



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

REALIDAD VIRTUAL COMO
HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN Y
EVALUACIÓN EN ACTIVIDADES DE
MANIPULACIÓN MANUAL DE
CARGAS

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA
OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN
ERGONOMÍA Y PSICOSOCIOLOGÍA
APLICADA AL TRABAJO

CAROLINA ESTEFANY HUAPAYA
PAREDES

LIMA – PERÚ

2026

ASESOR

Mg. Armando Willy Talaverano Ojeda

JURADO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

MG. BRUNELLA YSABEL LIZARDO OTERO

PRESIDENTE

MG. MIRKO ROGERS PEZOA VILLANUEVA

VOCAL

MG. CLAUDIA MYLENA TIRADO COSSER

SECRETARIA

DEDICATORIA.

A mi madre, mi mayor bendición y guía en la vida.

Y a mi fiel compañera de cuatro patas, Wichita.

AGRADECIMIENTOS.

A las personas que me apoyaron en el proceso.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO.

Trabajo de Investigación Autofinanciado

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Los egresados:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES
1.	HUAPAYA PAREDES CAROLINA ESTEFANY

Pertenecientes al programa de la **MAESTRÍA EN ERGONOMÍA Y PSICOSOCIOLOGÍA APLICADA AL TRABAJO**, autores del trabajo titulado: **REALIDAD VIRTUAL COMO HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN Y EVALUACIÓN EN ACTIVIDADES DE MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS**, el cual ha sido elaborado, sustentado y aprobado, según corresponda, para optar por el grado de **MAESTRO EN ERGONOMÍA Y PSICOSOCIOLOGÍA APLICADA AL TRABAJO** bajo la modalidad de **TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**.

En calidad de docentes asesores de la Universidad Peruana Cayetano Heredia:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES DEL DOCENTE	FACULTAD	NIVEL DE ASESORÍA
1.	TALAVERANO OJEDA ARMANDO WILLY	FAMED	ASESOR

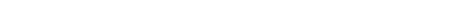
Declaramos que el contenido del presente documento es original y que las citas y referencias a otros autores cumplen con las normas académicas establecidas. En ese sentido, hacemos constar que:

- El documento presenta un porcentaje de similitud de **18%**, según el reporte emitido por el software **Turnitin®** (identificador de entrega: **2947862496**; fecha de entrega: **29-04-2026**).
- Tras una revisión detallada del reporte y del contenido del trabajo en cuestión, no se han identificado indicios de plagio.
- Se certifica que el documento respeta los principios de integridad académica y cumple con los requisitos institucionales de originalidad.

Lugar y fecha: Lima, 29 de abril de 2026



Firma del asesor
N° DNI: 10503105
ORCID: 0000-0003-3541-6180



Firma del Co-asesor
N° DNI:
ORCID:

ÍNDICE

RESUMEN
ABSTRACT

I.	INTRODUCCION	1
II.	OBJETIVOS	7
III.	METODOLOGÍA	8
IV.	DESARROLLO DEL ESTUDIO	11
V.	CONCLUSIONES	47
VI.	RECOMENDACIONES	52
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

RESUMEN

Introducción: La manipulación manual de cargas (MMC) implica esfuerzos físicos y mentales que pueden producir trastornos musculoesqueléticos (TME), afectando la productividad y vida laboral de los trabajadores. Existen diferentes métodos de prevención para reducir o evitar las enfermedades, destacando las evaluaciones tradicionales y capacitaciones monótonas con un aprendizaje memorístico, poco interactivo. La realidad virtual (RV) surge como una herramienta innovadora que crea ambientes digitales para interactuar dentro de escenarios laborales auténticos y obtener conocimientos de forma segura. **Objetivo:** Realizar una revisión bibliográfica del uso de la realidad virtual como herramienta de prevención y evaluación en actividades de manipulación manual de cargas. **Metodología:** El presente trabajo tendrá un diseño de tipo narrativo de revisión de artículos con fuentes de información publicada entre el período de enero de 2016 y diciembre de 2025 en idioma español e inglés, usando los buscadores Pubmed, Elsevier, Scielo, Scopus, ScienceDirect, Google académico y excluyendo a los artículos que contengan cartas al editor y sin acceso al texto completo. **Resultados:** La RV ofrecería un mejor resultado de aprendizaje frente a la capacitación tradicional y en la evaluación de los trabajadores, por ser un método preventivo, los trabajadores reconocerían de una forma más eficaz las situaciones peligrosas previniéndolas y reduciría tanto los riesgos laborales como los costos por reparaciones. **Conclusiones:** La MMC constituye un riesgo disergonómico importante asociado a la alta prevalencia de TME, especialmente en sectores como el de construcción, frente a ello la RV se presenta como una herramienta innovadora tanto para la capacitación preventiva como para la evaluación ergonómica mediante simulación

y análisis postural. **Recomendaciones:** Implementar progresivamente la RV en la capacitación y evaluación ergonómica de actividades con MMC, especialmente en sectores con alta prevalencia de TME, realizando estudios piloto que evalúen su eficacia y viabilidad técnica para asegurar la adopción de esta tecnología.

PALABRAS CLAVE

MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS, REALIDAD VIRTUAL, TRASTORNOS MUSCULOESQUELÉTICOS, RIESGO DISERGONÓMICO, PREVENCIÓN.

ABSTRACT

Introduction: Manual handling of loads (MHL) involves physical and mental exertion that can lead to musculoskeletal disorders (MSDs), impacting worker's productivity and work life. Various prevention methods exist to reduce or avoid these illnesses, including traditional assessments and monotonous training programs with rote learning and limited interaction. Virtual reality (VR) has emerged as an innovative tool that creates digital environments for interacting with authentic work scenarios and acquiring knowledge safely. **Objective:** To conduct a literature review of the use of virtual reality as a prevention and evaluation tool in manual handling of loads activities. **Methodology:** This work will have a narrative design of article review with information sources published between the period of January 2016 and December 2025 in Spanish and English, using the search engines Pubmed, Elsevier, Scielo, Scopus, ScienceDirect, Google Scholar and excluding articles that contain letters to the editor and without access to the full text. **Results:** VR would offer better learning outcomes compared to traditional training and worker assessment. As a preventative method, VR would allow workers to more effectively recognize and prevent hazardous situations, reducing both occupational risks and repair costs. **Conclusions:** MHL constitutes a significant ergonomic risk associated with the high prevalence of MSDs, especially in sectors such as construction. VR presents itself as an innovative tool for both preventative training and ergonomic assessment through simulation and postural analysis. **Recommendations:** Progressively implement VR in training and ergonomic assessment of activities involving MHL, especially in sectors with a high

prevalence of MSDs, conducting pilot studies to evaluate its effectiveness and technical feasibility to ensure the adoption of technology.

KEYWORDS

MANUAL HANDLING OF LOADS, VIRTUAL REALITY, MUSCULOSKELETAL DISORDERS, ERGONOMIC RISK, PREVENTION.

I. INTRODUCCION

La actividad laboral en el transcurso de los tiempos se ha concebido como uno de los soportes principales de la evolución de los humanos determinando su salud y calidad de vida, pero también mostrándose como un peligro latente por causar enfermedades y accidentes laborales; en la Revolución Industrial con la inclusión de máquinas y un ritmo de trabajo capitalista se fue detectando un incremento de alteraciones vinculadas al trabajo como problemas de miembros superiores por tareas mecanizadas, movimientos repetitivos y posturas mantenidas sin descansos, es por lo que para garantizar buenas condiciones laborales y el bienestar de los trabajadores es que se crean políticas dentro de la salud ocupacional (Arango Soler et al., 2020).

Desde la Antigüedad, se demuestra que uno de los primeros que presentaron trastornos musculoesqueléticos (TME) fueron los egipcios, donde los albañiles e incluso los mismos constructores de las pirámides los presentaron, por lo que luego se empezaron a clasificar los tipos de tareas que podrían ocasionar lesiones a los trabajadores (Arango Soler et al., 2020).

En la actualidad uno de ellos es la manipulación manual de cargas (MMC), que incluye cualquier actividad realizada por uno o varios trabajadores en la cual se realice el transporte o sujeción de una carga, como lo son el levantamiento, empuje, colocación, desplazamiento o tracción de esta; por lo que al necesitar con frecuencia de un esfuerzo físico significativo pueden producir trastornos musculoesqueléticos e incluso hasta afectar en los colaboradores su calidad de vida (Amaguaya Vizúete et al., 2024).

Con ello, los TME son alteraciones que producen dolor y afectan a tendones, ligamentos, articulaciones, nervios y vasos sanguíneos; los cuales se puede producir en diferentes partes del cuerpo y son una de las causas más frecuentes de discapacidad a nivel mundial en el campo laboral, pueden disminuir la productividad laboral, incrementar el ausentismo por enfermedad o peor aún acortar la vida laboral de los trabajadores, lo que representaría un problema de significancia dentro del ámbito de salud ocupacional (Torres-Ruiz, 2023). Los trabajadores expuestos a cargas físicas, como los que pertenecen a las industrias de construcción y minería, presentarán afecciones con mayor frecuencia en columna dorsal o lumbar por realizar desplazamientos con cargas, movimientos repetitivos, manipulación manual o tener malas posturas en un tiempo prolongado (Chango et al., 2023).

Adicional a esto, teniendo en cuenta que dentro de los centros laborales, para realizar una tarea no solo requerimos de esfuerzo físico sino también de un esfuerzo mental, se ha observado que los trabajadores al sufrir una alta carga laboral, un control limitado de las situaciones, un desequilibrio entre el esfuerzo y la recompensa e inadecuadas condiciones del entorno como injusticias dentro de la organización podrían tener como resultado daños tanto en su salud física como mental, tal sería el caso del estrés y un agotamiento que podrían convertirse en enfermedades crónicas de gravedad (Castilla-Molina et al., 2022). En contraste con esto, es importante que se priorice la seguridad y el bienestar laboral para garantizar la productividad y el desempeño de los colaboradores (Carrera Abanto, 2022).

Si bien en el país nuestra normativa de seguridad y salud en el trabajo exige a las organizaciones, como a las del sector de construcción, la implementación de un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo que promueva una cultura

preventiva e involucre a los colaboradores, son pocas las empresas que incluyen estos requisitos a su organización y por lo que se debería fortalecer el crecimiento económico junto con una cultura de prevención para disminuir los accidentes laborales (Sevillano Monterroso & Vallejo Romo, 2024).

En ese sentido, la Ley N°29783 de Seguridad y Salud en el Trabajo fomenta en todas las organizaciones del Perú esta cultura de prevención pidiendo requisitos como los exámenes médico ocupacionales, solicitando información sobre las enfermedades y accidentes laborales; siendo este último un tema relevante de estudio (Miñan-Olivos et al., 2020).

Además, tenemos procesos dentro de la normativa para prevenir los accidentes laborales como lo es la Identificación de Peligros, Evaluación de Riesgos y Controles (IPERC), el cual tiene la función de regularizar que las empresas industriales tengan un procedimiento con el que los trabajadores puedan identificar y evitar riesgos con capacitaciones que sean eficientes (Rodríguez Mendoza et al., 2024).

Según la Organización Internacional del Trabajo (2023) estima que cerca de tres millones de trabajadores mueren cada año a causa de accidentes y enfermedades relacionadas con el trabajo, lo que significa un incremento superior al 5% en comparación con el 2015; de este total aproximadamente 2,6 millones de muertes se deben a enfermedades de origen laboral y alrededor de 330000 accidentes de trabajo, asimismo identifica a la agricultura, la silvicultura, la construcción, la industria manufacturera y la pesca como los sectores más peligrosos responsables del 63% de las lesiones profesionales mortales. Por ejemplo en Ecuador en el año

2024 se reportaron 13298 expedientes como accidentes laborales, lo cual afectó a su economía nacional, debido a que los costos por accidentes fluctuaron entre el 2% al 4% del PIB (Valdivieso et al., 2025).

