

A review: Posture and movement control methods to determine ergonomic risks in workers

Ortiz-Navarro, Juan Luis, Estudiante de Ingeniería Industrial¹; López-Arias, Giovanni David, Estudiante de Ingeniería Industrial¹; Chauca-Huete, Julio Luis, Magíster en Docencia Universitaria y Gestión Educativa¹; Estrada-Espinoza, Johan Alexander, Estudiante de Ingeniería Industrial¹; Cruz-Aguilar, Ariana Alisabel, Estudiante de Ingeniería Industrial¹

¹Universidad Tecnológica del Perú, Perú, 1522422@utp.edu.pe, 1321328@utp.edu.pe, c20903@utp.edu.pe, u18103195@utp.edu.pe, u20212692@utp.edu.pe

Abstract– Over the years, ergonomics has evolved from a focus on human factors to encompassing activity ergonomics, being applied to multiple industries. This significantly affects the quality of life of employees. In this regard, a systematic literature review was proposed on posture and movement control methods to determine ergonomic risks for workers. This study employs the PRISMA method for the systematic review. Inclusion and exclusion criteria were used for eligibility. The results show that the year with the highest annual scientific production was 2023, with 5 published studies, while the highest average number of total citations per article was in 2020. Furthermore, in the keyword frequency analysis, the words "ergonomics" and "human factors" had the highest repetitions. It was also identified that the Swiss journal Sensors published 4 articles on the study topic, showing a deep interest in the subject in that journal. A three-field plot was used to analyze the relationship between keywords, authors, and journals. In the content analysis, instruments, approaches, descriptions, ergonomic postures, samples, and the level of ergonomic risk were evaluated, with all the information compiled in a matrix. It is concluded that virtual reality technology showed positive potential in improving working conditions, where employees feel better knowing their ergonomic status through augmented reality simulations and control and analysis methods such as OWAS, RULA, and REBA. Finally, technology can be a valuable part of the solution; however, effective application and correction of working conditions are equally crucial.

Keywords-- Ergonomic risks, control methods, postures, augmented reality, systematic review.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LEIRD).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LEIRD).

DO NOT REMOVE

Una revisión: Métodos de control de posturas y movimiento para determinar riesgos ergonómicos en trabajadores

Ortiz-Navarro, Juan Luis, Estudiante de Ingeniería Industrial¹; López-Arias, Giovanni David, Estudiante de Ingeniería Industrial¹; Chauca-Huete, Julio Luis, Magíster en Docencia Universitaria y Gestión Educativa¹; Estrada-Espinoza, Johan Alexander, Estudiante de Ingeniería Industrial¹; Cruz-Aguilar, Ariana Alisabel, Estudiante de Ingeniería Industrial¹

¹Universidad Tecnológica del Perú, Perú, 1522422@utp.edu.pe, 1321328@utp.edu.pe, c20903@utp.edu.pe, u18103195@utp.edu.pe, u20212692@utp.edu.pe

Resumen– La ergonomía al pasar de los años ha evolucionado desde el enfoque de factores humanos hasta abarcar la ergonomía de la actividad, siendo aplicada a múltiples industrias. Esta afecta significativamente en la calidad de vida de los colaboradores. En ese sentido, se planteó realizar una revisión sistemática de la literatura sobre los métodos de control de posturas y movimientos para determinar riesgos ergonómicos en trabajadores. Este estudio emplea el método PRISMA para la revisión sistemática. Se utilizaron criterios de inclusión y exclusión para la elegibilidad. Los resultados muestran que el año con mayor producción científica anual fue el 2023, con 5 estudios publicados, mientras que en el promedio de citaciones totales por artículo fue el 2020 con mayor cantidad. Asimismo, en el análisis de frecuencia de palabras clave, las palabras “ergonomics” y “human factors” fueron las que tuvieron mayores repeticiones. Por otro lado, se identificó que la revista suiza Sensors, publicó 4 artículos sobre el tema de estudio lo que mostró profundización sobre el tema en dicha revista. Luego se analizó a través de un gráfico de tres campos la relación entre palabras clave, los autores y las revistas. Por otro lado, en el análisis de contenido se evaluó instrumentos, enfoques, descripción, posturas ergonómicas, muestras, y el nivel de riesgo ergonómico, donde toda la información se acopió en una matriz. Se concluye que la tecnología de realidad virtual presentó un potencial positivo a la hora de mejorar las condiciones laborales, donde los colaboradores se sienten mejor conociendo su estado ergonómico a través de simulaciones de realidad aumentada y métodos de control y análisis como OWAS, RULA y REBA. Finalmente, la tecnología puede ser una parte valiosa de la solución, sin embargo, la aplicación efectiva y la corrección de las condiciones laborales son igualmente cruciales.

Palabras clave-- Riesgos ergonómicos, métodos de control, posturas, realidad aumentada, revisión sistemática.

I. INTRODUCCIÓN

A medida que las industrias se han diversificado y evolucionado, la ergonomía se ha consolidado como una ciencia multidisciplinaria, que desempeña un rol clave en la interacción humana con el entorno laboral. La ergonomía se enfoca en comprender y mejorar la interacción entre los seres humanos y sus entornos de trabajo, buscando promover tanto el bienestar humano como la eficiencia económica. No obstante, su aplicación y comprensión varían significativamente entre los profesionales y las empresas. A

pesar de la evolución hacia un enfoque más integral y sistémico, algunos persisten en limitar la ergonomía, centrándola únicamente en aspectos físicos, como la postura y el movimiento corporal [1]. Es, una disciplina científica consolidada que estudia las relaciones entre el ser humano y su entorno de trabajo desempeña un papel fundamental en la búsqueda del bienestar y la seguridad de los trabajadores [2]. En la actualidad, se reconoce que una mala planificación del trabajo desde el punto de vista ergonómico puede causar fatiga, desmotivación, pérdida de concentración y, en última instancia, trastornos musculoesqueléticos (TMEO) que afectan la salud y la calidad de vida de los individuos [3]. En este contexto, la evaluación de riesgos ergonómicos se ha convertido en una herramienta vital para prevenir trastornos musculoesqueléticos en diversos entornos laborales.

El presente artículo se enmarca en una serie de investigaciones que se han llevado a cabo con el objetivo de comprender y mitigar los riesgos ergonómicos en diferentes sectores laborales. Uno de los enfoques de investigación recientes se centra en la evaluación de posturas y movimientos laborales, con el propósito de identificar factores de riesgo ergonómico y proponer medidas preventivas y correctivas. Estos estudios, basados en diversos métodos de evaluación, han arrojado resultados significativos que respaldan la importancia de la ergonomía en la protección de la salud de los trabajadores.

