

Recibido: 9 de abril de 2026 | Revisado: 20 de mayo de 2026 | Aceptado: 3 de junio de 2026 | Publicado: 30 de junio de 2026

ARTÍCULO CIENTÍFICO · SAPIENS GLOBAL · ARTÍCULO 16

Campo / Field	Contenido / Content
Tipo de contribución / Article type	Revisión de alcance / Scoping review
Título en español	Simulaciones inmersivas para la formación en seguridad ocupacional: revisión de alcance sobre aprendizaje, transferencia y salvaguardas en educación técnica
Title in English	Immersive Simulations for Occupational Safety Training: A Scoping Review of Learning, Transfer, and Safeguards in Technical Education
Autorías / Authors	Washington Claudio Chong-Tama — Universidad de Guayaquil, Ecuador — ORCID: https://orcid.org/0009-0009-4296-0011
Correspondencia / Correspondence	Washington Claudio Chong-Tama — washington.chong@educacion.gob.ec

Identificación

- Tipo de contribución: Revisión de alcance. - Título en español: **Simulaciones inmersivas para la formación en seguridad ocupacional: revisión de alcance sobre aprendizaje, transferencia y salvaguardas en educación técnica.** - Title in English: **Immersive Simulations for Occupational Safety Training: A Scoping Review of Learning, Transfer, and Safeguards in Technical Education.** - Autores: Washington Claudio Chong-Tama. - Correspondencia: Washington Claudio Chong-Tama, washington.chong@educacion.gob.ec.

Resumen

Introducción: Las simulaciones inmersivas permiten practicar reconocimiento de peligros y decisiones sin exposición real, pero presencia, disfrute o rendimiento dentro del entorno virtual no demuestran transferencia a talleres o lugares de trabajo. En estudiantes jóvenes también deben controlarse cibermareo, carga, accesibilidad y sobreconfianza. **Objetivo:** Mapear la evidencia publicada hasta el 30 de abril de 2026 sobre aprendizaje, retención, transferencia, implementación y salvaguardas de simulaciones inmersivas para seguridad ocupacional, con implicaciones para educación técnica. **Métodos:** Se realizó una revisión de alcance orientada por JBI y reportada con PRISMA-ScR. Diez consultas históricas en Crossref recuperaron 600 registros; 490 fueron únicos y 112 pasaron el filtro temático. Se evaluaron 50 informes y se incluyeron 20 fuentes. Se extrajeron contexto, tecnología, comparador, aprendizaje, transferencia, seguridad, implementación y limitaciones. **Resultados:** Las revisiones favorecieron la realidad virtual para adquisición y, con menor certeza, retención. Sin embargo, una revisión de 136 estudios encontró que 72,06 % midió aprendizaje y solo 19,12 % aplicó una prueba de transferencia. La única fuente directamente centrada en secundaria vocacional codesarrolló un juego de bajo costo con 8 docentes y 50 estudiantes; mostró buena aceptación, no eficacia causal. Experimentos en formación marítima y eléctrica informaron ventajas en motivación, aprendizaje percibido o retención, pero la conducta real fue rara. El reporte de síntomas, abandono, accesibilidad y alternativas no inmersivas fue desigual. **Conclusiones:** La inmersión es defendible cuando permite practicar una decisión peligrosa que no puede ensayarse responsablemente en el mundo real. Debe integrarse con objetivos observables, retroalimentación, debriefing, supervisión,

prueba de transferencia y control de síntomas. No sustituye controles físicos, práctica supervisada ni certificación. La evidencia justifica un piloto escolar responsable, no afirmar efectividad ecuatoriana.

Palabras clave: realidad virtual; simulación inmersiva; seguridad ocupacional; educación técnica; reconocimiento de peligros; cibermareo.

