, sino a condiciones del sistema de trabajo que condicionan la exposición y la severidad (Rey-Merchán et al., 2021).

Desde la psicología del trabajo, Jansen et al. (2025) evidencian que las barreras prácticas y perceptivas influyen en la decisión de trabajar seguro en altura, lo que explica por qué una medida técnicamente correcta puede fallar si no está disponible, no es compatible con la tarea o se percibe como un obstáculo; por ello, los hallazgos respaldan la hipótesis operativa de este estudio: la prevención en altura depende de controles concretos, compatibles y sostenidos por gestión, más que de prescripciones generales (Jin y Goodrum, 2021; Valero, 2025).

En cuanto a la organización por jerarquía de control, la literatura converge en que la prevención se vuelve más robusta cuando se priorizan controles colectivos e ingeniería y se complementan con administración y EPP, en lugar de “descansar” la seguridad en el arnés. En sustitución tecnológica, Ruiz et al. (2021) muestran que el uso de UAV para inspección reduce exposición humana en altura, y esa lógica se amplía en la vigilancia automatizada: Sujit et al. (2025) proponen detección en tiempo real de cumplimiento (PPE y PFAS) como soporte de supervisión, mientras que Dadashi Haji et al. (2023) integran indicadores líderes en BIM para anticipar zonas críticas y orientar decisiones preventivas.

En el plano organizacional, Saavedra-Robinson et al. (2025) modelan que estrategias como supervisión, monitoreo y normas sociales influyen en frecuencia, severidad y costos, sugiriendo que la efectividad se explica por la capacidad del sistema para sostener conductas seguras en el tiempo; a escala macro, la propuesta de modelo integral para Panamá refuerza que la prevención requiere institucionalidad, actualización normativa y cultura preventiva para no depender de esfuerzos aislados (González-Castro y Rodríguez-Herrero, 2025). En paralelo, la evidencia educativa aporta una lectura útil para el montaje metálico: la capacitación inmersiva y la realidad aumentada se describen como herramientas para mejorar aprendizaje y transferencia de prácticas seguras, pero su valor real depende de objetivos formativos claros, diseño pedagógico y evaluación de desempeño, no solo de la novedad tecnológica (Lehikko y Ruokamo, 2025; Hülögü y Erkarlan, 2021; Darmawang et al., 2024).

El alcance de estos resultados se interpreta con cautela por la heterogeneidad metodológica y contextual: conviven estudios de caso, análisis observacionales, encuestas, propuestas documentales y desarrollos tecnológicos, lo que fortalece la comprensión del fenómeno pero limita comparaciones directas y cualquier síntesis cuantitativa. Aun así, la convergencia temática caídas como riesgo predominante, necesidad de protecciones colectivas estandarizadas, y rol decisivo de supervisión, cultura y compatibilidad operativa sugiere que el “cuello de botella” no es la ausencia de medidas, sino su implementación sostenida y verificable en condiciones reales de obra (Valderrama-Ulloa et al., 2023; Franco Enríquez et al., 2024; Jansen et al., 2025).

Como limitación adicional, parte de la evidencia se centra en construcción en general y no siempre desagrega tareas propias del montaje metálico, por lo que futuras investigaciones se benefician de diseños que midan desempeño por fase (izaje, conexión, soldadura, cubiertas) y que integren indicadores de carga de trabajo, fatiga y tiempo de exposición; en ese punto, la asociación entre jornadas prolongadas y lesiones aporta una pista preventiva relevante para contextos de alta demanda y destajo (Gómez-García et al., 2023). En adelante, las direcciones más prometedoras combinan: evaluación rigurosa de controles colectivos en condiciones variables, trazabilidad de anclajes y sistemas temporales, y validación de tecnologías (BIM, drones, IA) no solo por precisión técnica sino por su efecto en decisiones, cumplimiento y reducción de eventos, manteniendo como criterio central que el control debe “funcionar” en la tarea real y no únicamente en el protocolo (Sujit et al., 2025; Dadashi Haji et al., 2023; Saavedra-Robinson et al., 2025; Jin y Goodrum, 2021).