La ergonomía, en su evolución como disciplina, ha abrazado diferentes enfoques y escuelas, desde la escuela de los factores humanos hasta la ergonomía de la actividad. A pesar de las diferencias que puedan existir entre estas corrientes, se reconoce la necesidad de abordar la ergonomía como una única disciplina que prioriza el diseño de sistemas de trabajo centrados en el ser humano [4]. La aplicabilidad de la ergonomía trasciende diferentes sectores, extendiéndose desde la industria farmacéutica hasta la textil. En el ámbito de la oficina de farmacia, la falta de planificación ergonómica puede dar lugar a fatiga, pérdida de concentración y disminución del rendimiento. La ergonomía puede mejorar la calidad laboral en este contexto específico [5]. Además, se ha

comprobado que la ergonomía no solo es relevante en trabajos industriales, sino que también tiene un impacto en actividades que van desde la industria textil [6]. Resulta evidente que la ergonomía no solo se relaciona con la salud física, sino que también influye en la calidad de vida. Se puede conectar la ergonomía con la calidad de vida y la autodeterminación del ser humano, subrayando la responsabilidad compartida entre trabajadores y organizaciones para preservar la salud en el entorno laboral [7]. A pesar de su carácter multidisciplinario y su papel en la adaptación del trabajo al ser humano, la comprensión de la ergonomía varía ampliamente entre los directivos de las empresas, lo que puede limitar su alcance y aplicación efectiva [8].

La investigación en ergonomía ha identificado la necesidad de abordar la prevención de riesgos ergonómicos desde múltiples perspectivas, incluyendo el análisis de posturas laborales, la evaluación de herramientas y métodos ergonómicos, y la consideración de factores como la iluminación en los entornos de trabajo [9]. Estos estudios ofrecen un marco sólido para desarrollar estrategias efectivas de control de posturas y gestión de riesgos ergonómicos en diversos sectores laborales.

El uso de métodos ergonómicos para evaluar y prevenir riesgos no se limita a una sola industria o tipo de trabajo. Desde la industria textil hasta los trabajadores del volante, la ergonomía se ha convertido en una disciplina interdisciplinaria que se aplica en múltiples campos [10]. Existen herramientas valiosas para identificar riesgos ergonómicos en varios entornos de trabajo como por ejemplo métodos de evaluación de carga postural, incluyendo RULA (Rapid Upper Limb Assessment - Evaluación Rápida de la Extremidad Superior), REBA (Rapid Entire Body Assessment - Evaluación Rápida del Cuerpo Completo), OWAS (Ovako Working Analysis System - Sistema de Análisis de Trabajo Ovako) y EPR (Evaluación Postural Rápida) [11]. Por otro lado, se exploró cómo los métodos RULA y REBA, integrados con la simulación virtual 3D, pueden utilizarse para evaluar y mejorar los puestos de trabajo en la industria metalúrgica [12]. La metalurgia también se ha convertido en un campo de estudio crucial para la ergonomía, existe un alto riesgo de desórdenes musculoesqueléticos en puestos de trabajo en el sector metal [13].

A medida que la población envejece y se debilita, aumenta la exposición a factores ergonómicos y biomecánicos. Su estudio en el sector oleico destacó la prevalencia de factores de riesgo relacionados con actividades agrícolas, lo que podría dar lugar a TMEO como tendinitis y lumbalgias. Esto subraya la necesidad de rediseñar herramientas manuales y considerar nuevas tecnologías para fomentar un envejecimiento saludable y prevenir estos riesgos. [14]. No obstante, es crucial reconocer TMEO en el sector textil de Perú. Su enfoque combina los métodos REBA y

RULA para evaluar posturas y proponer medidas preventivas y correctivas, demuestra cómo un enfoque ergonómico puede reducir significativamente los riesgos de TMEO en un entorno laboral específico [15,16].

Asimismo, se abordará la percepción de la ergonomía en la representación social de los directivos empresariales, destacando cómo la comprensión de la ergonomía influye en su aplicación en el entorno laboral. Mediante esta revisión sistemática, se busca comprender la importancia central de la ergonomía en la adaptación del trabajo al ser humano y su potencial para optimizar los sistemas laborales. Esta revisión sistemática permitirá comprender cómo la ergonomía es fundamental para la adaptación al trabajo, y cómo su aplicación puede contribuir a la optimización del mismo, centrados en el bienestar y la salud de los trabajadores [17].

II. METODOLOGÍA

Para la ejecución del siguiente estudio se planteó realizar una revisión sistemática de la literatura sobre los métodos de control de posturas y movimiento para determinar riesgos ergonómicos en trabajadores. En tal sentido, se puede definir a la revisión sistemática como un estudio que busca identificar los principales hallazgos de las investigaciones de modo que sintetice la información brindando un resumen crítico de resultados que muestren efectos replicables, así como, tendencias temáticas, debilidades y fortalezas de los estudios para que se pueda tener mayor fundamentación sobre los temas y se pueda responder las cuestiones científicas. Por tal motivo, la revisión sistemática busca que los estudios incluidos cumplan criterios de inclusión y exclusión para su correcta elegibilidad. En el presente, se viene implementando diferentes métodos estructurados y conceptualizados para la ejecución de revisiones sistemáticas, lo que ayuda enormemente al indicador de calidad de contenido científico [18]. Se observa que, las revisiones sistemáticas que incluyen el metaanálisis y los indicadores bibliométricos, proporcionan una evidencia científica de mayor solidez en lo que tiene que ver las intervenciones [19].

La investigación ha seguido los lineamientos del método PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews), este tiene el objetivo de aumentar la calidad e integridad de las revisiones sistemáticas y el metaanálisis, por que proporciona una secuencia de pasos inequívocos que permiten descubrir, elegir, valorar y completar la investigación [20,21,22].

Por consiguiente, al tener una metodología óptima, también se buscó una estrategia que sirva para mejorar la especificidad y claridad conceptual de los problemas, así como para realizar búsquedas que arrojen resultados con mayor calidad y precisión, para esto se planteó considerar las siguientes palabras clave: “trabajadores”, “control de postura y movimiento”, “Realidad virtual” y “evaluación ergonómica”). Asimismo, se formuló la cadena de búsqueda incluyendo

sinónimos y haciendo uso de los operadores booleanos tales como: AND, OR. La Cadena es la siguiente: (workspace OR workplace OR workplaces) AND ("Virtual reality" OR "Augmented reality" OR "Digital human models" OR "Virtual fabrication" OR "Human factors" OR "Ergonomics assessment" OR "Control of posture and movement" OR "Portable sensors" OR "Portable electronics" OR "Motion capture" OR "Body postures" OR "Determination of posture") AND ("Ergonomic evaluation" OR "Physical ergonomics analysis" OR "Ergonomic analysis" OR "Evaluation methods" OR "Evaluation platforms" OR "Ergonomics assessment" OR "Posture analysis" OR "Risk assessment"). Además, se formularon los criterios de inclusión y exclusión para su evaluar su elegibilidad de cada estudio.