Abstract

Introduction: Immersive simulations enable learners to practice hazard recognition and decision-making without real exposure, but presence, enjoyment, or performance inside a virtual environment does not demonstrate transfer to workshops or workplaces. Cybersickness, cognitive load, accessibility, and overconfidence also require specific safeguards for younger learners. **Objective:** To map evidence published through April 30, 2026, on learning, retention, transfer, implementation, and safeguards of immersive simulations for occupational safety training, with implications for technical education. **Methods:** A JBI-oriented scoping review was reported using PRISMA-ScR. Ten historical Crossref searches retrieved 600 records; 490 were unique and 112 passed a thematic filter. Fifty reports were assessed and 20 sources were included. Context, technology, comparator, learning, transfer, safety, implementation, and limitations were extracted. **Results:** Reviews favored virtual reality for knowledge acquisition and, with less certainty, retention. However, a review of 136 studies found that 72.06% measured learning while only 19.12% used a transfer test. The only source directly focused on secondary vocational education co-designed a low-cost serious game with 8 teachers and 50 students; it showed acceptability rather than causal effectiveness. Maritime and electrical training studies reported benefits in motivation, perceived learning, or retention, but real-world behavior was rarely evaluated. Reporting of symptoms, attrition, accessibility, and non-immersive alternatives was inconsistent. **Conclusions:** Immersion is defensible when it supports practice of hazardous decisions that cannot be responsibly rehearsed in real settings. It should be integrated with observable objectives, feedback, debriefing, supervision, transfer testing, and symptom control. It does not replace physical controls, supervised practice, or professional certification. Current evidence supports a responsible school pilot, not claims of Ecuadorian effectiveness.

Keywords: virtual reality; immersive simulation; occupational safety; technical education; hazard recognition; cybersickness.

Introducción

La educación técnica prepara a estudiantes para ingresar en talleres, laboratorios, prácticas preprofesionales y sectores donde una decisión incorrecta puede producir daño. La falta de experiencia, el reconocimiento incompleto de peligros y la presión por terminar una tarea elevan la vulnerabilidad de trabajadores jóvenes. La Organización Internacional del Trabajo sostiene que la seguridad y salud ocupacional debe integrarse en los programas de formación técnica y profesional y acompañarse de información comprensible, instrucción, supervisión y protección reforzada para jóvenes (International Labour Organization, 2022).

La práctica real presenta una tensión. Reconocer un cable energizado, una zona de atrapamiento, una línea de fuego o una ruta de evacuación requiere experiencia contextual; sin embargo, recrear un accidente, incendio o fallo mecánico puede ser éticamente inadmisibles. Videos y casos permiten observar, pero no siempre exigen explorar, priorizar señales y decidir bajo presión. La realidad virtual (VR), la realidad aumentada (AR) y la realidad mixta (MR) ofrecen un espacio controlado donde el aprendiz puede equivocarse sin sufrir la consecuencia física representada.

“Inmersivo” no designa una intervención uniforme. Puede referirse a un visor que bloquea el entorno, una escena de 360 grados, una proyección, un sistema con seguimiento de manos o una superposición de información sobre el espacio real. También varían navegación, retroalimentación, fidelidad, gamificación y colaboración. Una simulación puede enseñar a reconocer peligros, ejecutar una secuencia, responder a una alarma o coordinarse con un equipo. La tecnología no determina por sí sola el objetivo ni el método.

La evaluación también puede confundir niveles. Presencia describe la sensación de estar en el entorno; disfrute, satisfacción y usabilidad describen la reacción. Una prueba de conocimiento aproxima aprendizaje declarativo. El desempeño dentro del mismo escenario puede reflejar memoria de la interfaz. Transferencia exige actuar correctamente en una tarea distinta, un montaje físico o una situación de trabajo. Retención exige una medición diferida. La conducta segura real y la reducción de incidentes corresponden a niveles todavía más exigentes. Tratar todas esas medidas como “eficacia” produce conclusiones infladas.

La revisión de Stefan et al. (2023) mostró la magnitud del problema: de 136 estudios de formación relevante para seguridad, 72,06 % evaluó aprendizaje, pero solo 19,12 % aplicó una prueba de transferencia. Scorgie et al. (2024) encontraron señales favorables en adquisición y retención, junto con baja utilización explícita de teorías y seguimiento limitado. Babalola et al. (2023) documentaron aplicaciones en construcción, minería, incendios, manufactura, transporte y otros sectores, con tecnologías, peligros y métodos heterogéneos.