En nuestro país, tomando las cifras del Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo (2025) , entre enero y noviembre del 2025 se indica que el número total de accidentes laborales alcanzaron los 44500 casos, de los cuales 43700 accidentes de trabajo fueron no mortales, con 218 accidentes de trabajo fueron mortales y se recibieron 133 notificaciones de enfermedades ocupacionales. Por lo que si se implementara la observación preventiva a los ambientes de trabajo, materiales, equipos y personas como herramienta de prevención y detección de la causa de irregularidades con su respectiva acción correctiva se podrían prevenir accidentes de trabajo (Mantará, 2023). Pese a esto, en diversos estudios se demuestra que hay un número alto de organizaciones que no identifican o evalúan de una forma óptima los peligros y riesgos en sus puestos de trabajos, incluso no cuentan con servicios de salud ocupacional que les brinde exámenes médico – ocupacionales a los trabajadores o un comité de seguridad y salud dentro de las organizaciones, dándonos a conocer que si bien las normativas se lo piden a las empresas, estas no incluyen un adecuado sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo (Miñan-Olivos et al., 2020).

Sumando a lo expuesto anteriormente, las investigaciones demuestran que si los trabajadores tienen una experiencia positiva o negativa dentro de sus entornos laborales dependerá de la percepción que estos mismos tengan con respecto a la gestión y capacitación de riesgos en sus organizaciones; quiere decir que mientras tengan mayores capacitaciones sobre la prevención de accidentes como una cultura

preventiva, los colaboradores tendrán una mejor actitud frente a sus labores (Sevillano Monterroso & Vallejo Romo, 2024). Sin embargo, la mayoría de estos programas de capacitación suelen ser monótonas con mucha información lo que lleva al trabajador a tener un aprendizaje memorístico y poco interactivo con su ambiente de trabajo (Tichon & Scott, 2019).

En los últimos años, la tecnología nos está permitiendo explorar nuevas herramientas como la realidad extendida que combina un entorno físico con lo virtual o proporciona experiencias completamente inmersivas a través de la inteligencia artificial, la cual engloba a la realidad virtual (RV), realidad aumentada (RA) y realidad mixta (RM); donde la diferencia entre la RA y la RV será que la primera tiene objetos y lugares físicos con contenido virtual que se añaden al mundo real mientras que la RV tiene una experiencia más inmersiva involucrando una interacción o manipulación con los elementos virtuales incluidos en un entorno totalmente simulado, ayudaría a crear ambientes digitales laborales auténticos permitiendo a los trabajadores experimentar y obtener conocimientos de forma segura (Ayala-Zúñiga et al., 2022; Valdivieso et al., 2025).

La RV va demostrando tener un buen efecto en el aprendizaje de los trabajadores dentro de las capacitaciones de identificación de riesgos (Rodríguez Mendoza et al., 2024) y con ello se pueda prevenir tanto lesiones como accidentes laborales (Tichon & Scott, 2019). Además que posterior a la experiencia del uso de la realidad virtual de los colaboradores, se ha observado que a nivel de conciencia, intención o motivación estos presentan una alta disposición a aplicar los conocimientos aprendidos dentro de su entorno laboral, lo cual también la haría una herramienta efectiva para prevenir, promocionar e intervenir en los factores de

riesgo psicosocial y permitiría a un observador experimentado evaluar el comportamiento de los trabajadores frente a diversas situaciones (Castilla-Molina et al., 2022). Pero no solo ofrecería un mejor resultado de aprendizaje frente a la capacitación tradicional como lo son las conferencias, si no también tendría un impacto dentro del ámbito económico, ya que al ser un método preventivo, los trabajadores reconocerían de una forma más eficaz las situaciones peligrosas previniéndolas; por lo que, la implementación de esta nueva tecnología ayudaría a reducir tanto a los riesgos laborales como a los costos por reparaciones (Castillo Oliva et al., 2023). Como se observa el introducir la RV dentro de los programas de prevención dentro de las empresas tendría beneficios, empero, investigaciones también demostrarían que con los medios inmersivos como la realidad virtual, el aprendizaje sobre los riesgos ergonómicos en los trabajadores no sería suficiente como para que continúen poniéndolo en práctica dentro de sus lugares de trabajo un promedio de tres meses después de aplicada la sesión (Diego-Mas et al., 2020).

El estudio de la RV aplicándolo en el campo de la salud ocupacional, sobre todo en colaboradores que realizan manipulación de cargas, aún es incipiente en muchos países, incluyendo el nuestro. Por lo expuesto anteriormente ¿Cuál es la información actualizada sobre los beneficios y desventajas del uso de la realidad virtual como herramienta de prevención y evaluación en actividades de manipulación de cargas? El siguiente trabajo de investigación realizará una revisión bibliográfica relacionada con el uso de la realidad virtual para la prevención en trabajadores que realizan manipulación manual de cargas.

II. OBJETIVOS

II.1. Objetivo general

Realizar una revisión bibliográfica del uso de la realidad virtual como herramienta de prevención y evaluación en actividades de manipulación manual de cargas.

II.2. Objetivos específicos

- a) Identificar los factores de riesgos disergonómicos en las actividades de los trabajadores que realizan manipulación manual de cargas.
- b) Describir la aplicación del uso de la realidad virtual como herramienta de prevención en actividades de manipulación manual de cargas.
- c) Describir la aplicación del uso de la realidad virtual como herramienta de evaluación en actividades de manipulación manual de cargas.
- d) Describir los beneficios y desventajas del uso de la realidad virtual para prevenir riesgos disergonómicos en las actividades de los trabajadores que realizan manipulación manual de cargas.

III. METODOLOGÍA

El presente estudio tiene un diseño de tipo narrativo de revisión de artículos con fuentes de información existentes sobre el tema de estudio.

Se consideraron los siguientes criterios de inclusión:

- a) Estudios de investigación primarios y secundarios.
- b) Estudios cuya fecha de publicación esté comprendida entre enero de 2016 y diciembre de 2025.
- c) Artículos en idioma español e inglés.
- d) Libros referentes al tema de investigación y Guías técnicas.

Se consideraron los siguientes criterios de exclusión:

- a) Artículos que contengan cartas al editor.
- b) Artículos sin acceso al texto completo.
- c) Artículos de investigación que consideren Manipulación Manual de Personas.

Los procedimientos y técnicas desarrollados en el presente estudio fueron:

- a) Se utilizaron fuentes de información que contienen artículos científicos como Pubmed, Elsevier, Scielo, Scopus, ScienceDirect, Google académico.
- b) Se seleccionaron artículos relevantes que contenían la información requerida para el estudio de esta investigación.
- c) Se creó una tabla de base de datos donde se registró la información necesaria para la realización de este estudio.
- d) Se realizó un análisis cualitativo de la información recopilada.

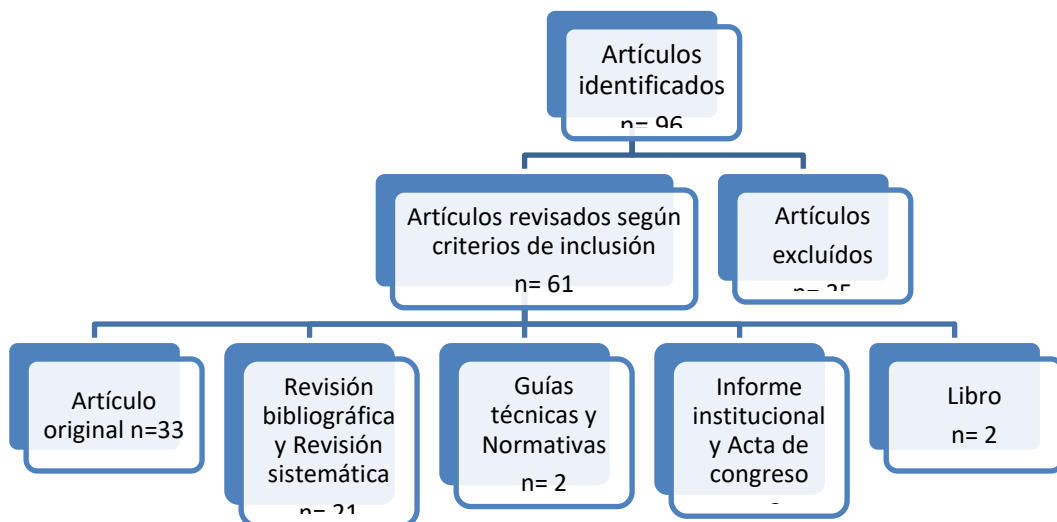
En relación con el procesamiento y análisis de la información, se elaboró de la siguiente forma:

- a) Los artículos científicos fueron registrados en una base de datos en Microsoft Excel. La base de datos creada fue gestionada solamente por el investigador principal.
- b) La información de los artículos fue analizada según las categorías antes descritas en los objetivos específicos, obteniendo un informe final con la debida redacción de las conclusiones y recomendaciones del estudio.

Las consideraciones éticas fueron las siguientes:

- a) Se realizó una solicitud al Comité de Ética de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH) y se obtuvo su aprobación.
- b) Se consideraron los principios bioéticos y los derechos de autoría intelectual en el desarrollo del presente estudio.
- c) Por ser una revisión narrativa no implicó riesgo alguno en humanos ni animales.

Para el presente estudio se obtuvo como resultado de la búsqueda de información lo siguiente:



De acuerdo con la información recopilada, se identificaron 96 artículos científicos, de los cuales 61 cumplieron con los criterios de inclusión establecidos, mientras que 35 fueron excluidos por no ajustarse a los criterios previamente descritos.

IV. DESARROLLO DEL ESTUDIO

IV.1. Riesgos disergonómicos en las actividades de los trabajadores que realizan manipulación manual de cargas.

La MMC es cualquier operación de sujeción o transporte de una carga por uno o varios trabajadores, comprendiendo como carga a lo que puede ser una persona, animal o cualquier elemento que iguale o supere los 3 kg y esta sea levantada, colocada, empujada, traccionada o desplazada; por lo que la hace un riesgo disergonómico para los trabajadores expuestos (INSST, 2024).

Según el Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo (2008), los riesgos disergonómicos son el conjunto de atributos del puesto o la tarea que inciden en aumentar la probabilidad de producir una lesión en el individuo que esté expuesto a ellos en su trabajo, como lo es la MMC y estos pueden causar TME.

Definiéndose a los TME dentro del campo de la salud ocupacional, como las condiciones que perjudican a músculos, tendones, articulaciones y otras estructuras del cuerpo de los trabajadores al realizar actividades propias de sus puestos laborales, con factores desencadenantes como la carga postural, tareas repetitivas, carga de pesos, posturas mantenidas e inclusive por el mobiliario inadecuado; los TME que llegan a ser graves a largo plazo pueden reducir la productividad y acortar la vida laboral, comprometer la calidad de vida y hasta ocasionar alguna discapacidad laboral crónica (Torres-Ruiz, 2023).

En el 2019, un análisis reciente de los datos correspondientes a la Carga Mundial de Enfermedades (GBD) evidenció que aproximadamente 1710 millones de personas a nivel mundial presentan afecciones

musculoesqueléticas, entre las que se incluyen el dolor cervical y lumbar, fracturas óseas, osteoartritis, artritis reumatoide y otras lesiones relacionadas (Nugraha & Widajati, 2024). En esa misma línea, de acuerdo con una encuesta realizada por la Agencia Europea para la Seguridad en el Trabajo, en el contexto europeo, aproximadamente el 60% de las afecciones vinculadas al ámbito laboral comprometen el sistema musculoesquelético, destacándose la espalda como la zona más afectada (Leggieri et al., 2024).

Uno de los sectores que realiza la MMC es el de construcción, conocida como una industria de alto riesgo debido a que los trabajadores llegan a manipular cargas mayores a las permitidas y están expuestos a altas demandas físicas; además que por las formas de organización laboral, los empleadores no suelen considerar las capacitaciones o un diseño adecuado de los puestos de trabajo como el de regular los tiempos de descanso, la jornada laboral, la remuneración y el tipo de contratación, por lo que desencadenaría una variedad de factores de riesgos disergonómicos que pueden causar daños a la salud física como los TME e incluso su relación con el estrés también estaría correlacionada (García Zambrano, 2019).

En una revisión realizada por Almaskati et al. (2024) sobre la seguridad en el rubro de construcción, clasifican los peligros de la siguiente manera:

- **Riesgos Primarios:**

Incluyen caídas desde altura (principal causa de muertes), resbalones y tropiezos, atrapamientos, golpes por objetos o maquinaria y electrocución; donde la mayoría de estos accidentes se asocian a fallas en las medidas de

seguridad, uso inadecuado de equipos de protección y deficiente capacitación, por lo que se destaca la importancia de reforzar la prevención mediante estrategias formativas y tecnológicas.