TABLA I
CRITERIOS DE ELEGIBILIDAD

Criterios de Inclusión	
CI1	Las variables de investigación se alinean con el título y los resúmenes.
CI2	Las palabras clave se relacionan con una o todas las variables de la investigación
CI3	Los estudios deben mostrar un impacto sobre el control de métodos en las posturas
CI4	Los estudios deben poseer al menos 1 de las siguientes palabras clave de búsqueda: métodos de control de posturas, ergonomía, riesgos ergonómicos.
Criterios de Exclusión	
CE1	Estudios que estén fuera del rango (2019-2023).
CE2	Estudios que sean diferentes a la categoría "Article".
CE3	Estudios que no estén en el proceso final de publicación.
CE4	Estudios que escapen de la temática principal (control de métodos, realidad aumentada, ergonomía y análisis de postura en trabajadores)

Una vez realizado el proceso de identificación de estudios, tuvimos como resultado inicial 497 estudios (27-10-2023), que, pasando por el proceso de cribado final, resultaron 15 estudios incluidos para la revisión sistemática. Además, se realizó la incorporación de 4 artículos adicionales. Este incremento se justifica por el valor que estos estudios adicionales que aportan al análisis global, esperando que enriquezca la comprensión y las conclusiones derivadas de la revisión sistemática. Estos resultados se muestran en la siguiente fase dividido en 2 subgrupos, resultados bibliométricos y resultados de contenido.

III. RESULTADOS

3.1 RESULTADOS BIBLIOMÉTRICOS

El primer indicador bibliométrico es la producción científica anual, la que muestra como las publicaciones han ido aumentando en el tiempo lo cual ha demostrado un mayor interés por parte de la comunidad científica. Se observa que el año con mayor producción es el 2023, con 8 estudios indexados en Scopus, siendo representado por el 42.11% del total de los artículos incluidos en a la revisión. Asimismo, se tiene al 2022 con 5 estudios publicados y contando con un

valor del 26.32%. Finalmente, los años 2019, 2020 y 2021, fueron los que contaron con al menos dos artículos publicados durante cada año dando una suma acumulativa porcentual del 31.58%, tal como se observa en la Fig. 1.

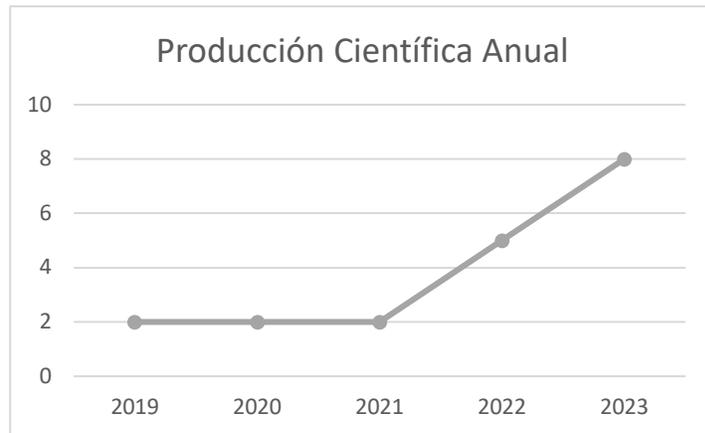


Fig. 1. Diagrama de líneas sobre la producción científica anual durante el periodo 2019 - 2023.

TABLA II
PROMEDIO DE CITACIONES POR AÑO

Año	MeanTCperArt	N	MeanTCperYear	Años citables
2019	0.5	2	0.1	5
2020	11	2	2.75	4
2021	3.5	2	1.17	3
2022	6.6	5	3.3	2
2023	0.25	8	0.25	1

Nota: Datos obtenidos por elaboración propia. "Promedio de citas por año"

La tabla II muestra el promedio de citas por año, lo que brinda un panorama de cómo está el estado del arte con respecto al indicador de las citas por artículos. En ese sentido, se observa que la primera columna muestra los años de publicaciones; la columna dos muestra la media de total de citas por artículo, la que se calcula con el número de citas totales de todos los artículos de ese respectivo año entre el número de artículos publicados durante el mismo año. En la tercera columna se tiene el N, que hace referencia a la cantidad de estudios publicados en cada fila, la media de total de citas por año es el resultado obtenido de la división entre la media total de citas por artículo, entre los años citables, mientras que los años citables, hace referencia al periodo de tiempo que se va considerando desde la primera publicación con respecto al tema investigado.

Se encontró que el mayor índice de media de total de citas por artículo lo tiene el año 2022, a pesar que el 2020, con un índice MeanTCperArt de 11, tan solo en 2 trabajos, siendo 22 citas las que se consiguieron, el año 2023 presentó un considerable indicador de MeanTCperYear, esto quiere decir que los artículos desarrollados durante ese

año presentan buena calidad y profundidad sobre el estudio de modo que han sido considerados en otros trabajos como antecedentes con una cantidad nominal de 8 artículos. El 2021 es el siguiente año con mayor índice con un valor de 3.5 y 2 estudios publicados, denotando igual buen contenido dentro de los estudios para ser considerados como precedentes en trabajos con dirección a los métodos de control de posturas y movimiento para determinar riesgos ergonómicos en trabajadores. El año 2023 y el año 2019 tienen los índices más bajo sobre este indicador mostrando el corto impacto que han tenido en sus trabajos. Con respecto al MeanTCperYear, el mayor es para el año 2022 ya que tiene un MeanTCperArt alto de 6.6 y como se encuentra en la fila del año citable número 2, coincide con poseer el valor más alto y ver que dichos artículos se encuentran en tendencia. El segundo con 2.75 fue para el año 2020, a pesar de presentar el MeanTCperArt mayor que todos, sigue teniendo resultados bajos.

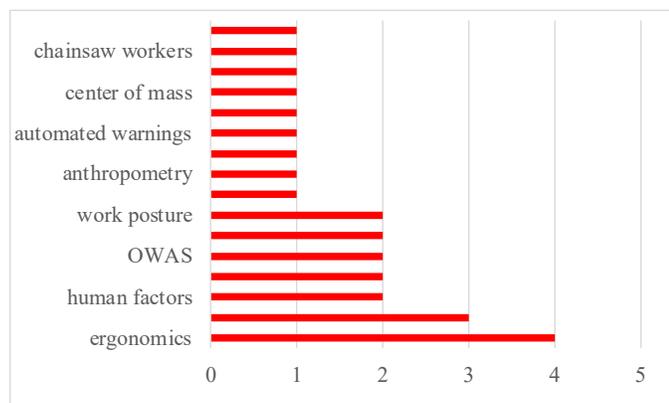


Fig. 2. Diagrama de barras sobre la frecuencia de uso de las palabras clave de los autores.

La Fig. 2 evidencia que la mayor frecuencia de palabras clave la tiene “ergonómicos”, con un total de 4 palabras repetidas en diferentes estudios. En total se recolectaron 80 palabras clave en todos lo artículo. Sin embargo, estas palabras clave nos sugieren temáticas de evolución como, por ejemplo: “Antropometría”, “Avisos automatizados”, “trabajadores de motosierra”. Por tal motivo, se debe profundizar más en la investigación para encontrar mayores resultados.