En adolescentes y estudiantes de Bachillerato Técnico, la seguridad del dispositivo se agrega a la seguridad del contenido. Un visor puede provocar cibermareo, fatiga visual, desorientación, estrés o sobrecarga. El espacio físico debe prevenir choques y caídas. El ajuste puede excluir a quienes usan lentes o presentan condiciones vestibulares, visuales, neurológicas o de movilidad. La higiene, el costo, la conectividad y el número de equipos modifican acceso y tiempo de práctica. Una alternativa no inmersiva equivalente no es un premio menor: es una salvaguarda de participación.

El plan original proponía un ensayo aleatorizado por clases con 120 estudiantes, pretest, posttest, transferencia y seguimiento. El expediente no contiene base de datos, consentimientos, asignación, instrumentos aplicados ni registros de sesiones. Presentarlo como ejecutado fabricaría evidencia. La Ficha Maestra fue reabierta y se aprobó una revisión de alcance con evidencia pública.

La pregunta fue: ¿qué evidencia publicada hasta el 30 de abril de 2026 describe los efectos, diseños, condiciones de implementación y salvaguardas de simulaciones inmersivas destinadas a formar en reconocimiento de peligros y decisiones seguras en educación técnica y vocacional? El objetivo fue mapear aprendizaje, retención, transferencia, seguridad y criterios para una futura evaluación escolar ecuatoriana.

Métodos

Diseño y reporte

Se realizó una revisión de alcance porque el campo combina tecnologías, sectores, poblaciones, objetivos y niveles de evaluación que no admiten una estimación causal única. La conducción se orientó por la metodología JBI y el reporte por PRISMA-ScR (Peters et al., 2020; Tricco et al., 2018). El protocolo, la búsqueda, el cribado y la matriz forman el expediente SG-2026-016. No existió registro prospectivo externo.

Criterios de elegibilidad

El marco PCC definió como población prioritaria a estudiantes de educación secundaria técnica o vocacional y aprendices jóvenes. Se admitieron estudiantes postsecundarios, novatos y trabajadores cuando la fuente aportaba un mecanismo, método o salvaguarda transferible y esa condición podía

identificarse. El concepto incluyó VR, AR, MR y otras simulaciones inmersivas cuyo objetivo principal fuera reconocer, prevenir o responder ante riesgos ocupacionales.

Los contextos fueron centros educativos, talleres, laboratorios, empresas y sectores de alto riesgo. Se admitieron ensayos, estudios cuasiexperimentales, observacionales, cualitativos, mixtos, de diseño, guías y revisiones. Los desenlaces incluyeron conocimiento, reconocimiento de peligros, decisiones, habilidades, retención, transferencia, presencia, carga cognitiva, usabilidad, aceptabilidad, cibermareo, abandono, accesibilidad y equidad.

Se excluyeron simulación exclusivamente clínica o militar, exposición terapéutica, entretenimiento, educación general sin objetivo de seguridad, propuestas técnicas sin evaluación pertinente, poblaciones no separables y publicaciones posteriores al corte. La ventana principal fue 2015–30 de abril de 2026, en español, inglés o portugués; una fuente conceptual anterior se mantuvo por relevancia.

Búsqueda

El 11 de agosto de 2026 se ejecutó una recuperación histórica limitada al corte mediante Crossref REST API. Diez consultas combinaron virtual reality, immersive simulation, extended reality, mixed reality, occupational safety, hazard recognition, vocational education, retention, transfer, cybersickness y cognitive load. Cada consulta solicitó 60 artículos de revista. Se complementó con el corpus OpenAlex del plan, rastreo de DOI, páginas editoriales, repositorios institucionales y guías de la OIT.

Selección, extracción y síntesis

Se recuperaron 600 registros; 490 fueron únicos. Un filtro que exigió tecnología inmersiva, seguridad y formación identificó 112 candidatos. Se priorizaron 50 informes por pertinencia y trazabilidad; se incluyeron 20 y se excluyeron 30 con motivo. La selección y extracción fueron realizadas por un solo equipo editorial.

Se extrajeron contexto, diseño, muestra o corpus, tecnología, comparador, aprendizaje, transferencia, seguridad, hallazgo, implementación, limitación, DOI y URL. La síntesis fue narrativa. No se recalcularon efectos ni se ejecutó metaanálisis porque varias revisiones ya sintetizaban estudios primarios y existía heterogeneidad en sectores y medidas.