## 5. Conclusiones

La presente revisión bibliográfica cumplió su objetivo al integrar evidencia reciente sobre riesgos laborales y medidas preventivas en trabajos de altura, con énfasis en actividades propias del montaje de estructuras metálicas, y aporta a la ciencia al ofrecer una síntesis organizada que conecta tareas críticas (izaje y posicionamiento, conexión y pernos, desplazamiento en vigas, plataformas y bordes) con patrones de peligros recurrentes y con la jerarquía de controles aplicable en obra. A partir de los hallazgos, se concluye que la prevención efectiva en altura no se sostiene en recomendaciones genéricas ni en la sola disponibilidad de EPP, sino en la capacidad del sistema de trabajo para garantizar controles compatibles, verificables y sostenidos: primero reduciendo exposición cuando sea técnicamente posible, luego consolidando protecciones

colectivas y soluciones de ingeniería (borde, redes, puntos de anclaje y plataformas seguras), y finalmente asegurando que los controles administrativos (permisos, ATS/JSA, supervisión, inspección, gestión de condiciones meteorológicas, orden y limpieza, control de objetos y preparación para emergencias) funcionen como mecanismo de implementación real y no solo documental.

En este marco, el aporte central de la investigación es demostrar que el “punto crítico” no es la ausencia de medidas, sino su implementación operacional bajo condiciones reales de obra, donde influyen barreras organizacionales, presión por producción y variabilidad del entorno; por ello, el artículo fundamenta que las estrategias más promisorias combinan control técnico y gestión, incorporando además monitoreo proactivo y tecnologías (BIM, UAV/IA) como soporte para anticipar desviaciones y reforzar el cumplimiento en el lugar y momento de riesgo. En síntesis, el estudio evidencia que el riesgo de caída y eventos asociados puede reducirse de manera significativa cuando se prioriza la jerarquía de controles y se traduce a decisiones concretas por fase del trabajo, contribuyendo a mejorar la seguridad, la eficiencia y la calidad del desempeño preventivo en la construcción metálica.

### Referencias Bibliográficas

- Al-Khiami, M. I., y Jaeger, M. (2023). Safer Working at Heights: Exploring the Usability of Virtual Reality for Construction Safety Training among Blue-Collar Workers in Kuwait. *Safety*, 9(3), 63. <https://doi.org/10.3390/safety9030063>
- Almaskati, D., Kermanshachi, S., Pamidimukkala, A., Loganathan, K., y Yin, Z. (2024). A Review on Construction Safety: Hazards, Mitigation Strategies, and Impacted Sectors. *Buildings*, 14(2), 526. <https://doi.org/10.3390/buildings14020526>
- Ballesteros-Ruiz, R. D., Lordsleem-Júnior, A. C., y Aquino-Rocha, J. H. (2021). Inspeção de fachadas com Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT): Estudo exploratório. *Revista ALCONPAT*, 11(1), 88–104. <https://doi.org/10.21041/ra.v11i1.517>
- Bejarano-Roldán, A. (2024). Factores que inciden en los controles implementados en las obras de construcción, para evitar los accidentes en alturas [Posgrado, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/86614>
- Caicedo-Chiriboga, D. A. (2023). Diseño eficiente de conexiones metálicas resistentes a momento y cortante en estructuras industriales. *Revista Internacional de Investigación y Desarrollo Global*, 2(1), 52–71. <https://doi.org/10.64041/riidg.v2i1.37>
- Dadashi Haji, M., Behnam, B., Sebt, M. H., Ardeshir, A., y Katooziani, A. (2023). BIM-Based Safety Leading Indicators Measurement Tool for Construction Sites. *International Journal of Civil Engineering*, 21(2), 265–282. <https://doi.org/10.1007/s40999-022-00754-9>
- Darmawang, Amiruddin, A., Jumadin, J., y Setialaksana, W. (2024). Building a culture of safety: Teacher and peer impact on safety behaviors among vocational high school students. *Journal of Education and E-Learning Research*, 11(2), 384–393. <https://doi.org/10.20448/jeelr.v11i2.5633>