TABLA III
FUENTES MÁS RELEVANTES CONSULTADAS

Fuentes	Frecuencia
Sensors	4
Applied Ergonomics	1
Designs	1
Madera y Bosques	1
IEEE Access	1
International Journal of Integrated Engineering	1
Journal of Scientific and Industrial Research	1
Forests	1
Tehnicki Vjesnik	1
IEEE Transactions on Human-Machine Systems	1

Applied Sciences (Switzerland)	1
International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering	1
BMC Musculoskeletal Disorders	1
Annals of Work Exposures and Health	1
Current Directions in Biomedical Engineering	1
Polish Journal of Environmental Studies	1

Con respecto a la tabla III, se observa que la fuente más relevante y con la mayor cantidad de frecuencia de publicaciones es Sensors, revista de Suiza perteneciente a la editorial MDPI. Asimismo, Applied Ergonomics es otra revista de interesante enfoque y alto impacto, sin embargo, a comparación de la primera, no han tenido mayores avances con respecto al tema de investigación.

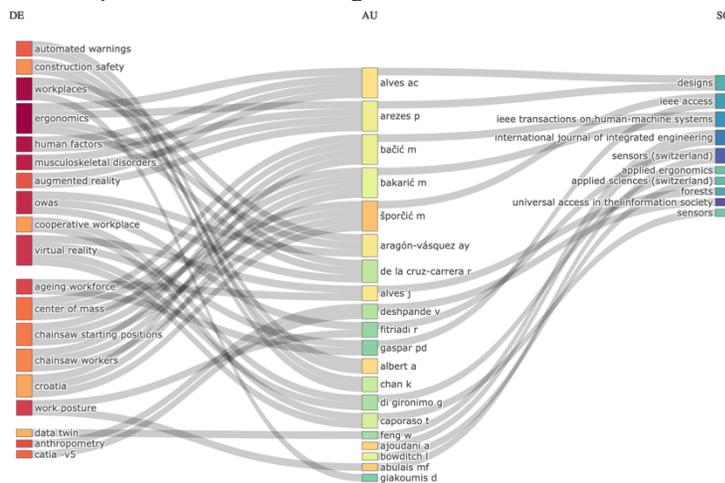


Fig. 3. Gráfico de 3 campos

La Fig. 3, muestra el gráfico de tres campos, que ayuda a la relación de 3 variables distintas para un mayor entendimiento de la dependencia que existe de izquierda al derecho del esquema. Se observa que la columna izquierda se tiene a “DE”, palabras claves, y se logra observar de manera similar lo explicado en la Figura 2, sin embargo, si vemos la relación con los autores (AU), y vemos que los que tienen mayor flujo de entrada son Alves AC y Arezes P, se observa la variedad de revistas donde estos autores han realiza las publicaciones de sus investigaciones.

Este gráfico aporta a los investigadores de manera que puedan conocer sí la relación entre cada indicador es precisa o no.

3.2 RESULTADOS DE CONTENIDO

Se logró identificar que la cantidad de estudios cuantitativos asciende a 57.9% del total, con una cantidad numérica de 11 estudios. Los estudios cualitativos representan el 26.3%, siendo 5 artículos. Finalmente, los artículos de enfoque mixto representan un 15.8% de los 19 estudios incluidos en la revisión.

TABLA IV
EVIDENCIAS SOBRE LOS INSTRUMENTOS, ENFOQUES, DESCRIPCIÓN, POSTURAS ERGONÓMICAS Y MUESTRA

Autores	Instrumento	Descripción de la herramienta	Posturas ergonómicas evaluadas	Muestra
Alves et al. (2023) [23]	Motio Capture (MoCap) Captura de movimiento Virtual Reality (VR) Realidad Virtual	La integración de sistemas de captura de movimiento (MoCap) y realidad virtual (VR) se considera una herramienta clave para optimizar el rendimiento de trabajadores que están en proceso de envejecimiento. El enfoque se centra en la combinación de sistemas de captura de movimiento con tecnología de realidad virtual, con el propósito de investigar cómo esta tecnología puede ser beneficiosa para mejorar la productividad de la fuerza laboral que está envejeciendo.	Postura incorrecta durante el levantamiento de objetos	Trabajadores de Edad Avanzada
Aragón-Vásquez et al. (2019) [24]	Software KINOVEA Método OWAS HSE. Ergo. OWAS app SPSS ver. 19	Los videos y las fotos se examinaron con el software gratuito KINOVEA® debido a su capacidad para medir con precisión los ángulos de las posturas capturadas de los trabajadores en las imágenes estáticas. Estas posturas se calificaron utilizando el sistema de puntuación del análisis de postura de trabajo Ovako OWAS, que asigna calificaciones de riesgo a cada postura. Además, se empleó la aplicación interactiva HSE. Ergo. OWAS app. Los datos se sometieron a análisis utilizando el software estadístico SPSS ver. 19.	Posiciones fijas Posiciones con una pierna recta Posiciones inclinadas	6 aserraderos 15 puestos de trabajo
Caporaso et al. (2022) [25]	Sistema de Realidad Virtual Simulador Robótico	Este estudio introduce un sistema de realidad virtual innovador que emplea sensores portátiles para evaluar la ergonomía en lugares de trabajo colaborativos en tiempo real. El sistema integra un simulador robótico que modela el entorno laboral y el robot, dispositivos de realidad virtual para la inmersión y la interacción humana, así como sensores electromiográficos y un acelerómetro para medir la ergonomía del usuario. En esencia, se propone un sistema de realidad virtual que combina un simulador robótico y dispositivos de seguimiento para evaluar la ergonomía en entornos laborales cooperativos en tiempo real.	Erector de la columna Nivel L3 Recto femoral Doblar y alcanzar más agarrar Girar el cuerpo y caminar	Trabajadores industriales con diferentes características antropométricas (No Especificado)
Chan et al. (2020) [26]	GPS Virtual Robotic Experimentation Platform (VREP)	El uso de tecnología de localización como el GPS hace que el hardware de la metodología sea más adecuado para aplicaciones en exteriores, dado que el GPS tiende a ser menos preciso en entornos interiores. En este caso, se empleó un módulo GPS específico, el MTK3339, que tiene una frecuencia de actualización de 10 Hz, la capacidad de rastrear hasta 22 satélites en 66 canales y una precisión de 3 metros. Para estudiar y cuantificar la cantidad de alarmas redundantes e innecesarias emitidas cuando el campo de visión del trabajador no se tenía en cuenta en la generación de alarmas de proximidad, se implementó un modelo de seguridad basado en reglas en la funcionalidad del software VREP. Para simular el campo de visión del trabajador, se colocó un sensor de proximidad en forma de cono en la cabeza de un maniquí virtual en VREP.	Posición de un trabajador (distancia de un elemento con el trabajador)	Trabajadores (No Especificado)
Guo et al. (2021) [27]	Tecnología DT	La tecnología DT posibilita la representación en tiempo real de las acciones de los trabajadores en el entorno real en un entorno virtual. En este entorno virtual, se pueden calcular y comparar en tiempo real aspectos críticos, como los límites de trabajo del trabajador en vivo y la compleja distancia entre el trabajador y la línea de alto voltaje, respecto a la distancia de seguridad regulada. Esto permite una evaluación dinámica del riesgo de las operaciones del trabajador en vivo en diferentes situaciones operativas.	Desviación del cuello, hombros, extremidades, etc.	Trabajadores vivos en alto voltaje (No especificado)
Halim et al. (2021) [28]	Software Microsoft Visual Studio Una cámara 3D (Microsoft Kinect) Sensores musculares de Advancer Technologies Un microcontrolador (NI DAQ USB-6000)	Se empleó un sistema de evaluación postural que se desarrolló utilizando un sensor 3D de Microsoft KinectMT y Microsoft Visual Studio. El software SDK de Kinect se instaló para facilitar la comunicación entre Visual Studio y el sensor KinectMT, permitiendo la visualización de la imagen de la postura y las articulaciones en forma de un esqueleto. En el estudio, se utilizaron los espacios de nombres Microsoft. Kinect y System.Windows. Media.Media3D para acceder a los vectores 3D de las articulaciones. Se llevó a cabo una calibración para definir los ángulos entre las articulaciones y los ejes x, y, z del Kinect para varios movimientos. El sistema de evaluación postural registra el	Posturas extenuantes como doblarse o girar	Trabajadores industriales (No especificado)