La interpretación siguió cuatro reglas: presencia o satisfacción no equivalen a aprendizaje; desempeño dentro del simulador no equivale a transferencia; los efectos de gamificación o retroalimentación no se atribuyen automáticamente a la inmersión; y ausencia de reporte de síntomas no equivale a ausencia de eventos.

Resultados

Flujo y composición

La Tabla 1 presenta el flujo. Las 20 fuentes incluyeron cinco síntesis, dos guías, cuatro intervenciones, cuatro estudios de diseño, una fuente directamente centrada en educación secundaria vocacional, una revisión de salvaguardas, un marco conceptual, un estudio contextual y una implementación organizacional. Solo Boel et al. (2024) estudiaron directamente estudiantes de secundaria vocacional. El resto aporta evidencia adyacente cuya generalización debe ser explícita.

Tabla 1. Flujo de selección

Etapas	n	Descripción
Registros recuperados	600	Diez consultas históricas en Crossref

Etapas	n	Descripción
Registros únicos	490	Deduplicación por DOI o título
Candidatos temáticos	112	Inmersión, seguridad y formación
Informes evaluados	50	Priorización por pertinencia y trazabilidad
Fuentes incluidas	20	Síntesis, guías, estudios y contexto
Informes excluidos	30	Motivo preservado en la matriz

Señales favorables, con heterogeneidad material

Scorgie et al. (2024) revisaron 52 estudios de 14 dominios y realizaron dos metaanálisis. La VR superó en promedio a métodos tradicionales para adquisición y retención. Sin embargo, los intervalos de predicción incluyeron contextos donde el método tradicional podía ser igual o mejor. Solo 36 % de estudios informó retención y 9,6 % declaró una teoría utilizada para diseñar o evaluar la intervención. El promedio favorable no elimina variación por dominio, dispositivo o método.

La revisión de construcción de Man et al. (2024) encontró ventajas para conducta, habilidades y experiencia. El contexto y la experiencia laboral moderaron resultados. Esa evidencia es relevante para aprendices técnicos porque muestra que los novatos no responden igual que trabajadores experimentados; también limita la generalización porque la construcción no representa todas las especialidades.

Babalola et al. (2023) identificaron uso de tecnologías inmersivas para incendios, caídas, golpes, riesgos químicos, eléctricos, radiación y manipulación. La diversidad confirma utilidad potencial, pero impide tratar “VR” como dosis uniforme. Xie et al. (2021) reforzaron que la fidelidad debe seleccionarse por función. Una representación visual sofisticada aporta poco si la tarea evaluada depende de una secuencia, una comunicación o una señal táctil que el sistema no reproduce.

La brecha entre reacción, aprendizaje y transferencia

Stefan et al. (2023) organizaron 136 estudios mediante los niveles de Kirkpatrick. La reacción se midió con usabilidad, presencia, disfrute, motivación o preferencia. El aprendizaje se midió con pruebas de conocimiento, desempeño dentro de VR o tareas de transferencia. El desempeño dentro del simulador fue el método más frecuente; las pruebas de transferencia aparecieron en 26 estudios, 19,12 % del corpus. Conducta y resultados organizacionales fueron todavía menos comunes.

Esta brecha modifica la conclusión. Un estudiante puede memorizar dónde aparece un peligro en un escenario y fallar cuando cambia la distribución del taller. Puede sentirse presente y no comprender el control de riesgo. Puede completar una secuencia con ayudas visuales que no existen en la práctica. Por ello, una evaluación escolar necesita una tarea nueva: inspeccionar una maqueta, analizar un caso distinto, priorizar controles o explicar una decisión sin el visor.

El seguimiento también es escaso. En seguridad eléctrica de baja tensión, Stefan et al. (2024) informaron reacción favorable, aprendizaje y conservación sustantiva de conocimiento a cuatro semanas. La duración de 29 a 44 minutos fue considerada apropiada por la mayoría. Aun así, retener respuestas no demuestra ejecutar un bloqueo, seleccionar protección o detener una tarea insegura.

Evidencia directamente relacionada con educación vocacional

Boel et al. (2024) desarrollaron un juego serio de VR móvil y de bajo costo para percepción de peligros en educación secundaria vocacional. Participaron 8 docentes y 50 estudiantes de cinco escuelas. El proceso iterativo incorporó la voz de docentes y alumnado. Presencia, involucramiento, diseño, disfrute y utilidad fueron valorados positivamente.