- **Peligros Físicos:**

En la industria de la construcción se incluyen deficiencias de iluminación, exposición prolongada al ruido que puede generar pérdida auditiva y dificultad en la comunicación, las temperaturas extremas que pueden afectar la capacidad cognitiva y fisiológica incrementando la probabilidad de accidentes, inclusive los incendios representan una amenaza significativa debido a sistemas de protección insuficientes, por lo que resulta fundamental fortalecer las medidas preventivas y la capacitación en seguridad.

- **Peligros Químicos:**

Estos peligros incluyen gases, vapores, polvos y humos que pueden generar efectos agudos o crónicos en la salud, como trastornos respiratorios, cáncer y afecciones cutáneas; sustancias como compuestos orgánicos volátiles, pinturas con plomo y materiales tratados, contaminantes transportados por el aire como el polvo fino generado por actividades constructivas; por ello, es fundamental identificar los materiales peligrosos, promover su sustitución y garantizar el uso adecuado de equipos de protección personal.

- **Riesgos Ergonómicos y otros:**

Se relacionan con la MMC, posturas inadecuadas, cargas pesadas, movimientos repetitivos y vibraciones, factores que incrementan la probabilidad de TME, a su vez se encuentran las actividades de operación

de maquinaria pesada, como grúas torre que introduce peligros asociados principalmente a factores humanos y fallas en la gestión de seguridad; por otro lado, el colapso de andamios y los derrumbes en excavaciones representan amenazas graves y frecuentemente subestimadas, con alto potencial de accidentes fatales por deficiencias en el diseño, montaje o medidas preventivas.

En la actualidad, dentro del campo de la ergonomía, existen diversos métodos de evaluación y, según los factores de riesgo que se deseen evaluar, es posible seleccionar el que mejor se adapte (Mejía Pacheco et al., 2019). Para la MMC, como Kandananond, Karin (2018) detalla que se pueden utilizar las siguientes herramientas de evaluación:

- **Ecuación de Levantamiento de Cargas del National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH):**

Se emplea para evaluar tareas que implican la MMC, permite determinar el peso máximo de levantamiento recomendado y para determinarlo requiere la distancia vertical, horizontal, el ángulo, la frecuencia y peso de la carga.

- **Tabla Psicofísica de Snook y Ciriello:**

Permite determinar el peso máximo de levantamiento en función del género, la distancia horizontal y el percentil de la población.

- **Directrices de levantamiento de la Universidad Estatal de Ohio (OSU):**

Establece lineamientos para el diseño de tareas de levantamiento.

En los estudios recientes de Gamboa Tubay (2025) muestran que dentro de la industria cacaotera la MMC es aún una actividad preponderante en la tarea de

secado y desbaste del cacao por lo que al evaluar los riesgos disergonómicos a través de metodologías como la Ecuación de Levantamiento de Cargas del NIOSH, el Ovako Working Análisis System (OWAS) y el Rapid Entire Body Assessment (REBA) se detectaron cinco tareas de mayor riesgo en el lugar evaluado, que fueron el levantamiento manual de sacos de cacao (52kg), el transporte manual de sacos, el volteo y aireado del cacao en bandejas, la carga y descarga de bandejas de secado y el estirado del grano en el área de secado; demostrando que hay la presencia de esfuerzo físico, carga muscular, desgaste y fatiga acumulada que pueden perjudicar el bienestar y salud del personal que realiza estas actividades.

A pesar del desarrollo tecnológico, otra industria que requiere de trabajo manual, posturas forzadas y manipulación de cargas es el de la industria del curtido, observándose en esta última mayor tensión en la columna vertebral además de fatiga de los brazos en los movimientos realizados por encima de los hombros, lo que conllevaría a ocasionar TME en espalda alta y baja, hombros, caderas y rodillas; desencadenando lumbalgias, ciáticas, hernias discales, dolores musculares e incluso escoliosis en los trabajadores expuestos a estos riesgos (Grefa-Tanguila & Rosero-Mantilla, 2022).

Según Rodríguez (2022) en un estudio realizado a 165 trabajadores panameños de sexo masculino del sector de construcción, donde el objetivo era analizar el riesgo disergonómico asociados a la MMC, se determinó por medio de encuestas que el 80% de los obreros realizaban tareas de carácter manual con una alta frecuencia de MMC dentro de sus puestos de trabajo; además que el 61% de los trabajadores refirió que padecían de lumbalgias y el 18% de

cervicalgias, esto debido a los esfuerzos físicos muy pesados que realizaban dentro de sus puestos de trabajo.

En otro estudio ergonómico realizado por Ibarra-Villanueva & Astudillo-Cornejo (2021) donde participaron 4 trabajadores que realizaban MMC de productos cárnicos, pertenecientes a los puestos de cargador y cargador – conductor, con tareas de carga y descarga de los productos, se concluyó mediante entrevista y análisis cinemático que las cargas con las que trabajaba el personal superaban el límite establecido por la NIOSH y producía una compresión a nivel lumbar L4-L5 y en L5-S1, lo que implicaría un riesgo importante para los discos intervertebrales y de padecer algún TME en la columna vertebral.

En adición a esto, Gordillo-Montero & Peralta-Beltrán (2024), en un estudio realizado a 55 trabajadores de un área de obreros en Ecuador con el objetivo de evaluar el riesgo disergonómico y el impacto en los TME asociados con la manipulación de cargas pesadas, obtuvo como resultado con respecto a las molestias musculoesqueléticas el 33% refirió molestias en la zona dorsal o lumbar, el 27% en las rodillas y el 18% presentó molestias en el cuello; mientras que sobre las condiciones de seguridad, el 75% percibió que estas eran insuficientes y sobre las capacitaciones el 49% informó que no tenían instrucción sobre los riesgos laborales, cuando las capacitaciones son esenciales para generar conciencia sobre los riesgos vinculados con la manipulación de cargas pesadas entre otras actividades laborales.

Por lo expuesto, se evidencia que las tareas de MMC presentan un factor disergonómico de alto riesgo asociado con la aparición de TME en los trabajadores que estén expuestos a estas actividades de levantamiento y traslado incorrecto, sobreesfuerzos y exposición a posturas forzadas; ocasionando dolor y lesiones musculoesqueléticas sobre todo en columna lumbar, hombros y miembros superiores; como en un estudio realizado al sector industrial de alimentos en Indonesia reportó que los riesgos disergonómicos resultantes de la manipulación manual de materiales se relacionan con una alta prevalencia de TME, mostrando la importancia de implementar controles preventivos para disminuir estos riesgos en los trabajadores (Nugraha & Widajati, 2024)

IV.2. Aplicación del uso de la realidad virtual como herramienta de prevención en actividades de manipulación manual de cargas

En el país, la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo determina el deber de todas las empresas de identificar los peligros, evaluar los riesgos e implementar controles, como un sistema de gestión de seguridad con la participación de los trabajadores en la prevención de accidentes; por consiguiente, se deben fortalecer los programas de capacitación en prevención para concientizar sobre los riesgos y evitarlos, que asegure una cultura de seguridad (Sevillano Monterroso & Vallejo Romo, 2024).

Como una forma de prevención se tienen a las capacitaciones y a nivel local, los incidentes laborales ocasionados por la falta de programas de capacitación efectivos en prevención de riesgos dentro de las empresas industriales de la ciudad de Trujillo generan un impacto económico significativo, equivalente

aproximadamente al 4% del Producto Bruto Interno (PBI); por lo que, esta situación representa una pérdida considerable que afecta el ritmo productivo en diversas industrias y generalmente la formación en riesgos laborales se desarrolla mediante manuales, materiales audiovisuales y sesiones teóricas, mientras que las actividades prácticas son aplicadas con poca frecuencia por sus costos elevados y la ausencia de una capacitación continua (Rodríguez Mendoza et al., 2024).

Tejada (2024) sostiene que una herramienta pedagógica que va consolidándose dentro del campo de la capacitación y el entrenamiento es la RV, por su potencial para generar escenarios tanto inmersivos como dinámicos y por consiguiente presentan ventajas por encima de otros métodos tradicionales; argumenta que los campos con mayor impacto positivo por el uso de RV son:

a) En la educación:

Ofrece múltiples aplicaciones en el campo educativo, debido a su capacidad para generar entornos de aprendizajes inmersivos, ampliar las posibilidades de la educación a distancia y contribuir al apoyo de personas con dificultades o discapacidades.

b) En la medicina:

La RV ha sido empleada desde hace varios años en el ámbito médico, principalmente como herramienta de formación y en la actualidad los profesionales de la cirugía la utilizan para ensayar procedimientos quirúrgicos antes de aplicarlos en pacientes reales, por lo que ha contribuido significativamente a la reducción de errores durante las intervenciones.

c) En el ejército:

Esta tecnología ha transformado las estrategias de preparación militar mediante el uso de entornos virtuales, los soldados pueden entrenarse para situaciones de combate simuladas, lo que les permite enfrentarse a diversos escenarios y desarrollar respuestas adecuadas ante distintas condiciones operativas.

d) En el sector industrial:

El sector manufacturero está incorporando progresivamente la RV para mejorar la eficiencia y la seguridad, permitiendo el desarrollo de prototipos digitales y la simulación de procesos productivos, lo que facilita la detección temprana de fallas y la evaluación de nuevos métodos de trabajo sin exponer a los trabajadores a riesgos reales.

Una de las principales razones para emplear la capacitación mediante RV radica en que esta tecnología permite aplicar de manera inmediata, a través de entornos simulados, los conocimientos adquiridos y una corriente dentro de la educación que más se alinea es el aprendizaje experiencial, fundamentado en la idea de que las personas adquieren conocimientos de manera más efectiva mediante la propia experiencia y la reflexión posterior sobre esta (Ávila Parrales et al., s. f.; Tejada, 2024).

El aprendizaje experiencial parte del principio de que los estudiantes se forman con mayor eficacia cuando se encuentran motivados y activamente involucrados en su proceso formativo, su participación en experiencias significativas le ayuda a desarrollar un sentido de propósito y valor a su aprendizaje, además el

conocimiento se va construyendo de la interacción del individuo con su entorno y de la reflexión sobre sus propias experiencias (Ávila Parrales et al., s. f.).

El modelo cíclico planteado por David Kolb en décadas anteriores continúa siendo relevante, ya que integra el saber hacer y el saber reflexionar desde un enfoque centrado en el estudiante, este modelo favorece una enseñanza personalizada y reconoce la diversidad de estilos de aprendizaje y habilidades, las cuales fortalecen mediante la interacción entre docente y alumno en contextos reales (Espinar Álava & Viguera Moreno, 2020). Guerrero Vergel (2017) argumenta que este modelo de aprendizaje viene siendo evaluado en torno a la educación virtual y se fundamenta en seis planteamientos:

- a) El aprendizaje es un proceso más que como un conjunto de resultados, el estudiante debe estar motivado por la valoración del esfuerzo durante la realización de las actividades y por su vínculo con la experiencia.
- b) Todo aprendizaje implica reaprender, en este proceso cuando se obtienen ideas, creencias y comparaciones previas sobre un tema ya conocido, esta información ya aprendida posteriormente se integra con nuevos conceptos que fortalecen y consolidan el conocimiento.
- c) El aprendizaje implica resolver tensiones entre formas opuestas de adaptación al entorno, este proceso se ve impulsado por los conflictos, las diferencias y el debate, los cuales llevan al estudiante a cuestionar y reflexionar sobre sus propias ideas y concepciones.
- d) El aprendizaje es un proceso holístico de adaptación al entorno, no se limita únicamente a lo cognitivo, sino que se involucra de manera integrada las funciones de percibir, pensar, sentir y actuar.

- e) El aprendizaje surge de la interacción sinérgica entre el individuo y su entorno, se entiende como un proceso en el que se incorporan nuevas técnicas y experiencias a los conceptos ya existentes, a partir de la relación activa con el medio que lo rodea.
- f) El aprendizaje se entiende como un proceso de construcción del conocimiento, el conocimiento social se produce a partir de la reinterpretación y recreación de ideas previamente establecidas que se transmiten en la sociedad.