- De Cassai, A., Boscolo, A., Zarantonello, F., Pettenuzzo, T., Sella, N., Geraldini, F., Munari, M., y Navalesi, P. (2023). Enhancing study quality assessment: An in-depth review of risk of bias tools for meta-analysis—a comprehensive guide for anesthesiologists. *Journal of Anesthesia, Analgesia and Critical Care*, 3, 44. <https://doi.org/10.1186/s44158-023-00129-z>
- Franco-Enríquez, J. G., Meléndez-Ortiz, L., Castillo-Tomás, R., Gaona, E., y Valdovinos-Carrasco, N. B. (2024). Montaje de estructuras metálicas, un trabajo peligroso. *Revista Cubana de Salud y Trabajo*, 25(2). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1991-93952024000200008&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1991-93952024000200008&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
- Gómez-García, A. R., Merino-Salazar, P., Guaman-Reiban, T. C., y Rodas-Yela, L. A. (2023). Jornadas laborales prolongadas y lesiones por accidentes de trabajo: Estimaciones de la Primera Encuesta sobre Condiciones de Seguridad y Salud en el Trabajo en Ecuador. *Archivos de Prevención de Riesgos Laborales*, 26(1), 25–40. <https://doi.org/10.12961/aprl.2023.26.01.03>
- González-Castro, C., y Rodríguez-Herrero, F. (2025). Hacia un modelo integral para la prevención de riesgos laborales en la construcción en Panamá. *Experior*, 4(2), 140–151. <https://doi.org/10.56880/experior42.3>
- Hülagü, R., y Erkarlan, Ö. (2021). Using augmented reality (AR) in vocational education programs to teach occupational health and safety (OHS). *Design and Technology Education: An International Journal*, 26(2), 14–27. <https://doi.org/10.24377/DTEIJ.article1241>
- Jansen, T., von den Benken, M., Lunansky, G., van Moll, E., y Lammers, M. (2025). Risk perception, barriers and working safely at height in construction: A psychological network approach. *BMC Public Health*. <https://doi.org/10.1186/s12889-025-25548-1>
- Jin, H., y Goodrum, P. M. (2021a). Optimal Fall Protection System Selection Using a Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making Approach for Construction Sites. *Applied Sciences*, 11(11), 5296. <https://doi.org/10.3390/app11115296>
- Jin, H., y Goodrum, P. M. (2021b). Optimal Fall Protection System Selection Using a Fuzzy Multi-Criteria Decision-Making Approach for Construction Sites. *Applied Sciences*, 11(11), 5296. <https://doi.org/10.3390/app11115296>
- Lehikko, A., y Ruokamo, H. (2025). Charting Out Safety Training Goals for Developing a Pedagogical Model for Immersive Virtual Reality Safety Training: A Qualitative Study. *Designs for Learning*, 16(1). <https://doi.org/10.16993/dfl.237>
- Maestre-Cuadros, L. M., Berrio, A. M., y Martínez-Rincon, J. A. (2023). Implementación del Sistema de Gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST). *Sociedad, cultura y creatividad*, 2(1), 245–250. <https://doi.org/10.15765/wpscc.v2i1.4016>
- Pabón-Trujillo, H., y Carrillo-Orduz, J. H. (2023). Realidades del Sector Construcción Frente a los Peligros de Seguridad y Salud en el Trabajo Cúcuta Norte de Santander. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(5), 8643–8654. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i5.8446](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i5.8446)

- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Alonso-Fernández, S. (2021). Declaración PRISMA 2020: Una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología*, 74(9), 790–799. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>
- Pandithawatta, S., Ahn, S., Rameezdeen, R., Chow, C. W. K., y Gorjian, N. (2024). Systematic Literature Review on Knowledge-Driven Approaches for Construction Safety Analysis and Accident Prevention. *Buildings*, 14(11), 3403. <https://doi.org/10.3390/buildings14113403>
- Pereira, F., González García, M. de las N., y Poças Martins, J. (2025). BIM for Safety: Applying Real-Time Monitoring Technologies to Prevent Falls from Height in Construction. *Applied Sciences*, 15(4), 2218. <https://doi.org/10.3390/app15042218>
- Pereira, F., González-García, M. de las N., y Poças-Martins, J. (2024). An Evaluation of the Technologies Used for the Real-Time Monitoring of the Risk of Falling from Height in Construction—Systematic Review. *Buildings*, 14(9), 2879. <https://doi.org/10.3390/buildings14092879>
- Petroutsatou, K., y Kantilierakis, D. (2023). Productivity Analysis and Associated Risks in Steel Structures. *Buildings*, 13(4), 905. <https://doi.org/10.3390/buildings13040905>
- Rethlefsen, M. L., Kirtley, S., Waffenschmidt, S., Ayala, A. P., Moher, D., Page, M. J., Koffel, J. B., Blunt, H., Brigham, T., Chang, S., Clark, J., Conway, A., Couban, R., de Kock, S., Farrah, K., Fehrmann, P., Foster, M., Fowler, S. A., Glanville, J., ... PRISMA-S Group. (2021). PRISMA-S: An extension to the PRISMA Statement for Reporting Literature Searches in Systematic Reviews. *Systematic Reviews*, 10(1), 39. <https://doi.org/10.1186/s13643-020-01542-z>
- Rey-Merchán, M. del C., Gómez-de-Gabriel, J. M., López-Arquillos, A., y Choi, S. D. (2021). Analysis of Falls from Height Variables in Occupational Accidents. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(24), 13417. <https://doi.org/10.3390/ijerph182413417>
- Roveshti, M. M., Naghavi-Konjin, Z., Etemadinezhad, S., y Charati, J. Y. (2024). Risk Analysis of The Steel Erection Process Using The Functional Resonance Analysis Method. *Journal of Health and Safety at Work*, 14(1), 119–134. <https://doi.org/10.18502/jhsw.v14i1.17126>
- Saavedra-Robinson, L. A., Salazar-Serna, K., y Cadavid, L. (2025). Safety performance: Effectiveness of preventive strategies in construction projects. *Ingeniería y Competitividad*, 27(3), e-20915259. <https://doi.org/10.25100/iyv.v27i3.15259>
- Sarkis-Onofre, R., Catalá-López, F., Aromataris, E., y Lockwood, C. (2021). How to properly use the PRISMA Statement. *Systematic Reviews*, 10, 117. <https://doi.org/10.1186/s13643-021-01671-z>
- Shaheen, N., Shaheen, A., Ramadan, A., Hefnawy, M. T., Ramadan, A., Ibrahim, I. A., Hassanein, M. E., Ashour, M. E., y Flouty, O. (2023). Appraising systematic reviews:

A comprehensive guide to ensuring validity and reliability. *Frontiers in Research Metrics and Analytics*, 8, 1268045. <https://doi.org/10.3389/frma.2023.1268045>

Sujit, K., Indhumathi, K., Mohan, G., Jose, N. N., Ramudu, K., Abdennaji, T. S., Cheepurupalli, N. R., Saidana, T., y Fissaha, Y. (2025). Real-time construction safety monitoring using a drone based deep hybrid attention model. *Scientific Reports*. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-31392-5>

Vaca-Jiménez, J. N. (2025). Impacto de la cultura de seguridad en la reducción de riesgos ocupacionales: Un análisis comparativo. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 7(4), 543–553. <https://doi.org/10.59169/pentaciencias.v7i4.1616>

Valderrama-Ulloa, C., Ferrada, X., Serpell, A., y Cabello, M.-J. (2023). Análisis técnico sobre protecciones provisionales de borde para prevenir riesgos de caídas en trabajos en altura en la construcción: El caso de Chile. *Información tecnológica*, 34(2), 137–146. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642023000200137>

Valero, J. (2025). Estudio de la implementación de protocolos de seguridad en una empresa de construcción INMOMARIUXI C.A. *Revista Científica Dejando Huellas*, 1(1), 131–1345. <https://doi.org/10.65100/recidh/23>

Visconti, P., Rausa, G., Del-Valle-Soto, C., Velázquez, R., Cafagna, D., y De Fazio, R. (2024). Machine Learning and IoT-Based Solutions in Industrial Applications for Smart Manufacturing: A Critical Review. *Future Internet*, 16(11), 394. <https://doi.org/10.3390/fi16110394>

## CONFLICTO DE INTERESES

“Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses”.