El estudio es central por coincidencia poblacional, pero no debe sobreinterpretarse. No contó con comparador causal ni prueba de transferencia laboral. Demuestra que un prototipo puede adaptarse a estudiantes y resultar aceptable; no demuestra que reduzca accidentes o supere una estrategia activa no inmersiva. Su contribución más sólida son los principios de diseño y el codesarrollo.

La guía de la OIT (2022) sitúa esta tecnología dentro de un sistema más amplio. La seguridad debe atravesar currículo, práctica, evaluación, cultura institucional y tutoría en empresa. Una simulación no corrige por sí sola maquinaria sin resguardos, aulas saturadas, falta de supervisión o normas contradictorias.

Experimentos e implementaciones sectoriales

Makransky y Klingenberg (2022) estudiaron una simulación de evaluación dinámica de riesgos durante amarre. Un piloto incluyó 86 estudiantes de una escuela marítima; el estudio principal comparó VR con instructor personal en 28 marinos de Kiribati. La VR aumentó disfrute, motivación, aprendizaje percibido e intención declarada de cambio y redujo carga cognitiva extrínseca. No hubo diferencias significativas en autoeficacia ni actitudes de seguridad. La muestra pequeña y el predominio de autoinforme aconsejan cautela.

Kwegyir-Afful et al. (2021) evaluaron con 54 participantes una planta de generación a gas en VR para preparación ante incendios. Las percepciones apoyaron representar conciencia situacional, respuesta y mitigación; la experiencia laboral no produjo diferencias generales claras. El escenario permitió observar decisiones sin provocar un incendio, pero no midió actuación en una emergencia real.

Erten et al. (2022) examinaron VR y AR para sistemas fotovoltaicos. Checa et al. (2022) desarrollaron una aplicación para mantenimiento de motores de inducción. Gürer et al. (2023) integraron múltiples peligros en un juego serio para minería subterránea. Li et al. (2022) propusieron una plataforma MR con IoT. Estos casos muestran amplitud técnica y práctica segura, pero muchos evalúan el prototipo o la experiencia del usuario más que transferencia.

Haj-Bolouri et al. (2024) combinaron revisión y estudio de caso en formación contra incendios para operadores ferroviarios. Su marco vincula gamificación, experiencia inmersiva y aprendizaje laboral. La gamificación puede estructurar metas, consecuencias y retroalimentación, pero no debe trivializar un accidente ni recompensar velocidad sobre seguridad.

Diseño del escenario y causalidad del accidente

Seo et al. (2021) derivaron puntos de riesgo y escenarios de construcción eléctrica mediante entrevistas y análisis de accidentes. Esa ruta ofrece una regla reproducible: comenzar con peligros reales, tareas críticas y causas verificadas; después decidir qué debe simularse. Construir primero una escena vistosa y buscar luego un objetivo pedagógico invierte la lógica.

Dhalmahapatra et al. (2020) relacionaron modelos de causalidad, formación y VR. Un escenario centrado solo en el “error del usuario” puede enseñar una explicación pobre del accidente. Los incidentes emergen de interacción entre diseño, mantenimiento, supervisión, presión, comunicación y barreras. El aprendiz debe practicar también detener el trabajo, pedir ayuda, identificar un control ausente y elegir la jerarquía de controles.

Love et al. (2023), en laboratorios STEM y de educación técnica, muestran que accidentes y seguridad dependen de condiciones institucionales, formación, instalaciones y supervisión. Esa evidencia contextual impide presentar VR como sustituto de resguardos, equipo, señalización o procedimientos.

Cibermareo, carga y accesibilidad

Souchet et al. (2023) organizaron 90 factores relacionados con síntomas y efectos inducidos por VR: 50 de cibermareo, 14 de fatiga visual, 15 de fatiga muscular o malestar, 9 de estrés agudo y 2 de sobrecarga. Recomendaron diseñar tareas en intervalos de hasta 20 minutos, ofrecer una fase de exploración, limitar movimientos innecesarios, permitir personalización, monitorizar síntomas y detener el uso cuando aparezcan.