Otro modelo de aprendizaje explicado por Andrade & Chacón G. (2018) y Rodríguez Valenzuela (2016) es el Cono de Aprendizaje de Edgar Dale quien realizó un análisis detallado sobre la eficacia de los recursos audiovisuales en la transmisión del conocimiento dentro del ámbito educativo ofreciendo un mejor resultado en la transmisión del conocimiento; entre sus principales aportes destaca el denominado “Cono de la experiencia” en el que se establecen distintos niveles de aprendizaje, este modelo incorpora desde símbolos verbales, simuladores, representaciones visuales, recursos multimedia, RV, experiencias directas y se definen a continuación de la siguiente forma:

- a. **Experiencia directa:** La parte inferior del Cono de Dale corresponde a la experiencia directa o concreta, es decir, a la misma realidad; implica la participación de los cinco sentidos y se asocia con la interacción inmediata con el objeto de estudio o con la ejecución de una acción específica permitiendo al individuo experimentarla de manera vivencial.
- b. **Experiencia simulada:** Hace referencia al uso de modelos físicos que reproducen aspectos de la realidad, los cuales pueden ser elaborados de

manera intencional para facilitar la comprensión de un fenómeno o resaltar determinadas características.

- c. **Dramatizaciones:** Es la reproducción de escenarios y contextos que emulan condiciones reales.
- d. **Demostraciones:** Consisten en describir el funcionamiento o la estructura de los objetos, donde la participación del estudiante se limita a la observación del docente mientras este muestra la ejecución de una actividad.
- e. **Visitas y viajes de campo:** Consiste en la realización de visitas de estudio, excursiones o salidas de campo en las que el estudiante observa a otras personas ejecutar determinadas actividades, de este modo, el alumno comprende la relevancia de cada acción, aunque no participa activamente ni asume responsabilidad, adoptando un rol principalmente observacional.
- f. **Exposiciones:** En esta sección, el aprendizaje se basa exclusivamente en la observación de materiales, incluye recursos expositivos como módulos informativos, fotografías, imágenes y animaciones, en los cuales no existe interacción física con el objeto de estudio, sino únicamente una percepción visual.
- g. **Películas y animaciones:** Corresponde a la utilización de imágenes dinámicas con o sin sonido, en blanco y negro o a color, así como experiencias tridimensionales; a diferencia de las visitas de campo, estas experiencias se desarrollan en un entorno y tiempo controlados, lo que permite filtrar información irrelevante y enfocar la atención del usuario en aspectos específicos de la situación.

- h. **Imágenes fijas y radio:** Representaciones visuales estáticas junto con estímulos sonoros aleatorios.
- i. **Símbolos visuales gráficos, mapas:** Uso de representaciones gráficas que adquieren valor simbólico para expresar o modelar la realidad.
- j. **Símbolos verbales:** Uso exclusivo del lenguaje verbal sin apoyo visual, que incluye ideas, palabras, conceptos, fórmulas y representaciones abstractas de experiencias.

El aprendizaje experiencial y la RV pueden integrarse de manera complementaria para mejorar los procesos educativos, la RV potencia el aprendizaje basado en la experiencia al ofrecer entornos simulados, inmersivos y seguros que facilitan el desarrollo de habilidades prácticas y la reflexión sobre la acción, esta combinación favorece una formación más significativa, alineada con las demandas del entorno laboral y permite transferir experiencia prácticas mediante simulaciones diseñadas para la capacitación (Tejada, 2024).

Como Pimentel Elbert et al. (2023) también explica, en la actualidad al haber un vínculo más cercano entre la educación y tecnología, este último aceleraría más el aprendizaje de los individuos con algunas tecnologías innovadoras como lo es la RV, la cual al crear un mundo artificial permite a la persona interactuar en tiempo real dentro de esta realidad y adapta los siguientes tipos de RV:

a) Sistemas desktop de RV:

El usuario observa el entorno desde una perspectiva en primera persona a través de una imagen bidimensional o tridimensional mostrada en una pantalla. La exploración del espacio virtual se realiza desplazándose

libremente dentro de un entorno tridimensional visualizado en un monitor, casco, gafas o pantalla de proyección como ocurre en los videojuegos.

b) RV en segunda persona:

En este enfoque, el usuario se percibe a sí mismo como parte del entorno virtual, ya que su imagen es proyectada dentro del escenario. El sistema responde en tiempo real a las acciones del usuario y no requiere el uso de dispositivos como cascos, guantes, HMD o gafas, permitiendo una interacción directa con el entorno virtual.

c) Telepresencia:

Estos sistemas constituyen una aplicación de la RV que integra cámaras y dispositivos de retroalimentación, permitiendo al usuario interactuar y manipular de forma remota robots u otros dispositivos mientras se experimenta el entorno de manera virtual.

d) Sistema de inmersión de RV:

Estos sistemas sumergen al usuario en entornos virtuales tridimensionales mediante tecnologías como los sistemas CAVE y sensores de posición y movimiento, permitiendo que la visualización responda de forma natural a los movimientos de la cabeza. La percepción de profundidad y perspectiva se logra al presentar imágenes ligeramente distintas a cada ojo.

El uso de la RV en la enseñanza – aprendizaje, el aprendiz explorará un entorno con elementos tridimensionales a través de la manipulación o uso de los objetos, procesos o análisis virtuales propios de las tareas presentadas

permitiendo a la persona emplear lo aprendido de una forma más natural y en la educación profesional los preparará para la toma de decisiones en el mundo real (Sousa Ferreira et al., 2021). Además que esta tecnología puede clasificarse en inmersiva y no inmersiva según el nivel de inmersión que se ofrezca al usuario, la RV no inmersiva se desarrollará a través de dispositivos convencionales como monitores donde el usuario interactuará con el entorno virtual mediante herramientas periféricas como teclado, mouse o joystick; mientras que la RV inmersiva empleará dispositivos como cascos o sistemas de proyección para permitir una experiencia más envolvente, interactiva y sensorialmente intensa (Di Pasquale et al., 2024).

Para que las personas puedan tener una mejor interacción con las computadoras en el mundo virtual, Wu (2024) presenta los siguientes hardware necesarios:

a. **Sistema de seguimiento:**

Tiene como función identificar, en tiempo real la posición y orientación de la cabeza, el cuerpo y las manos del usuario dentro de un entorno de RV y pueda transmitir esta información al sistema de control para generar imágenes coherentes con su línea de visión y movimientos.

b. **Sistema háptico:**

En los sistemas de RV, la sensación de inmersión depende en gran medida de la capacidad del usuario para interactuar físicamente con los objetos virtuales, utilizando las manos u otras partes del cuerpo, percibiendo la fuerza de respuesta durante la manipulación; por lo que, los guantes con retroalimentación háptica constituyen uno de los sistemas táctiles más utilizados ya que incorporan sensores de presión que permiten percibir

resistencia al interactuar con el entorno virtual y hay un segundo guante equipado con cámaras de aire que generan sensaciones de fuerza mediante procesos de expansión y contracción.

c. Sistemas de audio, sistemas de ambiente auditivo:

Está integrado por sistemas de síntesis de voz y audio, dispositivos de reconocimiento y mecanismos de localización de fuentes sonoras, la información complementaria aportada por el canal auditivo contribuye a mejorar la percepción del entorno por el usuario; para generar un ambiente sonoro más realista, se ha empezado a emplear un sistema de audio de cuatro canales basado en técnicas de síntesis de sonido espacial, evaluando la respuesta a partir de los sonidos que llegan a ambos oídos desde distintas direcciones.

d. Sistema de generación y visualización de imágenes:

En los entornos de RV la creación de imágenes y las tecnologías de visualización desempeñan un papel fundamental, la generación de imágenes por computadora se compondrá en tres etapas principalmente:

- Generar representaciones gráficas realistas que integren color, efectos de iluminación, percepción estereoscópica y sensación de movimiento.
- Obtener o generar directamente imágenes de fondo realistas y comprimidas a partir de una base de datos de imágenes.
- Tras el proceso de escaneo y transformación, los gráficos y las imágenes de fondo se integran de forma homogénea.

e. Dispositivo de visualización:

Para lograr un entorno de RV inmersivo es indispensable la integración de las cuatro tecnologías previamente descritas, el dispositivo de visualización montado en la cabeza (HDM) se adapta a las características fisiológicas de la percepción visual humana, esta tiene una pantalla ubicada frente a un casco especializado donde las imágenes generadas por computadora se proyectan en dos visores para dar una percepción tridimensional.

En un estudio realizado a 46 participantes pertenecientes al área gerencial dentro de la industria de construcción en el rubro del techado, en su mayoría del sexo masculino con más de 15 años de experiencia, se les diseñó un programa de capacitación de 10 módulos con el uso de un casco de RV sobre tareas relacionadas al uso de la escalera que incluían ítems como el de seleccionar la escalera adecuada según la clasificación del peso de esta y altura del edificio, además de la carga de la escalera en el camino para un transporte seguro, adicionalmente se les realizó una encuesta sobre la seguridad antes y después de la experiencia del uso de la RV; donde obtuvieron que el 42% de los encuestados pensaba que la falta de una eficaz formación o la falta de conocimiento era el principal origen de los accidentes y con respecto al uso de la RV el 45% de los participantes refirieron intención de buscar oportunidades del uso de la RV dentro de sus empresas, mientras que el 44% mostró neutralidad y el 11 % estuvo en desacuerdo, de igual forma la confianza en la aplicabilidad de la RV aumentó luego de probarla por primera vez (Rokooei et al., 2023).

En otro estudio realizado a 70 trabajadores de una empresa proveedora de componentes para automóviles se analizaron los efectos del uso de medios

inmersivos tras un programa de capacitación para los movimientos repetitivos, posturas inadecuadas y la manipulación manual de cargas pesadas a dos grupos de trabajadores que realizaban las mismas tareas en diferentes turnos; en el primero se empleó una presentación de video simple en una pantalla de proyección mientras que en el segundo grupo se creó un entorno interactivo 3D en el que se interactuaba con un casco de realidad virtual además de utilizar el modelo Kirkpatrick al finalizar la capacitación y un cuestionario después de 3 meses para medir la efectividad inmediata y a lo largo del tiempo, por lo que se pudo concluir que si bien el uso de la realidad virtual aumentó la expectativa y compromiso de los participantes por el contenido interesante generando una mejor identificación de los riesgos disergonómicos, menor información de la capacitación se transfirió al lugar del trabajo después de tres meses de la capacitación a diferencia de los que tuvieron la proyección (Diego-Mas et al., 2020).

El análisis de diversa literatura evidencia que la RV constituye una herramienta eficaz para la capacitación al permitir el entrenamiento de actividades específicas, sin generar riesgos laborales, costos adicionales, además que pueden aumentar la productividad y mejorar la calidad; no obstante, la efectividad del entrenamiento depende de factores como el nivel de inmersión, la carga cognitiva, la experiencia previa del usuario y el diseño instruccional, asimismo se recomienda estructurar las sesiones con niveles de dificultad progresivos, limitar su duración para evitar ciber mareo, incorporar la retroalimentación sensorial y considerar una fase de pre-aprendizaje para familiarizar al trabajador con la tecnología a usar (Di Pasquale et al., 2024).

IV.3. Aplicación del uso de la realidad virtual como herramienta de evaluación en actividades de manipulación manual de cargas

Es de conocimiento que los TME generan repercusiones a nivel global en la salud de los trabajadores desde el enfoque del bienestar y económico, de manera que para prevenir o disminuir estos costos, las organizaciones recurren a ergónomos y profesionales especializados que a través de evaluaciones en campo, analizan los entornos laborales, la postura y los patrones de movimiento de los trabajadores; considerando que los empleadores poseen una responsabilidad legal y ética de prevenir o minimizar la exposición a la MMC, la identificación y evaluación de los riesgos ergonómicos asociados a tareas específicas resulta esencial para un análisis ergonómico integral y para el adecuado rediseño de los espacios de trabajo (Fu et al., 2025; Leggieri et al., 2024).

En el campo de la ergonomía, las evaluaciones convencionales, están principalmente enfocadas en posturas estáticas y suelen ser insuficientes para representar el carácter dinámico de muchas tareas laborales (Tosi, 2020).