		perfil del usuario, lo que le permite medir la flexión/extensión, flexión lateral y abducción/aducción de la parte superior del brazo, el codo, el tronco y el cuello. En resumen, el sistema utiliza el sensor KinectMT y software especializado para evaluar la postura y el movimiento de varias articulaciones del cuerpo.		
Ji et al. (2023) [29]	Software JACK Siemens Sistema de movimiento Xsens	Este estudio introduce un enfoque novedoso para evaluar el riesgo de lesiones en trabajadores de la salud al combinar dispositivos portátiles discretos y tecnología digital humana. Se empleó una integración fluida del software JACK Siemens junto con el sistema de seguimiento de movimiento Xsens para identificar posturas incómodas utilizadas en las tareas de traslado de pacientes. Este enfoque facilita un seguimiento constante del movimiento del personal sanitario y es aplicable en entornos reales.	Movimiento del tronco y cadera Lesión lumbar	33 participantes
Joshi & Deshpande (2023) [30]	Cuestionario Musculoesquelético Método Rula CATIA v5	Se empleó un cuestionario de opción múltiple para evaluar la naturaleza y gravedad de los síntomas musculoesqueléticos en un grupo de 18 trabajadores que se dedican a lijar en un taller de reparación de automóviles. Para determinar la gravedad de la postura, se llevó a cabo un análisis postural utilizando la Evaluación Rápida de las Extremidades Superiores (RULA). La RULA evalúa diversos factores de riesgo, y estos factores se combinan para otorgar una puntuación que varía de 1 a 7. Además, se analizaron las posturas involucradas en el trabajo propuesto utilizando nuevamente la técnica RULA en el software CATIA v5 con el fin de identificar mejoras y sugerir posturas de trabajo ergonómicas.	Inclinarse y mirar hacia abajo con los brazos por debajo del nivel de las rodillas Doblar la espalda y estirar el brazo por debajo del nivel de la rodilla	Trabajadores experimentados que realizaban actividades deapeado manual de culatas (50 hombres indios)
Landekić et al. (2023) [31]	Método REBA ErgoFellow 3.0 Xsens MVN Link Software MVN BIOMECH	Las posturas muestreadas se evaluaron con ErgoFellow 3.0 y el método REBA para identificar desviaciones de la postura natural (N). REBA clasifica en cinco niveles de riesgo de TME. Se usó el traje Xsens MVN Link con 17 sensores inerciales para medir el Centro de Masa (CoM) y analizar el movimiento corporal completo.	Inclinarse hacia atrás Arrodillarse Postura del tronco	28 de trabajadores con motosierra
Lasota (2020) [32]	Método OWAS	La recopilación de datos implicó observar visualmente las posiciones de los trabajadores utilizando el método observacional OWAS con un lápiz y papel, con un intervalo de muestreo de 25 segundos. Este método es simple de aplicar y permite una evaluación rápida de la exposición a los riesgos de WRMSD.	Carga de trabajo postural Movimiento Repetitivo	Trabajadores (4 lugares de trabajo Polivalentes)
Lorenzini et al. (2022) [33]	Método EAWS Experimento de Simulación de actividades Laborales Sistema de Sensores	El método EAWS brinda una comprensión completa y única de la evaluación de riesgos ergonómicos. Se validó utilizando una placa de fuerza, aunque podría reemplazarse por plantillas equipadas con sensores. Además, se utilizó un sistema portátil basado en la inercia para rastrear el movimiento humano, pero los sistemas de visión podrían ser considerados como una alternativa. Cabe destacar que se optó por un modelo sagital para representar el cuerpo humano, ya que el análisis se centró únicamente en actividades en el plano sagital.	Movimiento de flexión/extensión Fuerzas intercambiadas con el entorno	Trabajadores (12)
Naweed et al. (2022) [34]	Redes Temáticas Diagrama de Bucle Causal	Se empleó el análisis de redes temáticas para abordar el tema central, y se elaboró un diagrama de bucle con el propósito de crear una representación más comprensible de cómo interactúan los sistemas en el proceso, con la meta de identificar un tema general que destaque la manifestación de WRMSD.	Cuerpo desalineado al estar sentado	Conductores de Tranvía
Pereira et al. (2023) [35]	Nordic Musculoskeletal Questionnaire (NMQ) Cuestionario Musculoesquelético Nórdico	El cuestionario se administró a empleados de las áreas logísticas consideradas más críticas. Este cuestionario, conocido como el NMQ, es una metodología estandarizada que facilita la comparación de quejas relacionadas con distintas partes del cuerpo. En este estudio, el NMQ se utilizó como una entrevista estructurada, siguiendo un enfoque sistemático en el cual se plantean a los trabajadores de logística las mismas preguntas predeterminadas en el mismo orden.	Posturas extremas Posturas desfavorables para alcanzar materiales	Operadores del área de logística
Pratiwi et al. (2019) [36]	Método OWAS Método WERA SPSS versión 21.0	El estudio con el método OWAS incluye tomar imágenes de posturas laborales, determinar la carga manejada, evaluar la postura de trabajo y categorizar los riesgos asociados. Con el método WERA, se capturan imágenes, se identifican posturas corporales, se evalúan cargas, duración del trabajo, vibraciones y estrés por contacto, y se categorizan los riesgos. Además, se aplican pruebas estadísticas de normalidad, comparación y correlación usando SPSS versión 21.0 para analizar hombros/brazos, espalda, piernas y peso/fuerza.	Ambos brazos están debajo del hombro Parado sobre una pierna con las rodillas dobladas	5 trabajadores en 4 puestos de trabajo