En un centro escolar, estas medidas requieren protocolo observable. Antes de la sesión se debe explicar que retirarse no afecta calificación. El área física debe despejarse y supervisarse. El visor debe ajustarse e higienizarse. Deben existir pausas, asiento si es compatible y una alternativa no inmersiva con el mismo objetivo. Cibermareo, abandono y ayuda técnica deben registrarse como resultados de factibilidad.

La accesibilidad no se resuelve bajando la dificultad. Una persona que no puede utilizar visor puede analizar el mismo escenario en pantalla, participar como observadora de seguridad, controlar decisiones de un equipo o usar material táctil. La equivalencia se define por competencia, no por hardware.

Arquitectura mínima para una intervención responsable

La Tabla 2 sintetiza una arquitectura derivada del corpus. El orden comienza por peligro y objetivo, no por dispositivo. Cada componente produce una evidencia evaluable y una salvaguarda.

Tabla 2. Arquitectura mínima de formación inmersiva responsable

Componente	Función pedagógica	Evidencia evaluable	Salvaguarda
Análisis del peligro	Definir decisión crítica y controles	Mapa validado por especialistas	No culpabilizar solo al individuo
Orientación	Aprender controles e interfaz	Demostración sin ayuda	Fase de exploración y salida voluntaria
Escenario	Practicar reconocimiento y decisión	Aciertos, omisiones y justificación	Sin exposición física real
Retroalimentación	Explicar consecuencia y control	Corrección comprendida	Sin humillación ni castigo
Debriefing	Relacionar acción con sistema de trabajo	Explicación y plan de mejora	Apoyo ante estrés o malestar
Transferencia	Resolver una tarea nueva	Rúbrica independiente	No reutilizar pistas del simulador
Seguimiento	Evaluar retención	Prueba diferida	Reentrenamiento no punitivo
Monitoreo	Evaluar tolerancia y acceso	Síntomas, abandono y ayuda	Pausas, higiene y alternativa equivalente

Discusión

Hallazgo principal

La evidencia apoya una conclusión condicional: la simulación inmersiva puede mejorar aprendizaje cuando permite practicar decisiones relevantes con retroalimentación, pero la transferencia y la conducta segura real están insuficientemente evaluadas. El efecto no proviene automáticamente de bloquear el mundo físico con un visor. Objetivo, fidelidad funcional, práctica, feedback, debriefing, comparador y medición determinan el valor pedagógico.

Las revisiones cuantitativas informan ventajas medias. Las revisiones metodológicas muestran que la mayoría de estudios se detiene en reacción o aprendizaje. Ambas afirmaciones pueden ser verdaderas. La decisión institucional no debe preguntar solamente “¿funciona VR?”, sino “¿para qué competencia, frente a qué método, con qué usuarios, qué evidencia de transferencia y qué costo de seguridad?”.

Implicaciones para Bachillerato Técnico

Una futura evaluación ecuatoriana debe comenzar con una unidad curricular y un peligro que no pueda practicarse de manera segura. Electricidad, atrapamiento, incendio, orden y limpieza o selección de protección son candidatos, siempre después de validación por docentes y especialistas. La versión inmersiva y el comparador activo deben tener el mismo contenido, tiempo y retroalimentación; diferir solo en el componente que se desea evaluar.

El desenlace principal puede ser reconocimiento y justificación en un escenario distinto. Una rúbrica debe valorar peligro identificado, gravedad, control seleccionado, orden de acciones, comunicación y decisión de detener el trabajo. El conocimiento inmediato es secundario; la retención a cuatro semanas y una inspección simulada física permiten aproximar transferencia.

La asignación por clases prevista originalmente continúa siendo metodológicamente razonable, pero solo después de contar con intervención, consentimiento, protocolo, instrumentos y análisis previamente definidos. Deben registrarse exposición, ayuda técnica, abandono, síntomas y violaciones del protocolo. El análisis por intención de tratar evita excluir a quienes no toleran el visor.

La alternativa accesible debe evaluarse, no asumirse inferior. Un diseño de no inferioridad podría estudiar si una versión en pantalla permite lograr la competencia esencial sin los riesgos del visor. Esto transforma accesibilidad en pregunta científica y no en concesión administrativa.