La recolección de información para analizar las demandas físicas y las posturas dentro del trabajo se basa actualmente, en gran medida con la observación directa y aunque las mediciones directas como el uso del goniómetros, acelerómetros, electromiografía, sensores de fuerza y marcadores ópticos, permiten obtener datos altamente precisos y objetivos, su aplicación puede verse restringida por los elevados costos experimentales, las condiciones del entorno y diversas limitaciones técnicas y éticas, tanto para los enfoques

invasivos como para los no invasivos (Kačerová et al., 2022). Existen diversas metodologías de observación o clasificación en el análisis de las tareas laborales como por ejemplo para evaluar la manipulación de cargas con frecuencia se hace uso de la Ecuación de Levantamiento de Cargas del NIOSH; no obstante, incluso la evaluación de los riesgos asociados gestionada por ergónomos expertos puede presentar inconvenientes, tal es el caso de estar influida por un elevado nivel de subjetividad, en consecuencia se observa con mayor interés el uso de herramientas confiables, ágiles y automatizadas para la captura y análisis del movimiento en contextos industriales, del entretenimiento, la medicina y el deporte (Rybníkář et al., 2023).

De acuerdo con MassirisFernández et al. (2020), los métodos de evaluación de riesgos biomecánicos pueden clasificarse en cuatro categorías principales: autoevaluación, métodos observacionales, medición directa y evaluación computarizada. De igual manera Anacleto Filho et al. (2024), en un estudio de revisión, describe estas categorías:

a. **Autoevaluación:**

Permite evaluar los riesgos biomecánicos mediante cuestionarios de autoevaluación, por donde los trabajadores pueden reconocer e identificar los posibles factores de riesgo existente en sus entornos laborales como las posturas adoptadas, las exigencias físicas, los movimientos repetitivos y de precisión, la vibración, la MMC y la realización de tareas dinámicas por parte de los trabajadores.

b. **Métodos de observación:**

Valora los riesgos biomecánicos a partir de la observación directa y análisis de videos de los trabajadores mientras realizan sus tareas y funciones en sus respectivos puestos de trabajo, se pueden incluir el registro de la información a través de hojas de cálculo o plantillas estructuradas como el software de Kinovea.

c. Medición directa

Comprende la evaluación de los riesgos biomecánicos a través del uso de dispositivos especializados para la captura de datos, dichos equipos portátiles se colocan en el cuerpo del trabajador y permiten medir variables como la rotación y los movimientos de los distintos segmentos corporales, ofreciendo una visión integral del esfuerzo físico al que está expuesto, como por ejemplo sistemas de seguimiento de movimiento compuestos de unidades de medida inerciales (IMU).

d. Evaluación basada en computadora:

Se emplean computadoras y programas informáticos para analizar y evaluar los riesgos biomecánicos presentes en el entorno laboral, como los modelos del cuerpo humano digitales junto con las aplicaciones de visión computacional se utilizan para generar estimaciones de manera automática.

La incorporación de nuevas tecnologías de la información y la comunicación en el ámbito industrial está generando una transformación profunda en los procesos de fabricación, como la fábrica inteligente, considerada un elemento central de la Industria 4.0 propuesta por el Gobierno alemán en 2010, donde los sistemas adquieren un carácter ciberfísico, interactúan entre sí, supervisan y validan los procesos físicos, lo que permite crear una réplica virtual del entorno

real y tomar decisiones basadas en el análisis de datos complejos (Carnazzo et al., 2024). La digitalización y la robotización de los procesos laborales están generando tanto nuevas oportunidades como desafíos para las empresas y los trabajadores, estas transformaciones dinámicas en los entornos de producción y trabajo, particularmente en el sector industrial, demandan enfoques y métodos más rápidos, como la incorporación de la colaboración directa entre el ser humano y la máquina en la ejecución de las tareas laborales (Weidemann et al., 2023). Entre las tecnologías que están dentro del contexto de la Industria 4.0 se incluyen las simulaciones virtuales, como la RV y el modelado humano digital, ambas desarrolladas en entornos tridimensionales (3D); siendo el primero un entorno digital generado por computadora que puede ser experimentado como si fuese real y en contraste, el segundo consiste en simulaciones basadas en el modelado humano digital que no son inmersivas y emplean maniqués virtuales para reproducir los movimientos humanos (Silva et al., 2025)

El diseño de entornos virtuales para la evaluación ergonómica requiere que las tareas se representen de manera realista desde la perspectiva del trabajador en tres dimensiones y con respuesta en tiempo real, del mismo modo, es necesario que el usuario perciba la experiencia como real, a lo que se le conoce como “sensación de presencia”, la cual no depende únicamente del nivel de inmersión tecnológica sino también de la adaptación del sistema al contexto de uso, además que la percepción del entorno virtual puede verse influida por la representación del propio cuerpo del usuario dentro de la simulación (Rizzuto et al., 2019).

Con ello, Silva et al. (2025) plantea las siguientes directrices de diseño para herramientas de creación de RV intuitivas:

- a. En tareas de modelado orientadas a la simulación ergonómica, es fundamental asegurar que todos los componentes, las herramientas y las interacciones del trabajador se representen de manera precisa, tomando como referencia datos reales del entorno laboral; por ejemplo, se utilizan fotos y videos del procedimiento real para recrear las secuencias.
- b. En la creación de entornos virtuales, es necesario validar el escenario con personal experto a fin de asegurar que represente fielmente las condiciones reales del puesto de trabajo.
- c. Para la evaluación del acceso manual en espacios confinados, es necesario comprobar la distancia entre las manos mediante modelos antropométricos representativos y tener en cuenta el uso de equipos de protección personal.
- d. En caso de identificar posturas articulares no neutras durante la simulación de la tarea, se debe rediseñar la configuración de la tarea para minimizar la tensión articular; por ejemplo, en el estudio se detectó una desviación extrema de la muñeca de 39° aproximadamente en una actividad, lo cual pone de manifiesto la necesidad de reubicar el componente o la herramienta a fin de permitir una postura neutra de la muñeca.
- e. Al evaluar los riesgos posturales en los miembros inferiores, es fundamental evitar la adopción de posturas de flexión extrema que se mantengan por periodos prolongados o se repitan con frecuencia.

- f. En tareas que requieren torsión del tronco o flexión lumbar, es necesario evaluar el acceso visual y la postura adoptada con el fin de disminuir la carga y la tensión sobre la columna vertebral.
- g. En operaciones dirigidas a personas ciegas o con discapacidad visual, es necesario ofrecer accesos alternativos o una disposición adecuada de las herramientas que facilite el control y la orientación durante la tarea.
- h. Al seleccionar modelos humanos para la simulación, es necesario ajustar los perfiles antropométricos a la población trabajadora objetivo e incorporar los escenarios más desfavorables posibles.
- i. Al comparar evaluaciones realizadas en entornos virtuales con aquellas efectuadas en contextos físicos, es fundamental emplear herramientas de evaluación ergonómica estandarizadas que aseguren la consistencia y la confiabilidad de los resultados.
- j. En la evaluación ergonómica inmersiva, es importante utilizar la RV para comprender la experiencia del usuario y detectar problemas de usabilidad que no pueden identificarse mediante simulaciones estáticas.

El uso de modelos virtuales permite representar y analizar objetos técnicos mediante su visualización en entornos digitales, como monitores de ordenador; las tecnologías disruptivas actuales como la RV, facilitan la interacción y el control de dichos modelos de manera inmersiva; en el ámbito del diseño y desarrollo de proyectos, la RV puede aplicarse en diversas etapas del ciclo de vida del producto, su implementación resulta especialmente relevante en las fases iniciales porque contribuye a la optimización del tiempo y a la reducción

de los recursos financieros asociados a las etapas de investigación, desarrollo, prueba y producción de objetos técnicos (Kačerová et al., 2022).

Con ello, el uso de la RV no solo tiene una aplicación en las capacitaciones de seguridad y salud en el trabajo, también contribuye en el control e identificación de riesgos laborales (Pribadi et al., 2023). Por su enfoque novedoso, en la actualidad también se va integrando a esta tecnología dentro de las evaluaciones ergonómicas, un estudio realizado en China a 11 personas en el área de construcción, para evaluar la ergonomía en la actividad de instalación de ventanas en unidades modulares de construcción realizadas con colaboración humano-robot y demostrar su viabilidad se empleó la RV como herramienta para diseñar y probar las estaciones de trabajo reduciendo el costo y el tiempo; por lo que se tuvo como resultado los participantes coincidieron en que era segura, les permitía comprender bien la tarea y se mostraron satisfechos con la experiencia, a su vez este estudio propone realizar más estudios del uso de la RV en la ergonomía cognitiva (Fu et al., 2025).

Los entornos virtuales como se describe, contribuyen exponiendo a los trabajadores a los riesgos no solo disergonómicos, también psicosociales dentro de sus puestos laborales de una forma controlada logrando observar el comportamiento de las personas e identificar sus estados emocionales; en una investigación llevada a cabo en una empresa del sector de construcción en Colombia a 13 trabajadores se les planteó enfrentarse mediante la RV a algunos factores de riesgos disergonómicos como las demandas de carga mental, de la jornada laboral y emocionales, obteniendo como uno de los resultados que los trabajadores manifestaron una elevada disposición para poner en práctica los

conocimientos adquiridas en sus actividades cotidianas, especialmente ante situaciones que podrían representar un riesgo para su salud mental (Castilla-Molina et al., 2022).

En otro caso, para la evaluación de los riesgos disergonómicos mediante el uso de esta tecnología como herramienta de análisis, se evidenció en un estudio realizado con 12 participantes la identificación de efectos tanto positivos como negativos asociados a la aplicación de un exoesqueleto de soporte dorsal (BSE back) en la MMC, donde se evaluaron cuatro tipos de levantamiento de cajas (levantamiento simétrico de tobillo a cadera, levantamiento asimétrico de cadera a cadera y cada uno con cargas ligeras o pesadas), para ello se creó un programa de RV donde se personalizó la magnitud de la carga, altura, distancia y el ángulo del levantamiento, y se pueda realizar la tarea de levantamiento de cargas virtual mitigando los riesgos, además de adicionar infografías para visualizar los efectos simulados; como resultado se obtuvo que el programa de RV pudo transmitir con eficacia el impacto del uso de un exoesqueleto de asistencia como la reducción de la carga en la región espinal y perciban de una mejor manera la utilidad como las preferencias del uso de exoesqueletos para el levantamiento de cargas pesadas (Park et al., 2024).

En otra investigación, realizada por Ji et al. (2024), se analiza la exactitud de las posturas adoptadas en un entorno de RV en comparación con las realizadas en un entorno real durante la ejecución de una tarea de levantamiento manual de cargas, donde se identificaron diferencias significativas entre hombres y mujeres como el que estas últimas presentaron mayor flexión de cadera y postura de tronco más neutra, mientras que los hombres mostraron mayor

flexión del tronco, también los hombres evidenciaron mayores fuerzas de compresión y cizallamiento lumbar que las mujeres tanto en el entorno virtual como en RV asociadas a una mayor flexión del tronco; por otro lado, aunque se intentó replicar el peso en la RV, la falta de retroalimentación física real generó diferencias posturales y una subestimación de las fuerzas espinales en la RV, con lo que puede conducir a evaluaciones erróneas de los factores de riesgo si no se consideran sus limitaciones.

Por otro lado, en otro artículo se presenta una aplicación diseñada por los autores desarrollada en Unity destinada al diseño y la evaluación de entornos laborales, la cual integra técnicas de captura de movimiento junto con tecnologías de RV con el fin de asistir a los analistas en la realización de evaluaciones ergonómicas tanto de prototipos físicos como de entornos laborales proyectados, obteniendo como una de sus conclusiones que los sensores portátiles junto con la RV constituyen herramientas fundamentales para su aplicación en prevención en ergonomía; los sistemas de RV al permitir la creación de escenarios altamente interactivos e inmersivos, los usuarios pueden experimentar retroalimentación táctil y de fuerza como respuesta a sus acciones mediante el uso de dispositivos hápticos (Carnazzo et al., 2024).