Senjaya et al. (2022) [37]	Método RULA	La evaluación ergonómica basada en RULA combina mediciones de posturas de muñeca y cuerpo. Validamos nuestro enfoque con datos de ensamblaje, generando puntuaciones de riesgo comparables a las de expertos. La sección automatizada de RULA etiqueta datos con visualización 3D y videos, calculando la puntuación según los ángulos articulares. En resumen, nuestro método ofrece una evaluación ergonómica integral comparable a la de expertos.	Postura de la Muñeca	12 sujetos (11 diestros y 1 zurdo)
Moëz Smiri et al. (2023) [38]	CAP survey (Encuesta de Conocimientos, Actitudes y Practicas)	En la encuesta CAP se evalúan características generales, tiempo de servicio, nivel de exposición a olores, y conocimiento de riesgos y prácticas preventivas de los empleados. Su objetivo es determinar el conocimiento sobre riesgos de exposición al alcohol, evaluar la actitud hacia el entorno laboral, y proporcionar información sobre fuentes educativas y comportamientos asociados con riesgos químicos. Se midió la exposición a gases orgánicos volátiles y vapores mediante muestras de contaminantes cerca de las vías respiratorias de los operadores.	Posición de manejo de materiales peligrosos, movimientos repetitivos, posturas incómodas, vibraciones y movimientos están en primera línea.	2200 trabajadores de una planta dedicada a la fabricación de equipos de seguridad automotriz, actividades relacionadas con el revestimiento y la manipulación de productos químicos
Stefan Sesselmann et al. (2023) [39]	Cinta de correr Fitifito FT850, Sistema de medición de análisis de movimiento 3D, Banda pectoral Garmin HRM-ProTM y Modelo de cuerpo completo Plug-in Gait con 38 marcadores retro reflectantes para analizar el movimiento de todo el cuerpo.	Al empleó herramientas y tecnologías para analizar los movimientos y posturas del complejo mano-brazo-hombro de la población. Se creó un modelo 3D, y se utilizaron cámaras de alta frecuencia para registrar los movimientos de los individuos. El software Vicon ProCalc se utilizó para calcular los ciclos de carrera, y el entorno de desarrollo se empleó para recopilar los datos. Se evaluaron ángulos articulares y posturas usando el modelo Plug-in Gait. Se realizó un análisis estadístico mediante una prueba comparativa de los resultados. Estas herramientas en conjunto permitieron obtener información valiosa sobre los movimientos y posturas durante la carrera.	Postura del brazo y cuerpo durante la carrera	25 adultos voluntarios con ningún aparente TME
Carson Whitehead et al. (2022) [40]	Laboratorio de Biomecánica de la Región Lumbar y Estrés, Medidor de Velocidad del Aire y temperatura "VelociCalc", Cámara infrarroja, FLIR GF300, Maniqués	Se utilizaron maniqués de diferentes tamaños al realizar la evaluación ergonómica, los cuales representaban a trabajadores en la industria petrolera, y se colocaron en diversas posturas y alturas. También se utilizaron tubos de PVC con perforaciones para simular la emisión de material químico, todo esto sobre un soporte para mantenerlos en posición. También se instaló una cámara de emisión de 500 ml sellando un espacio de separación de aire en el tubo de PVC. Y con una cámara infrarroja se verifica la emisión del gas. Además, se construyeron soportes para maniqués que permitan ajustarlos en diferentes posturas. Se empleó un medidor de velocidad del aire para evaluar posibles movimientos de aire y se monitorearon las condiciones de temperatura y humedad en el laboratorio. Estas herramientas y configuraciones se utilizaron en conjunto para realizar las simulaciones de exposición química y recopilar datos sobre la exposición química en la zona de respiración.	Posturas en diferentes ángulos dentro del ambiente. Medición y afectación en cada postura.	No especifica cantidad de maniqués usados en el estudio.
Reza Esmacili et al. (2023) [41]	Quick Exposure Check (QEC) - Método de chequeo de exposición rápida	El Quick Exposure Check (QEC) es un método rápido y efectivo de evaluación ergonómica. Su objetivo principal es identificar factores de riesgo para trastornos musculoesqueléticos (TMEO) analizando cuatro secciones del cuerpo: espalda, hombros y brazos, muñecas y manos, y cuello. Esta metodología destaca por su capacidad de aplicación en diferentes operaciones, incorporando factores de riesgo físicos y psicosociales, lo que ayuda a una planificación ergonómica integral. QEC asigna calificaciones de riesgo (bajo, moderado, alto o muy alto) basadas en el tiempo de exposición y el estrés ocupacional, permitiendo reevaluaciones inmediatas ante cambios en el entorno laboral.	Posturas que involucren las 12 regiones del cuerpo: cuello, hombros, parte superior de la espalda, brazos superiores, parte baja de la espalda, antebrazos, muñecas, glúteos, pies, muslos, rodillas y piernas inferiores.	117 operarios de una planta de fundición.

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

Varios de los artículos analizados, presentan hallazgos que subrayan el potencial positivo de las tecnologías de realidad virtual y captura de movimiento en la evaluación de riesgos ergonómicos y la mejora de las condiciones laborales. Se destaca cómo la combinación de estos sistemas

tecnológicos puede contribuir a la formación y el análisis ergonómico, lo que resulta en entornos laborales más seguros y saludables, especialmente para la fuerza laboral envejecida [23]. Además, muestra que los trabajadores son capaces de comprender y percibir su estado ergonómico en entornos virtuales inmersivos. Estos resultados sugieren que las tecnologías de realidad virtual y captura de movimiento

pueden aumentar la autoconciencia de los trabajadores y proporcionar herramientas efectivas para la evaluación y mejora de las condiciones de trabajo [25].

Contrastando con estos aspectos positivos, se pone de manifiesto un desafío en la aplicación de medidas de seguridad en el lugar de trabajo [31]. En el estudio, casi la mitad de los trabajadores de motosierras optaron por no seguir las instrucciones de seguridad, lo que podría dar lugar a riesgos significativos de trastornos musculoesqueléticos. Además, el método aparentemente más seguro resultó ser el más riesgoso en términos de tensión postural, lo que a largo plazo podría contribuir a problemas de salud. Este hallazgo destaca la necesidad de no solo implementar tecnologías y sistemas de evaluación, como se discute anteriormente, sino también de abordar la importancia de la adherencia del trabajador a las medidas de seguridad, ya que la falta de cumplimiento puede contrarrestar los beneficios de las intervenciones ergonómicas.