Criterios de decisión institucional

Antes de adquirir equipos, un centro puede preguntar: ¿qué peligro y decisión se entrenarán?, ¿qué parte no puede practicarse responsablemente de otra forma?, ¿quién validó el escenario?, ¿qué evidencia demostrará transferencia?, ¿qué síntomas se monitorizarán?, ¿qué alternativa equivalente existe?, ¿cómo se higieniza y mantiene el equipo?, ¿quién supervisa?, ¿qué ocurre ante malestar?, y ¿cómo se evita que la simulación sustituya controles reales? Si esas respuestas no existen, la tecnología no está lista para implementación.

Limitaciones

La búsqueda fue retrospectiva en agosto de 2026 con corte al 30 de abril de 2026. Crossref y OpenAlex no sustituyen búsquedas exhaustivas en bases cerradas. La selección y extracción fueron realizadas por un solo equipo. El corpus combina revisiones y estudios primarios, por lo que no deben sumarse muestras. Solo una fuente se centró directamente en secundaria vocacional. Muchos estudios midieron reacción, percepción o desempeño dentro de VR; transferencia y eventos adversos se reportaron de forma desigual. No se realizó metaanálisis ni evaluación formal de certeza.

Conclusiones

Las simulaciones inmersivas pueden ampliar la formación en seguridad al permitir práctica repetida de peligros que no deben recrearse físicamente. La evidencia favorece aprendizaje inmediato y, con menor certeza, retención. La transferencia fuera del simulador permanece insuficientemente demostrada.

Una intervención responsable comienza con el peligro, la competencia y el sistema de controles. Requiere escenario validado, orientación, retroalimentación, debriefing, prueba independiente, seguimiento y alternativa accesible. Presencia, disfrute y aprendizaje percibido no deben presentarse como conducta segura.

En Bachillerato Técnico, el visor no sustituye supervisión, práctica real controlada, resguardos ni certificación. La evidencia justifica codesarrollar y evaluar un piloto con medición de transferencia, cibermareo y equidad. No permite afirmar eficacia local ni reducción de accidentes ecuatorianos.

Declaraciones

Financiación: La investigación no recibió financiación externa.

Conflictos de intereses: La persona autora declara no tener conflictos de intereses.

Contribuciones de autoría (CRediT): Washington Claudio Chong-Tama: conceptualización, metodología, investigación, curación de datos, análisis formal, visualización, redacción del borrador y revisión y edición.

Uso de inteligencia artificial: Se emplearon herramientas de IA como apoyo editorial para organización y revisión lingüística. No se utilizaron para fabricar datos, fuentes ni resultados; la responsabilidad intelectual y la verificación final corresponden a la persona autora.

Disponibilidad de datos: La revisión utiliza fuentes públicas. El protocolo, registro de búsqueda, cribado y matriz forman parte del expediente anonimizado SG-2026-016.

Ética: No se recopilaban datos de participantes ni se ejecutó una intervención escolar.

Referencias

- Babalola, A., Manu, P., Cheung, C., Yunusa-Kaltungo, A., & Bartolo, P. (2023). Applications of immersive technologies for occupational safety and health training and education: A systematic review. *Safety Science*, 166, 106214. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106214>
- Bernabei, M., Colabianchi, S., Carli, M., Costantino, F., Ferrarotti, A., Neri, M., & Stabile, S. (2024). Enhancing occupational safety and health training: A guideline for virtual reality integration. *IEEE Access*. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3481668>
- Boel, C., Rotsaert, T., Valcke, M., Vanhulsel, A., & Schellens, T. (2024). Applying educational design research to develop a low-cost, mobile immersive virtual reality serious game teaching safety in secondary vocational education. *Education and Information Technologies*, 29, 8609–8646. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12126-4>
- Checa, D., Saucedo-Dorantes, J. J., Osornio-Rios, R. A., Antonino-Daviu, J. A., & Bustillo, A. (2022). Virtual reality training application for the condition-based maintenance of induction motors. *Applied Sciences*, 12(1), 414. <https://doi.org/10.3390/app12010414>
- Dhalmahapatra, K., Das, S., & Maiti, J. (2020). On accident causation models, safety training and virtual reality. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*. <https://doi.org/10.1080/10803548.2020.1766290>
- Erten, B., Oral, B., & Yakut, M. Z. (2022). The role of virtual and augmented reality in occupational health and safety training of employees in PV power systems and evaluation with a sustainability perspective. *Journal of Cleaner Production*, 379, 134499. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134499>

