

Evaluation of ergonomic risk factors and their relationship with musculoskeletal disorders in the construction sector: A systematic review (2020-2025)

Marco Antonio Gamboa Ccolque¹; Renzo Robert Chancan Moreno²; Luis Enrique Cuevas Tenorio³; Edgar Coaquira Torres⁴

^{1,2,3,4}Universidad Tecnológica del Perú, Perú,

U21201584@utp.edu.pe, U20208948@utp.edu.pe, C28109@utp.edu.pe, C26817@utp.edu.pe

Abstract– Musculoskeletal disorders (MSDs) are one of the main work-related illnesses in the construction sector, where ergonomics is a challenge due to the handling of heavy loads, awkward postures, and repetitive movements. Regulating these risk factors is difficult, requiring improvements in assessment and control processes. The objective of this review is to determine how the assessment of ergonomic risk factors helps reduce the incidence of MSDs in this sector. The studies reviewed show that observational methodologies such as REBA are the most widely used in combination with other methods. Likewise, repetitive movements were the most common factor found in this review. This identification allows for the development of preventive and corrective measures, focusing on the implementation of improvements in the work environment, especially in buildings. Therefore, systematic ergonomic risk assessments are key tools in occupational health management, contributing to mitigating the incidence of MSDs in construction workers.

Keywords-- Occupational diseases, Musculoskeletal disorders, Risk factor, Ergonomic interventions, Construction industry.

Evaluación de factores de riesgos ergonómicos y su relación con trastornos musculoesqueléticos en el sector construcción: Una Revisión Sistemática (2020-2025)

Marco Antonio Gamboa Ccolque¹; Renzo Robert Chancan Moreno²; Luis Enrique Cuevas Tenorio³; Edgar Coaquira Torres⁴

^{1,2,3,4}Universidad Tecnológica del Perú, Perú,

U21201584@utp.edu.pe, U20208948@utp.edu.pe, C28109@utp.edu.pe, C26817@utp.edu.pe

Resumen– Los trastornos musculoesqueléticos (TME) son una de las principales enfermedades laborales relacionadas con el trabajo en el sector de la construcción, donde la ergonomía es un desafío debido a la manipulación de cargas pesadas, posturas incómodas y movimientos repetitivos. La regulación de estos factores de riesgos es difícil, lo que requiere mejorar los procesos de evaluación y control. El objetivo de esta revisión es determinar cómo la evaluación de factores de riesgo ergonómicos ayuda a reducir la incidencia de TME en este sector. Los estudios revisados muestran que metodologías observacionales como REBA son las más aplicadas en combinación con otros métodos. Asimismo, los movimientos repetitivos fue el factor más encontrado en esta revisión. Esta identificación permite desarrollar medidas preventivas y correctivas, enfocándose en la implementación de mejoras en el entorno laboral especialmente en edificaciones. Por lo tanto, las evaluaciones sistemáticas de riesgos ergonómicos son herramientas clave en la gestión de la salud ocupacional, contribuyendo a mitigar la incidencia de TME en los trabajadores de la construcción.

Palabras clave– enumere como máximo 5 términos clave.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los riesgos ergonómicos, particularmente aquellos asociados a los trastornos musculoesqueléticos (TME), se han posicionado como una de las principales causas de enfermedades laborales en múltiples sectores productivos. Dentro de estos, el sector construcción sobresale por su alta exposición a factores de riesgo ergonómico, dado que gran parte de sus labores, pese a ciertos avances en automatización, continúa dependiendo del esfuerzo físico humano [1]. Esta realidad hace que los trabajadores del sector estén constantemente sometidos a condiciones laborales que implican demandas físicas intensas.

Actividades como la manipulación de cargas pesadas, la adopción de posturas forzadas o mantenidas por tiempos prolongados, movimientos repetitivos, exposición a vibraciones y condiciones ambientales adversas son frecuentes en las obras de construcción [1]. La permanencia de estos factores genera una elevada probabilidad de desarrollar TME, afectando directamente la salud de los trabajadores y, por ende, generando impactos negativos en la productividad y sostenibilidad de las empresas del rubro. A pesar de la existencia de regulaciones y programas de seguridad, persisten dificultades para gestionar adecuadamente los riesgos ergonómicos, lo que evidencia la necesidad de fortalecer los procesos de evaluación y control en este ámbito.