De acuerdo con otros estudios que aportan ideas innovadoras para mejorar la seguridad en el lugar de trabajo a través de la tecnología. En primera instancia se describe un sistema de alerta de proximidad que utiliza múltiples sensores para detectar situaciones de peligro y proporcionar advertencias personalizadas a los trabajadores en tiempo real. Esto ofrece una solución prometedora para mejorar la seguridad en entornos de construcción y complementar los equipos de protección personal tradicionales [26]. Del mismo modo, en otro hallazgo se propone la implementación de la Realidad Aumentada (AR) en la logística, lo que puede reducir riesgos ergonómicos y mejorar las condiciones laborales. La respuesta positiva de los trabajadores en el estudio de caso sugiere que las soluciones de AR pueden tener un impacto significativo en la seguridad y el bienestar del personal [35].

Sin embargo, se puede destacar la existencia de un alto porcentaje de posturas laborales con riesgo de lesiones musculoesqueléticas, lo que subraya que, a pesar de las innovaciones tecnológicas mencionadas en los hallazgos anteriores, todavía persisten riesgos considerables en muchos entornos laborales. Los resultados de este estudio, indica que el 48% de las posturas se encontraba en niveles de riesgo que requiere medidas correctivas [24]. Esto sugiere que, a pesar de los avances tecnológicos, es esencial abordar de manera más efectiva las condiciones laborales para reducir los riesgos a largo y corto plazo. En resumen, integrar diferentes tipos de tecnologías de monitoreo pueden desempeñar un papel crucial para la solución de problemas ergonómicos, la aplicación efectiva y la corrección de las condiciones laborales son igualmente cruciales.

En conclusión, la revisión sistemática realizada durante el período de 2019-2023 sobre métodos de control de posturas y

movimientos para evaluar riesgos ergonómicos en trabajadores revela que se ha producido un crecimiento constante en la producción científica anual. El año 2023 destacó con el mayor número de estudios indexados en Scopus, representando el 33% del total de artículos en la revisión. Además, se observó que el año 2022 tuvo el mayor número de citaciones por artículo, a pesar de que solo dos trabajos obtuvieron estas citaciones. En cuanto a las palabras clave más frecuentes, "ergonomics" (ergonomía) y "human factors" (factores humanos) destacaron con cuatro y tres menciones, respectivamente. La revista "Sensors," afiliada a MDPI (Multidisciplinary Digital Publishing Institute), se identificó como la fuente más relevante con la mayor cantidad de publicaciones sobre métodos de control de posturas y movimientos para evaluar riesgos ergonómicos. El análisis de contenido mostró que los métodos aplicativos, como el Método OWAS, Método REBA, Método RULA y Método WERA, tuvieron un impacto positivo al mejorar la evaluación y corrección de las posturas laborales. Estos métodos contribuyeron a reducir el riesgo de lesiones musculoesqueléticas y a mejorar la calidad ergonómica de los entornos de trabajo, lo que resultó en un mayor enfoque en la conciencia de los riesgos laborales y la implementación de medidas correctivas específicas. Sin embargo, se destacó que aún se necesita profundizar en el conocimiento sobre estos métodos de control para determinar riesgos ergonómicos, especialmente en términos de obtener datos más concisos y una mayor cantidad de trabajadores en los estudios. Esto permitirá una comprensión más completa de las fortalezas y debilidades de la determinación de riesgos ergonómicos a través de estos métodos de control y, en última instancia, promoverá un entorno de trabajo más seguro y saludable.

REFERENCIAS

- [1] B. Olvera-Morán and M. Samaniego-Zamora, "Ergonomic development through forced postures in routine work," *Polo del Conocimiento*, vol. 5, no. 09, pp. 85–102, 2020.
- [2] B. López and A. Cuesta, "Higiene postural y ergonomía en el ámbito escolar: una perspectiva desde la fisioterapia," *Revista de Estudios de Juventud*, vol. 7, no. 79, pp. 147–157, 2007.
- [3] E. Apud and F. Meyer, "La importancia de la ergonomía para los profesionales de la salud," *Ciencia y enfermería*, vol. 9, no. 1, pp. 15–20, Jun. 2003
- [4] Y. Torres and Y. Rodríguez, "Surgimiento y evolución de la ergonomía como disciplina: reflexiones sobre la escuela de los factores humanos y la escuela de la ergonomía de la actividad," *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, vol. 39, no. 2, Aug. 2021
- [5] C. Esteva, "La ergonomía y la planificación del trabajo en la oficina de farmacia," *Salud Laboral*.
- [6] R. Molina, I. Cachiguango, C. Estévez, and P. Egas, "Evaluación de riesgos ergonómicos del trabajo en empresas de catering," *Turismo y Sociedad*, vol. 23, pp. 101–123, Sep. 2018
- [7] J. Esser-Díaz, N. Vásquez-Antúnez, M. Couto, and M. Rojas, "Trabajo, ergonomía y calidad de vida.: Una aproximación conceptual e integradora.," *Salud de los Trabajadores*, vol. 15, no. 1, pp. 51–57, Jun. 2007.
- [8] B. López-Torres, E. González-Muñoz, C. Colunga-Rodríguez, and E. Oliva-López, "Evaluación de Sobrecarga Postural en