En otro estudio, Akuma & Abdullah (2025) integran herramientas tecnológicas como el Diseño Asistido Digital tridimensional (3D-CAD) y la RV con otros métodos convencionales ergonómicos para trabajadores del sector ferroviario ya que es un entorno de alto riesgo, el enfoque propuesto integra datos objetivos y experiencias subjetivas de los trabajadores para lograr una evaluación ergonómica más completa; por lo que, mediante el uso de estas herramientas, el

marco mejora la visualización, la simulación de tareas y la participación del usuario mostrando como resultado la eficacia en evaluaciones ergonómicas, especialmente destacando su carácter adaptable para incorporar futuras innovaciones tecnológicas.

Continuando con el diseño de puestos de trabajo con RV, en un estudio comparativo realizado por Gorobets et al. (2021), se desarrolló un entorno virtual que reproducía un puesto de trabajo típico para tareas de ensamblaje manual, en el cual el trabajador podía desplazarse de manera natural mientras ejecutaba la actividad y con esta base se analizó el desempeño de 21 participantes al realizar una misma tarea dentro de un entorno virtual y en un lugar de trabajo físico teniendo como objetivo la medición del trabajo en RV, el análisis de los Métodos de Medición del Tiempo (MTM) y un estudio de tiempos comparándolo con la medición del trabajo en el lugar físico, obteniendo que los participantes se movieron más lento en RV y por lo que necesitaron más tiempo para finalizar la tarea.

Francia et al. (2025) propone en su investigación un enfoque metodológico basado en RV para evaluar las respuestas motoras y fisiológicas de los individuos en entornos laborales simulados con el objetivo de analizar la viabilidad de estas tecnologías en la evaluación ergonómica y la capacitación en seguridad, los hallazgos evidenciaron que ante situaciones de riesgo, los participantes tendieron a adoptar mayores desviaciones en la flexión lateral del tronco lo que refleja estrategias naturales de evitación frente a peligro y la monitorización de la frecuencia cardíaca aportó información relevante sobre las respuestas fisiológicas, mostrando incrementos en los eventos peligrosos,

lo que confirma la utilidad de este parámetro para evaluar la activación y el estrés en entornos virtuales.

Sumando a la evaluación por medio de la RV con apoyo de otras herramientas, Caporaso et al. (2022) propone en su investigación un sistema innovador compuesto por dispositivos de RV que permiten la inmersión y la interacción del usuario en el entorno simulado, un simulador robótico para la representación del robot y del entorno laboral, cinco sensores electromiográficos de superficie y un acelerómetro uniaxial; la metodología se estructuró en dos etapas principales, en la primera se diseña el entorno virtual junto con el tutorial inmersivo dirigido al operario mientras que en el segundo, se desarrolla una herramienta orientada al análisis de la actividad muscular obteniendo como resultado que la metodología es eficaz para la evaluación de la interacción humano-robot y contribuye a que los trabajadores desarrollen una mayor conciencia sobre su estado físico durante la realización de las tareas.

IV.4. Beneficios y desventajas del uso de la realidad virtual para prevenir riesgos disergonómicos en las actividades de los trabajadores que realizan manipulación manual de cargas.

a. Beneficios del uso de la RV

Los TME constituyen una problemática relevante para los trabajadores del sector construcción, especialmente para aquellos que desempeñan actividades que implican flexión del tronco y manipulación de cargas pesadas (Singh, 2025)

La RV al ser una tecnología que puede crear entornos y objetos virtuales que simulan condiciones reales, permite generar experiencias de aprendizaje

altamente inmersivas, facilitando la interacción del usuario con estos entornos simulados (Khairul et al., 2025). En diversos artículos se muestra que puede ser de gran utilidad al integrarlo en la formación de seguridad y salud ocupacional dentro de trabajos de alto riesgo como lo son el sector de construcción y la industria minera (Pribadi et al., 2023).

En el sector construcción, dentro de las estrategias de capacitación tradicionales utilizadas actualmente para los trabajadores, estas han mostrado una eficacia limitada en la disminución de la prevalencia de TME, lo que pone de manifiesto la necesidad de implementar enfoques formativos innovadores que permitan abordar de manera competente los desafíos posturales a los que están expuestos los trabajadores (Singh, 2025), mientras que el uso de este tipo de realidad extendida, va demostrando tener buenos resultados en el conocimiento e identificación de riesgos laborales para su prevención (Rodríguez Mendoza et al., 2024).

Asimismo, la RV también llega a ser beneficioso al incluirlo dentro de programas preventivos de trabajos de alto riesgo, por su capacidad de crear entornos virtuales potencialmente peligrosos en espacios físicos seguros para brindar capacitaciones a los trabajadores, siguiendo con su formación en identificar peligros potenciales y comprender las repercusiones directas de los riesgos laborales optimizando la formación del personal para la gestión de situaciones crítica; adicional a esto, el costo de la implementación sería más económico comparándolo con la creación de un escenario real (Pribadi et al., 2023; Rokoei et al., 2023; Tejada, 2024).

La RV además contribuye a disminuir el riesgo de lesiones en los trabajadores y daños en los equipos, ya que permite a los usuarios cometer errores y aprender de ellos en un entorno seguro, sin consecuencias reales; lo que favorece al desarrollo de la confianza en la aplicación de procedimientos de seguridad, incrementa la participación y motivación al ofrecer experiencias de aprendizaje interactivas y atractivas, generando una sensación de desafío y entusiasmo que hace al proceso formativo más agradable (Khairul et al., 2025).

Con respecto al impacto económico, la incorporación de la RV ha evidenciado importantes ventajas económicas, entre las que destacan la disminución de los costos asociados a materiales de capacitación, reducción del tiempo requerido para el entrenamiento, la optimización del uso de los recursos humanos y la menor exposición de los trabajadores a riesgos operativos (Tejada, 2024).

b. Desventajas del uso de la RV

Por otro lado, para las evaluaciones ergonómicas también se verían ventajas debido a que la digitalización posibilita la aplicación de un proceso de evaluación estandarizado, sustentado en una base de datos, lo que facilita la comparación entre distintos trabajadores o entre diversas actividades realizadas por un mismo trabajador; a su vez, cuando la evaluación ergonómica digital se desarrolla y registra a lo largo de un periodo prolongado, esta permite al ergónomo reforzar los resultados mediante un análisis estadístico (Leggieri et al., 2024). La RV permite la recopilación de datos detallados sobre el desempeño de cada persona, lo que facilitaría a los formadores evaluar el avance de los participantes, identificar sus fortalezas, áreas de mejora y adaptar los

procesos de formación de acuerdo con dichas necesidades, brindando aprendizajes más personalizados (Khairul et al., 2025).

La integración de tecnologías de RV inmersivas junto con los sistemas de captura de movimiento (MoCap) destacan por su alto potencial como herramienta para la investigación y la evaluación ergonómica automatizada, mediante el uso de sensores portátiles para el registro del movimiento (Carnazzo et al., 2024). A esto se le adiciona que, el integrar datos posturales y fisiológicos en entornos de RV mejora la evaluación ergonómica, la prevención de lesiones y el diseño de programas de capacitación en contextos laborales (Francia et al., 2025). Adicional a esto, los avances recientes en la evaluación ergonómica han incorporado tecnologías como el 3D-CAD y la RV, las cuales si bien permiten un análisis más dinámico e inmersivo de la interacción entre el trabajador y su entorno, su aplicación sigue siendo limitada en contextos donde la retroalimentación ergonómica en tiempo real es esencial y por lo que se debería tener en cuenta para trabajos de investigación futuros (Akuma & Abdullah, 2025).

En cuanto a las posibles desventajas del uso de la tecnología de RV y del uso de cascos de RV en la enseñanza-aprendizaje, Alam & Mohanty (2023), señalan los siguientes posibles efectos:

- **Mareo por movimiento:** El uso de la RV puede generar mareo por movimiento, la presencia de movimientos rápidos o desajustes entre estímulos visuales y sensaciones físicas puede provocar náuseas y

desorientación, por lo que es fundamental diseñar experiencias virtuales donde se priorice la comodidad del usuario.

- **Sobrecarga cognitiva:** Debido a la alta estimulación sensorial de sus entornos inmersivos puede ocasionar una sobrecarga cognitiva, lo que afecta a la comprensión y retención de la información; en consecuencia, se requiere que la RV contribuya al aprendizaje y no interfiera en él.
- **Dificultad para los participantes con discapacidad:** La RV puede implicar retos significativos para los participantes con discapacidades, podría limitar su participación en las experiencias de aprendizaje, en particular, los que presentan discapacidad visual, mientras que aquellos con limitaciones motoras pueden encontrar barreras en el uso de los dispositivos de visualización y en la interacción dentro del entorno visual.
- **Formación de capacitadores y apoyo técnico:** Para lograr una integración efectiva de la RV en el proceso de enseñanza, el capacitador requiere una formación adecuada que le permita diseñar y plantear actividades basadas en esta tecnología, la ausencia de capacitación y de soporte técnico especializado puede obstaculizar la incorporación adecuada de la RV dentro del currículo académico.
- **Seguridad y supervisión:** Aunque la RV brinda experiencias innovadoras, también plantea preocupaciones relacionadas con la seguridad de las personas expuestas a esta tecnología, lo que hace necesaria una adecuada supervisión durante las sesiones para prevenir accidentes o un uso inadecuado de la tecnología.

En esa misma línea, el desarrollo y mantenimiento de los sistemas de RV pueden implicar costos elevados, lo que limita su accesibilidad para organizaciones con recursos económicos restringidos, por la necesidad de contar con hardware y software de alto rendimiento, por lo cual puede constituir una barrera adicional para su implementación (Khairul et al., 2025).

Si bien gracias a la incorporación de las tecnologías, las máquinas adquieren un mayor grado de autonomía y son capaces de gestionar de manera independiente a la producción de componentes, estas tecnologías también influyen en el nivel de carga física y cognitiva de los trabajadores; estos riesgos pueden surgir a partir de interacciones previstas o no anticipadas entre las nuevas tecnologías y los trabajadores dentro del sistema laboral, lo que conlleva implicancias relevantes para el diseño de los puestos de trabajo y la protección de la salud de los trabajadores en sus puestos de trabajo (Weidemann et al., 2023).

Mientras que al usar la RV en el diseño de lugares de trabajo, en un estudio pudo observarse que los participantes sin experiencia previa con el uso de la RV no se desplazaban de forma natural al recorrer por primera vez la distancia delimitada en la simulación; no obstante, también se evidenció que los usuarios se adaptaban rápidamente a la caminata en RV, de forma que, incluso después de este breve recorrido inicial, su velocidad de desplazamiento se aproximaba a la natural (Gorobets et al., 2021).

Por otra parte, las actividades que involucran factores de riesgo físicos como la percepción táctil, las variaciones de temperatura o las dimensiones físicas, no pueden ser evaluadas por la RV, por lo que es necesario incorporar elementos

adicionales, como dispositivos portátiles, que puedan constituir una base para investigaciones próximas (Silva et al., 2025). A esto se le suma que si bien la RV muestra alto potencial en la formación industrial, aún se identifican importantes brechas de investigación como la escasa evaluación del impacto a mediano y largo plazo del aprendizaje, y estudios que profundicen en la transferencia efectiva de las habilidades aprendidas en el entorno real (Di Pasquale et al., 2024).

IV.5. Limitaciones del estudio

- Una de las limitaciones del presente estudio fue la escasa bibliografía realizada en el contexto nacional, lo que disminuyó la posibilidad de contrastar resultados obtenidos con otros entornos extranjeros.
- Una parte importante de la literatura revisada se centra en estudios experimentales o simulaciones en entornos controlados, existiendo aún una limitada evidencia sobre la aplicación de la RV en escenarios reales de MMC.
- Los métodos de evaluación ergonómica utilizados en los entornos virtuales no siempre están completamente validados frente a evaluaciones realizadas en condiciones físicas reales, lo que puede afectar la confiabilidad de los resultados reportados.
- Los estudios revisados consideran poblaciones con diferentes características antropométricas, niveles de experiencia y condiciones físicas, lo que puede influir en los resultados de la evaluación ergonómica y limitar su aplicabilidad a poblaciones específicas.

- La rápida evolución de las tecnologías de RV implica que algunos estudios incluidos pueden quedar parcialmente desactualizados en términos de hardware, software y capacidades de interacción, lo que afecta la vigencia de ciertas conclusiones.