- Gürer, S., Surer, E., & Erkeyaoğlu, M. (2023). MINING-VIRTUAL: A comprehensive virtual reality-based serious game for occupational health and safety training in underground mines. *Safety Science*, 167, 106226. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106226>
- Haj-Bolouri, A., Katende, J., & Rossi, M. (2024). Gamified immersive safety training in virtual reality: A mixed methods approach. *Journal of Workplace Learning*, 36(7), 516–538. <https://doi.org/10.1108/JWL-01-2024-0008>
- International Labour Organization. (2022). *OSH and youth: Guide for mainstreaming occupational safety and health in vocational training programmes*. https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@ed_protect/@protrav/@safework/documents/publication/wcms_864627.pdf
- Kwegyir-Afful, E., Hassan, T. O., & Kantola, J. I. (2021). Simulation-based assessments of fire emergency preparedness and response in virtual reality. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*. <https://doi.org/10.1080/10803548.2021.1891395>
- Li, C. H. J., Liang, V., Chow, Y. T. H., Ng, H.-Y., & Li, S.-P. (2022). A mixed reality-based platform towards human-cyber-physical systems with IoT wearable device for occupational safety and health training. *Applied Sciences*, 12(23), 12009. <https://doi.org/10.3390/app122312009>
- Love, T. S., Roy, K. R., & Sirinides, P. (2023). A national study examining safety factors and training associated with STEM education and CTE laboratory accidents in the United States. *Safety Science*, 160, 106058. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.106058>
- Makransky, G., & Klingenberg, S. (2022). Virtual reality enhances safety training in the maritime industry: An organizational training experiment with a non-WEIRD sample. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38(4), 1127–1140. <https://doi.org/10.1111/jcal.12670>
- Man, S. S., Wen, H., & So, B. C. L. (2024). Are virtual reality applications effective for construction safety training and education? A systematic review and meta-analysis. *Journal of Safety Research*, 88, 230–243. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2023.11.011>
- Peters, M. D. J., et al. (2020). Updated methodological guidance for the conduct of scoping reviews. *JBIM Evidence Synthesis*, 18(10), 2119–2126. <https://doi.org/10.11124/JBIES-20-00167>
- Scorgie, D., Feng, Z., Paes, D., Parisi, F., Yiu, T. W., & Lovreglio, R. (2024). Virtual reality for safety training: A systematic literature review and meta-analysis. *Safety Science*, 171, 106372. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2023.106372>
- Seo, H. J., Park, G. M., Son, M., & Hong, A.-J. (2021). Establishment of virtual-reality-based safety education and training system for safety engagement. *Education Sciences*, 11(12), 786. <https://doi.org/10.3390/educsci11120786>
- Souchet, A. D., Lourdeaux, D., Burkhardt, J.-M., & Hancock, P. A. (2023). Design guidelines for limiting and eliminating virtual reality-induced symptoms and effects at work: A comprehensive, factor-oriented review. *Frontiers in Psychology*, 14, 1161932. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1161932>
- Stefan, H., Mortimer, M., & Horan, B. (2023). Evaluating the effectiveness of virtual reality for safety-relevant training: A systematic review. *Virtual Reality*. <https://doi.org/10.1007/s10055-023-00843-7>
- Stefan, H., Mortimer, M., Horan, B., & McMillan, S. (2024). How effective is virtual reality for electrical safety training? Evaluating trainees' reactions, learning, and training duration. *Journal of Safety Research*, 90, 48–61. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2024.06.002>

- Tricco, A. C., et al. (2018). PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR). *Annals of Internal Medicine*, 169(7), 467–473. <https://doi.org/10.7326/M18-0850>
- Xie, B., Liu, H., Alghofaili, R., Zhang, Y., Jiang, Y., Lobo, F. D., Li, C., Li, W., Huang, H., Akdere, M., Mousas, C., & Yu, L.-F. (2021). A review on virtual reality skill training applications. *Frontiers in Virtual Reality*, 2, 645153. <https://doi.org/10.3389/frvir.2021.645153>