- Trabajadores: Revisión de la Literatura.” *Ciencia & trabajo*, vol. 16, no. 50, pp. 111–115, Aug. 2014
- [9] J. Yamin, A. Pattini, and E. Colombo, “Confort visual en oficinas, factor temporal en la evaluación de deslumbramiento,” *Inf. constr.*, vol. 72, no. 2, pp. 329, Mar. 2020
- [10] L. Diaz-Tenesaca, A. Rivera-Chacón, C. Oñate-Haro, and V. Garay-Cisneros, “Métodos de Evaluación Ergonómica para los puestos de trabajo de los Choferes de transporte,” *Dominio de las Ciencias*, vol. 8, no. 2, pp. 81–97, 2022.
- [11] Y. Chávez-Cujilán and B. Moran-Olvera, “La ergonomía y los métodos de evaluación de carga postural,” *AP*, vol. 4, no. 1.1, pp. 279–292, Feb. 2022
- [12] M. García-García, A. Sánchez-Lite, A. Camacho, and R. Domingo, “Análisis de métodos de valoración postural en las herramientas de simulación virtual para la ingeniería de fabricación,” 2013.
- [13] A. Durán-Urón, J. Davila-Moreno, and D. Jimenez-Castro, “Riesgo de desórdenes músculo esquelético en empresa metal-mecánica. Caso: costa caribe colombiana,” *Aibi revista investig. adm. ing.*, vol. 8, no. 2, pp. 23–28, Jun. 2020
- [14] V. Zorrilla-Muñoz, T. García-Sedano, and M. Agulló-Tomás, “Análisis socio-ergonómico en la agricultura. Evaluación del sector oleico desde una perspectiva de género y envejecimiento,” *ITEA*, vol. 115, no. 1, pp. 83–104, Mar. 2019
- [15] J. Ortiz-Porras, A. Bancovich-Erquínigo, T. Candia-Chávez, L. Huayanay-Palma, and L. Ruez-Guevara, “Método ergonómico para reducir el nivel de riesgo de trastornos musculoesqueléticos en una pyme de confección textil de Lima - Perú,” *Industrial Data*, vol. 25, no. 2, pp. 143–169, Jul. 2022
- [16] M. Muñoz and Y. Velasco, “Evaluación de posturas de trabajo en la actividad de archivar documentos de proyectos de investigación,” *Universidad, Ciencia y Tecnología*, vol. 19, no. 76, pp. 128–137, Sep. 2015.
- [17] L. Gómez-Salazar, “Representaciones sociales de la Ergonomía en personal directivo,” *RVG*, vol. 27, no. 28, pp. 435–451, Mar. 2022
- [18] D. Moher *et al.*, “Ítems de referencia para publicar Protocolos de Revisiones Sistemáticas y Metaanálisis: declaración PRISMA-P 2015,” *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, vol. 20, no. 2, pp. 148–160, Jun. 2016
- [19] B. Hutton, F. Catalá, and D. Moher, “La extensión de la declaración PRISMA para revisiones sistemáticas que incorporan metaanálisis en red: PRISMA-NMA,” *Med Clin (Barc)*, vol. 147, no. 6, pp. 262–266, Sep. 2016
- [20] G. Urrútia and X. Bonfill, “Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis,” *Med Clin (Barc)*, vol. 135, no. 11, pp. 507–511, Oct. 2010
- [21] M. Page *et al.*, “Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas,” *Revista Española de Cardiología*, vol. 74, no. 9, pp. 790–799, Sep. 2021
- [22] M. Page and D. Moher, “Evaluations of the uptake and impact of the Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses (PRISMA) Statement and extensions: a scoping review,” *Systematic Reviews*, vol. 6, no. 1, p. 263, Dec. 2017
- [23] J. Alves, T. Lima, and P. Gaspar, “Novel Design of Assistive Technologies Based on the Interconnection of Motion Capture and Virtual Reality Systems to Foster Task Performance of the Ageing Workforce,” *Designs*, vol. 7, no. 1, p. 23, Feb. 2023
- [24] A. Aragón-Vásquez, E. Silva-Lugo, J. Nájera-Luna, J. Méndez-González, F. Hernández, and R. De La Cruz-Carrera, “Postural analysis of the forestry worker in sawmills of El Salto, Durango, Mexico,” *MYB*, vol. 25, no. 3, Dec. 2019
- [25] T. Caporaso, S. Grazioso, and G. Di Gironimo, “Development of an Integrated Virtual Reality System with Wearable Sensors for Ergonomic Evaluation of Human-Robot Cooperative Workplaces,” *Sensors*, vol. 22, no. 6, p. 2413, Mar. 2022
- [26] K. Chan, J. Louis, and A. Albert, “Incorporating Worker Awareness in the Generation of Hazard Proximity Warnings,” *Sensors*, vol. 20, no. 3, p. 806, Feb. 2020
- [27] J. Guo, Q. Wu, K. Guo, S. Xiong, W. Feng, and J. Xue, “Study on the Construction and Application of Digital Twins on High Voltage Transmission Line Live Working Scenes,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 111587–111594, 2021
- [28] I. Halim, A. Saptari, M. Abulais, and V. Padmanathan, “Integrated Measurement System of Postural Angle and Electromyography Signal for Manual Materials Handling Assessment,” *IJIE*, vol. 13, no. 6, Aug. 2021
- [29] X. Ji, R. Hettiarachchige, A. Littman, and D. Piovesan, “Using Digital Human Modelling to Evaluate the Risk of Musculoskeletal Injury for Workers in the Healthcare Industry,” *Sensors*, vol. 23, no. 5, p. 2781, Mar. 2023
- [30] M. Joshi and V. Deshpande, “Enhancing Ergonomics in Automotive Cylinder Head Manual Lapping: Workstation Assessment and Design,” *JSIR*, vol. 82, no. 09, Sep. 2023
- [31] M. Landekić, M. Bačić, M. Bakarić, M. Šporčić, and Z. Pandur, “Working Posture and the Center of Mass Assessment While Starting a Chainsaw: A Case Study among Forestry Workers in Croatia,” *Forests*, vol. 14, no. 2, p. 395, Feb. 2023
- [32] A. Lasota, “A New Approach to Ergonomic Physical Risk Evaluation in Multi-Purpose Workplaces,” *Teh. vjesn*, vol. 27, no. 2, Apr. 2020
- [33] M. Lorenzini, W. Kim, and A. Ajoudani, “An Online Multi-Index Approach to Human Ergonomics Assessment in the Workplace,” Nov. 2021, Accessed: Oct. 2023
- [34] A. Naweed, L. Bowditch, J. Trigg, and C. Unsworth, “Injury by design: A thematic networks and system dynamics analysis of work-related musculoskeletal disorders in tram drivers,” *Applied Ergonomics*, vol. 100, p. 103644, Apr. 2022
- [35] A. Pereira, A. Alves, and P. Arezes, “Augmented Reality in a Lean Workplace at Smart Factories: A Case Study,” *Applied Sciences*, vol. 13, no. 16, p. 9120, Aug. 2023
- [36] I. Pratiwi, Munfi’ah, R. Fitriadi, and M. Sufa, “Evaluation of Work Posture in Sohun Noodles Workers using OWAS and WERA Method,” *IJITEE*, vol. 8, no. 11, pp. 1788–1793, Sep. 2019
- [37] W. Senjaya, B. Yahya, and S. Lee, “Sensor-Based Motion Tracking System Evaluation for RULA in Assembly Task,” *Sensors*, vol. 22, no. 22, p. 8898, Nov. 2022
- [38] M. Smiri *et al.*, “Ergonomics of Workstations and Analysis of the Risks and Diseases Associated with Occupational Poisoning,” *Polish Journal of Environmental Studies*, vol. 32, no. 3, pp. 1-9, 2023.
- [39] S. Sesselmann *et al.*, “Validation of ergonomic running handgrip elements to improve arm posture of running novices,” *Current Directions in Biomedical Engineering*, vol. 9, no. 1, pp. 1-4, 2023.
- [40] C. Whitehead *et al.*, “Impact of Ergonomic Posture on the Chemical Exposure of Workers in the Petroleum and Chemical Industry,” *Annals of Work Exposures and Health*, vol. 67, no. 8, pp. 1022-1033, 2023.
- [41] R. Esmacili *et al.*, “A multicomponent quasi-experimental ergonomic interventional study: long-term parallel four-groups interventions,” *BMC Musculoskeletal Disorders*, vol. 24, no. 1, pp. 1-15, 2023.