V. CONCLUSIONES

- a) El presente trabajo realizado permite afirmar que la MMC constituye un riesgo disergonómico significativo relacionado con la alta prevalencia de TME, especialmente en sectores como el de construcción donde predominan las posturas forzadas, el sobreesfuerzo y la repetitividad. Frente a esta problemática, la RV emerge como una herramienta innovadora con doble aplicabilidad, por un lado, puede utilizarse como estrategia de prevención mediante programas de capacitación basados en el aprendizaje experiencial y por otro lado, como instrumento de evaluación ergonómica al permitir la simulación de tareas, el análisis postural dinámico y la integración con tecnologías como captura de movimiento y sensores fisiológicos. Si bien su implementación presenta limitaciones técnicas, económicas y metodológicas, la evidencia analizada demuestra que la RV posee un alto potencial para complementar los métodos tradicionales de evaluación y fortalecer los programas de prevención en actividades de MMC, contribuyendo así a la mejora de la seguridad, la salud ocupacional y el diseño ergonómico de los puestos de trabajo.
- b) A partir de la revisión teórica y empírica, además, se concluye que la MMC constituye uno de los principales riesgos disergonómicos presentes en diversos sectores productivos, caracterizándose por la exposición constante a posturas forzadas, sobreesfuerzos, cargas excesivas y condiciones ambientales adversas. Estos factores incrementan significativamente la probabilidad de desarrollar TME, principalmente a nivel de columna vertebral y extremidades superiores, afectando no solo la salud y calidad de

vida de los trabajadores, sino también la productividad y sostenibilidad de las organizaciones. Asimismo, la evidencia científica demuestra que, si bien existen métodos tradicionales de evaluación ergonómica ampliamente utilizados para la identificación de riesgos asociados a la MMC, estos presentan limitaciones relacionadas con la subjetividad, el análisis predominantemente estático de las tareas y las restricciones operativas para capturar la naturaleza dinámica del trabajo real.

- c) La RV constituye una herramienta innovadora y con alto potencial para fortalecer la prevención de los riesgos disergonómicos asociados a las actividades de MMC, especialmente en el ámbito de la capacitación en seguridad y salud en el trabajo. En el marco del cumplimiento de la normativa nacional, que exige la identificación de peligros, evaluación de riesgos y la implementación de controles preventivos, la capacitación adquiere un rol fundamental para la generación de una cultura de prevención. La evidencia revisada demuestra que los modelos tradicionales de capacitación, basados principalmente en sesiones teóricas, manuales y materiales audiovisuales, presentan limitaciones para lograr una adecuada transferencia del conocimiento a la práctica laboral particularmente en tareas como la MMC, sin embargo, la integración de la RV con los principios del aprendizaje experiencial y modelos de aprendizaje indican que a una mayor participación del trabajador en su proceso formativo, incrementa la motivación, comprensión de los riesgos y las consecuencias de sus acciones. En este contexto, la RV ofrece ventajas significativas al permitir la recreación de escenarios laborales realistas, inmersivos y

controlados, donde los trabajadores pueden estar expuestos a situaciones de riesgo, identificar errores, aplicar técnicas correctas de levantamiento y transporte de cargas sin exponerse a daños reales. No obstante, los estudios analizados también evidencian que, si bien la capacitación mediante RV incrementa el interés, el compromiso y la identificación de los riesgos disergonómicos, su efectividad a largo plazo en la transferencia del conocimiento al puesto de trabajo puede verse limitada si no se complementa con estrategias de refuerzo, seguimiento y capacitación continua.

- d) Se posiciona a la RV como una herramienta emergente y viable para la evaluación de los riesgos disergonómicos asociados a las actividades de MMC, ya que permite la simulación de tareas laborales en entornos controlados, tridimensionales e interactivos. En contraste con las limitaciones de los métodos convencionales que se caracterizan por la observación estática, la subjetividad y las restricciones técnicas o económicas de la medición directa, la RV facilita el análisis del carácter dinámico del trabajo, la visualización de posturas, movimientos y cargas, así como la identificación temprana de factores de riesgo disergonómico. La evidencia científica revisada demuestra que la integración de la RV con tecnologías complementarias, como sensores de movimiento, electromiografía, dispositivos hápticos y modelos humanos digitales, permite obtener evaluaciones ergonómicas más completas combinando los datos objetivos con la experiencia subjetiva del trabajador. Sin embargo, los estudios analizados también evidencian que la RV presenta limitaciones

relacionadas con respecto a evaluación sobre riesgos físicos y la posible subestimación de cargas reales, por lo que su uso debe realizarse de manera complementaria y validad mediante metodologías ergonómicas estandarizadas. Como consecuencia, la RV no sustituye a las evaluaciones tradicionales, sino que se consolida como una herramienta de apoyo dentro de un enfoque integral de evaluación ergonómica orientado a la prevención de los TME.

- e) Esta tecnología presenta importantes beneficios para la prevención de los riesgos disergonómicos en las tareas de MMC que realizan los trabajadores, particularmente en sectores de alto riesgo como la construcción. Su capacidad para generar entornos inmersivos y seguros permite mejorar la identificación de peligros, fortalecer el aprendizaje práctico, superando en varios aspectos las limitaciones de las estrategias de capacitación tradicionales. También se demuestra que la incorporación de la RV en programas preventivos y en evaluaciones ergonómicas contribuye a la reducción del riesgo de lesiones, al incremento de la motivación y participación de los trabajadores, a la optimización de los costos asociados a la capacitación y a la gestión de la seguridad y salud ocupacional. A su vez, la posibilidad de integrar esta tecnología con otras herramientas como sistemas de captura de movimiento y registros posturales potencian el análisis ergonómico y la personalización de los procesos formativos. Pese a ello, la RV también presenta desventajas como el producir mareo por movimiento, la sobrecarga cognitiva, las barreras de accesibilidad para personas con discapacidad, la necesidad de capacitación especializada de

los formadores, los costos asociados a su implementación y la imposibilidad de evaluar ciertos factores sensoriales reales, lo que evidenciaría que esta tecnología no puede sustituir completamente a las evaluaciones en entornos físicos.

VI. RECOMENDACIONES

- a) Se sugiere promover la implementación progresiva de programas de capacitación y evaluación ergonómica utilizando como herramienta a la RV en actividades que involucren MMC especialmente en sectores con alta prevalencia de TME, de la misma forma se sugiere que las organizaciones realicen estudios piloto para validar la eficacia de estas tecnologías en sus contextos específicos, considerando un análisis costo-beneficio, adecuación técnica y capacitación del personal, con el fin de garantizar una adopción sostenible y basada en evidencia de esta tecnología.
- b) Se recomienda que las organizaciones que cuentan con actividades de MMC fortalezcan sus procesos de evaluación ergonómica mediante la incorporación de enfoques más integrales, priorizar el uso de herramientas que permitan reducir la subjetividad de las evaluaciones y representar de manera más fiel las posturas, movimientos y exigencias reales del trabajo para identificar oportunamente los factores de riesgo disergonómico y prevenir el desarrollo de TME en los trabajadores y contribuir con las sostenibilidad organizacional.
- c) La aplicación de RV como herramienta de prevención en actividades de MMC representa una alternativa viable y pertinente para mejorar la calidad de la capacitación en seguridad y salud ocupacional, no debería considerarse una solución única, sino complementaria dentro de programas de prevención con metodologías tradicionales. Además, que su implementación deberá realizarse de manera planificada, contextualizada y

articulada con otras medidas preventivas del sistema de gestión de seguridad y salud del trabajo

- d) Se recomienda incorporar las RV como herramienta complementaria dentro de los procesos de evaluación ergonómica de las actividades de MMC con metodologías ergonómicas estandarizadas y tecnologías de medición objetiva, se sugiere validar los resultados obtenidos en entornos virtuales mediante comparaciones con evaluaciones realizadas en contextos físicos reales
- e) La RV es una tecnología que debe ser entendida como una herramienta complementaria cuya efectividad depende de un diseño adecuado, una implementación planificada y su integración con otras metodologías ergonómicas, garantizando así la protección de la salud de los trabajadores y la mejora continua de las condiciones laborales. En adición a esto, se recomienda continuar con la investigación de su uso en el campo ergonómico.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akuma, H., & Abdullah, N. (2025). Journal of Industrial Engineering and Halal Industries. *Journal of Industrial Engineering and Halal Industries*, 06, 21-33. <https://doi.org/10.14421/jiehis.4978>
- Alam, A., & Mohanty, A. (2023). Implications of virtual reality (VR) for school teachers and instructional designers: An empirical investigation. *Cogent Education*, 10(2), 2260676. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2023.2260676>
- Almaskati, D., Kermanshachi, S., Pamidimukkala, A., Loganathan, K., & Yin, Z. (2024). A Review on Construction Safety: Hazards, Mitigation Strategies, and Impacted Sectors. *Buildings*, 14(2). <https://doi.org/10.3390/buildings14020526>
- Amaguaya Vizúete, V. del R., Sulbarán Brito, M. J., & Cruz Gualaceo, A. M. (2024). Manipulación Manual de Cargas y su Incidencia en Trabajadores que Realiza los Procesos de Picking y Almacenamiento. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(5), 98-110. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5.13281
- Anacleto Filho, P. C., Colim, A., Jesus, C., Lopes, S. I., & Carneiro, P. (2024). Digital and Virtual Technologies for Work-Related Biomechanical Risk Assessment: A Scoping Review. *Safety*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/safety10030079>
- Andrade, E., & Chacón G., E. (2018). *Implicancias teóricas y procedimientos de la clase invertida*. (41), 251-267.

- Arango Soler, J. M., Correa Moreno, Y. A., & Luna García, J. E. (2020). La Salud Ocupacional y su respuesta histórica a las necesidades de salud de los trabajadores. *Revista Cubana de Salud y Trabajo*, 21(2), 14-29.
- Ávila Parrales, R. A., Guerrero Alcívar, H. A., & Villacreses Pincay, O. D. (s. f.). *La filosofía de la educación en el aprendizaje experiencial*. 8(1).
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1
- Ayala-Zúñiga, G., Ramírez Noriega, A., & Martínez-Ramírez, Y. (2022). *Tendencias Actuales en las Ciencias de la Computación*.
- Caporaso, T., Grazioso, S., & Di Gironimo, G. (2022). Development of an Integrated Virtual Reality System with Wearable Sensors for Ergonomic Evaluation of Human–Robot Cooperative Workplaces. *Sensors*, 22(6).
<https://doi.org/10.3390/s22062413>
- Carnazzo, C., Spada, S., Lamacchia, S., Manuri, F., Sanna, A., & Cavatorta, M. P. (2024). Virtual reality in ergonomics by wearable devices: Experiences from the automotive sector. *Journal of Workplace Learning*, 36(7), 621-635. <https://doi.org/10.1108/JWL-03-2024-0064>
- Carrera Abanto, Y. (2022). Influencia del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (Ley N° 29783) en el incremento de la productividad en la Empresa Star Print S.A. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 25(49), 181-188.
<https://doi.org/10.15381/iigeo.v25i49.23014>
- Castilla-Molina, E., Castilla-Molina, E. E., Ferrer-Añel, M., & Ovallos-Gazabon, D. (2022). Uso de la realidad virtual inmersiva para reducir el riesgo psicosocial en el contexto laboral. *Información tecnológica*, 33, 1-10.

- Castillo Oliva, J., Esparza Sánchez, D. E., Espinosa Luna, B. H., Montañez Díaz, B. A., & Varas Zurita, P. L. (2023). Realidad virtual como herramienta de capacitación y gestión de riesgos en la cadena de suministro: Una revisión sistemática. *Gestión de Operaciones Industriales*, 2(01), 27-45.
- Chango, P., Cepeda, M., Córdova, G., & Moreno, M. (2023). Alteraciones musculoesqueléticas de la columna lumbar en trabajadores que realizan actividades de carga físicas. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 5, 305-315.
<https://doi.org/10.59169/pentaciencias.v5i7.936>
- Di Pasquale, V., Cutolo, P., Esposito, C., Franco, B., Iannone, R., & Miranda, S. (2024). Virtual Reality for Training in Assembly and Disassembly Tasks: A Systematic Literature Review. *Machines*, 12(8).
<https://doi.org/10.3390/machines12080528>
- Diego-Mas, J. A., Alcaide-Marzal, J., & Poveda-Bautista, R. (2020). Effects of Using Immersive Media on the Effectiveness of Training to Prevent Ergonomics Risks. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(7). <https://doi.org/10.3390/ijerph17072592>
- Espinar Álava, E. M., & Viguera Moreno, J. A. (2020). El aprendizaje experiencial y su impacto en la educación actual. *Revista Cubana de Educación Superior*, 39.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0257-43142020000300012&nrm=iso
- Francia, C., Donno, L., Covarrubias Rodriguez, M., Cascini, G., Tarabini, M., & Galli, M. (2025). Real-Time Monitoring of Physiological and Postural

- Parameters to Evaluate Human Reactions in Virtual Reality for Safety Training. *Sensors*, 25(14). <https://doi.org/10.3390/s25144400>
- Fu, Y., Lu, W., & Chen, J. (2025). A virtual reality-based ergonomic assessment approach for human-robot collaboration workstation design in modular construction manufacturing. *Advanced Engineering Informatics*, 64, 103054. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2024.103054>
- Gamboa Tubay, E. E. (2025). Evaluación de riesgo disergonomico en la manipulación manual de cargas en procesos de secado y desbaste de cacao. *Star of Sciences Multidisciplinary Journal*, 2(2), 1-8. <https://doi.org/10.63969/xmxjcb93>
- García Zambrano, J. V. (2019). Desórdenes musculoesqueléticos (DME) y su incidencia en la salud de los trabajadores de la construcción. *Revista San Gregorio*, 1, 118-129.
- Gordillo-Montero, J. C., & Peralta-Beltrán, Á. R. (2024). Evaluación de riesgos laborales por manipulación de cargas pesadas en obreros. *Revista Multidisciplinaria Perspectivas Investigativas*, 4(especial), 74-82. <https://doi.org/10.62574/rmpi.v4iespecial.111>
- Gorobets, V., Holzwarth, V., Hirt, C., Jufer, N., & Kunz, A. (2021). A VR-based approach in conducting MTM for manual workplaces. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 117(7), 2501-2510. <https://doi.org/10.1007/s00170-021-07260-7>
- Grefa-Tanguila, G. D., & Rosero-Mantilla, C. (2022). Musculoskeletal disorders among pretanning workers: A case study. *Ingeniería Industrial*, 43, 131-147.

- Guerrero Vergel, R. A. (2017). Caracterización de los estilos de aprendizaje en ambientes de formación virtual. *INVESTICGA: Revista de Investigación en Gestión Administrativa y Ciencias de la Información*, 1. <https://revistas.sena.edu.co/index.php/ricga/article/view/1043>
- Ibarra-Villanueva, C., & Astudillo-Cornejo, P. (2021). Factores de riesgo biomecánico lumbar por manejo manual de cargas en el reparto de productos cárnicos. *Archivos de Prevención de Riesgos Laborales*, 24, 342-354.
- INSST. (2024). *Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de la manipulación manual de cargas* (p. 34). Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. <https://www.insst.es/documents/94886/203536/Guia+tecnica+para+la+evaluacion+y+prevencion+de+los+riesgos+relativos+a+la+manipulacion+manual+de+cargas+2024.pdf/1a9e4b63-97d2-ef40-6345-38828e39f249?t=1730187488261>
- Ji, X., Gao, X., & Swierski, E. (2024). Evaluating the Accuracy of Virtual Reality in Replicating Real-Life Human Postures and Forces for Injury Risk Assessment. *Sensors*, 24(21). <https://doi.org/10.3390/s24217049>
- Kačerová, I., Kubr, J., Hořejší, P., & Kleinová, J. (2022). Ergonomic Design of a Workplace Using Virtual Reality and a Motion Capture Suit. *Applied Sciences*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/app12042150>
- Kandanand, Karin. (2018). The incorporation of virtual ergonomics to improve the occupational safety condition in a factory. *Int. J. Metrol. Qual. Eng.*, 9, 14. <https://doi.org/10.1051/ijmqe/2018013>

- Khairul, Purnama, I., Prananta, A. W., Megahati, S. R. R. P., & Agustin, R. (2025). Advantages and Disadvantages of Virtual Reality in Science Learning Systems in the 21st Century: A Review. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(2), 35-41.
<https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i2.10214>
- Leggieri, S., Fanti, V., Caldwell, D. G., & Di Natali, C. (2024). Online Ergonomic Evaluation in Realistic Manual Material Handling Task: Proof of Concept. *Bioengineering*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/bioengineering11010014>
- Mantarí, E. (2023). Observaciones Preventivas: Un nuevo enfoque para reducir los accidentes de trabajo. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 26, e23960.
<https://doi.org/10.15381/iigeo.v26i51.23960>
- Massiris Fernández, M., Fernández, J. Á., Bajo, J. M., & Delrieux, C. A. (2020). Ergonomic risk assessment based on computer vision and machine learning. *Computers & Industrial Engineering*, 149, 106816.
<https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106816>
- Mejía Pacheco, R. S., Arévalo Carrasco, F. J., Guerrero Campanur, A., & Chávez Esquivel, G. (2019). Evaluación de puestos de trabajo por medio de los métodos ergonómicos Rodgers, OWAS, NIOSH y RULA. *Ergonomía, Investigación y Desarrollo*, 1(3), 118-137.
- Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo. (2008). *Norma básica de ergonomía y de procedimiento de evaluación de riesgo disergonómico* (Resolución Ministerial N.º 375-2008-TR).

- Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo. (2025). *Notificaciones de accidentes de trabajo, incidentes peligrosos y enfermedades ocupacionales*. Oficina General de Estadística, Tecnología de la Información y Comunicaciones (OGETIC). <https://www.gob.pe/mtpe>
- Miñan-Olivos, G. S., Monja-Palomo, J. O., Gonzales-Pacheco, O., Simpalo-Lopez, W. D., & Castillo-Martínez, W. E. (2020). Gestión de riesgos implementando la ley peruana 29783 en una empresa pesquera. *Ingeniería Industrial*, 41. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362020000300002&nrm=iso
- Nugraha, A., & Widajati, N. (2024). Ergonomic risks in manual material handling activities and musculoskeletal disorders complaints in the animal feed industry production area in East Java, Indonesia. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 22, 1028-1034. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2024.22.1.1147>
- Organización Internacional del Trabajo. (2023). *Casi 3 millones de personas mueren por accidentes y enfermedades relacionadas con el trabajo*. Organización Internacional del Trabajo. <https://www.ilo.org/es/resource/news/casi-3-millones-de-personas-mueren-por-accidentes-y-enfermedades>
- Park, J., Ye, Y., Du, J., & Srinivasan, D. (2024). Virtual Reality Simulation of Exoskeleton-Assistance for Manual Material Handling. *IEEE Access*, 12, 105470-105480. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3434721>

- Pimentel Elbert, M. J., Zambrano Mendoza, B. M., Mazzini Aguirre, K. A., & Villamar Cárdenas, M. A. (2023). Realidad virtual, realidad aumentada y realidad extendida en la educación. *RECIMUNDO*, 7(2), 74-88.
[https://doi.org/10.26820/recimundo/7.\(2\).jun.2023.74-88](https://doi.org/10.26820/recimundo/7.(2).jun.2023.74-88)
- Pribadi, A. P., Jaladara, V., Silalahi, C. D. A. B., & Rahman, Y. M. R. (2023). Application of Digital Simulation for Training Purposes Through Virtual Reality in The Workplace. *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, 12(3), 457-464.
<https://doi.org/10.20473/ijosh.v12i3.2023.457-464>
- Rizzuto, M. A., Sonne, M. W. L., Vignais, N., & Keir, P. J. (2019). Evaluation of a virtual reality head mounted display as a tool for posture assessment in digital human modelling software. *Applied Ergonomics*, 79, 1-8.
<https://doi.org/10.1016/j.apergo.2019.04.001>
- Rodriguez Mendoza, M. J., Villanueva Monzón, P. F., & Berrú Beltrán, R. J. (2024). Sistema de realidad virtual para mejorar la capacitación de personal sobre prevención de riesgos en una empresa industrial: 22nd LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, LACCEI 2024. *Proceedings of the 22nd LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*.
<https://doi.org/10.18687/LACCEI2024.1.1.1555>

- Rodríguez Valenzuela, P. (2016). *El diseño de experiencias de aprendizaje con la tecnología del presente*. (6).
<https://revistatd.azc.uam.mx/index.php/rtd/article/view/12>
- Rodríguez, Y. E. (2022). Manipulación manual de carga como principal factor de riesgo ergonómico desencadenante de trastornos lumbares en la industria de la construcción. *Saluta*, (4), 31-50.
<https://doi.org/10.37594/saluta.v1i4.611>
- Rokooei, S., Shojaei, A., Alvanchi, A., Azad, R., & Didehvar, N. (2023). Virtual reality application for construction safety training. *Safety Science*, 157, 105925. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105925>
- Rybníkář, F., Kačerová, I., Hořejší, P., & Šimon, M. (2023). Ergonomics Evaluation Using Motion Capture Technology—Literature Review. *Applied Sciences*, 13(1). <https://doi.org/10.3390/app13010162>
- Sevillano Monterroso, L. P., & Vallejo Romo, L. del C. (2024). Relación entre la percepción de accidentes de trabajadores de construcción y la gestión de riesgos. *Industrial Data*, 27, 239-256.
- Silva, A. G., Miguez, R. V., Almeida, L. G. G. de, Catapan, M. F., Silveira, C. S., Hounsell, M. da S., Gomes, M. V. M., & Winkler, I. (2025). Design Guidelines for Combining Digital Human Modeling and Virtual Reality to Foresee Workplaces Ergonomics Issues During Product Development. *Applied Sciences*, 15(13). <https://doi.org/10.3390/app15137083>
- Singh, A. K. (2025). VR/AR in ergonomics and workspace design: A dual-perspective analysis of applications and implications. *Applied Ergonomics*, 129, 104612. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2025.104612>

- Sousa Ferreira, R., Campanari Xavier, R. A., & Rodrigues Ancioto, A. S. (2021). La realidad virtual como herramienta para la educación básica y profesional. *Revista Científica General José María Cordova*, 19, 223-241.
- Tejada, W. (2024). Integración de la Realidad Virtual en el Aprendizaje Experiencial entorno a la Capacitación Laboral: Retos y Oportunidades. *Investigación y Ciencia Aplicada a la Ingeniería*, 7(46).
<https://ojsincaing.com.mx/index.php/ediciones/article/view/405>
- Tichon, J., & Scott, S. (2019). Virtual reality manual handling induction training: Impact on hazard identification. *Asia Pacific Journal of Contemporary Education and Communication Technology*, 5(1), 49-58.
<https://doi.org/10.25275/apjcectv5i1edu5>
- Torres-Ruiz, S. (2023). Riesgo ergonómico y trastornos musculoesqueléticos en trabajadores de industria alimentaria en el Callao en el 2021. *Horizonte Médico (Lima)*, 23.
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-558X2023000300005&nrm=iso
- Tosi, F. (2020). *Design for Ergonomics* (1.ª ed., Vol. 2). Springer.
<https://doi.org/10.1007/978-3-030-33562-5>
- Valdivieso, E., Erazo Alvarez, G. O., & Pesantez, D. (2025). Análisis de Riesgos Laborales mediante Realidad Virtual: Estrategias para la Gestión de Proyectos. *Resistances. Journal of the Philosophy of History*, 6, e250194.
<https://doi.org/10.46652/resistances.v6i12.194>
- Weidemann, C., Mandischer, N., van Kerkom, F., Corves, B., Hüsing, M., Kraus, T., & Garus, C. (2023). Literature Review on Recent Trends and

Perspectives of Collaborative Robotics in Work 4.0. *Robotics*, 12(3).

<https://doi.org/10.3390/robotics12030084>

Wu, X. (2024). A review of virtual reality technology. *Applied and*

Computational Engineering, 38, 1-6. <https://doi.org/10.54254/2755->

[2721/38/20230521](https://doi.org/10.54254/2755-2721/38/20230521)