Frente a esta problemática, la identificación y evaluación precisa de los factores ergonómicos, como las posturas inadecuadas, las cargas físicas excesivas o la repetitividad de movimientos, resulta fundamental para implementar estrategias de prevención efectivas. Sin embargo, este proceso no siempre es sencillo, ya que requiere un análisis técnico riguroso que permita transformar las observaciones en datos objetivos y aplicables. En respuesta a esta necesidad, las evaluaciones sistemáticas de riesgos ergonómicos se han consolidado como herramientas clave para la gestión de la salud ocupacional en el sector construcción. A ello se suman los recientes avances tecnológicos que han permitido incorporar metodologías más precisas y objetivas, como el uso de sensores portátiles, sistemas de captura de movimiento y algoritmos de aprendizaje automático, los cuales mejoran sustancialmente la detección y monitoreo de los riesgos posturales [2]. Estos enfoques no solo incrementan la precisión en la evaluación, sino que también fortalecen la capacidad para implementar medidas correctivas orientadas a reducir la incidencia de trastornos musculoesqueléticos en este sector.

Por tanto, esta revisión sistemática de la literatura tiene como propósito identificar, analizar y sistematizar las investigaciones recientes relacionadas con la evaluación de los factores riesgos ergonómicos en el sector construcción. Se busca reconocer los principales factores de riesgo ergonómico, las metodologías empleadas, los avances tecnológicos más relevantes y las estrategias de mitigación adoptadas, con el objetivo de detectar vacíos en la literatura y orientar futuras investigaciones hacia soluciones más efectivas y contextualizadas.

En tal sentido, este documento se estructura en las siguientes secciones: La sección II, Metodología, describe el enfoque adoptado para la elaboración de la RSL, detallando los aspectos técnicos que incluyen la formulación de las preguntas de investigación, los criterios de búsqueda, selección y análisis de la literatura relevante. La sección III, Resultados, expone los principales hallazgos obtenidos a partir del análisis de los estudios primarios, los cuales abordan la evaluación de factores de riesgo ergonómico en el sector construcción, tanto mediante métodos tradicionales como a través del uso de tecnologías emergentes, con el fin de identificar aquellos factores vinculados a la aparición de TME. Posteriormente, la sección IV, Discusión, ofrece un análisis crítico de las fuentes revisadas, así como de los enfoques metodológicos empleados, proporcionando una visión integral,

las principales tendencias, avances y limitaciones. Finalmente, la sección V, Conclusiones, presenta una síntesis de los hallazgos más relevantes, mencionando las principales limitaciones del presente estudio y sugiere líneas de investigación futura orientadas a fortalecer el conocimiento y la gestión de los riesgos ergonómicos en el sector construcción.

II. METODOLOGÍA

Esta revisión sistemática de la literatura se basa en la metodología PIOC (Problema, Intervención, Resultado y Contexto), la cual sirve de guía para delimitar adecuadamente cada elemento vinculado a la investigación [3]. Según ello, en el elemento del Problema se tiene a los factores de riesgo ergonómico, en la Intervención, la evaluación de riesgos ergonómicos, en Resultados, la reducción del riesgo y como Contexto, el sector construcción.

En tal sentido, se formula la siguiente pregunta: “¿Cómo la evaluación de riesgos ergonómicos contribuye a reducir los factores asociados a la incidencia de trastornos musculoesqueléticos en el sector construcción?”. A partir de esta, se derivan preguntas específicas (Tabla 1) para cada uno de los elementos.

TABLA 1
 PREGUNTAS ESPECIFICAS POR ELEMENTO

RQ1: Problema	¿Qué factores de riesgo ergonómicos están más asociados a la aparición de TME?
RQ2: Intervención	¿Qué métodos de evaluación de riesgos ergonómicos se aplican con mayor frecuencia en el sector construcción?
RQ3: Resultados	¿Qué estrategias de mitigación se están aplicando para reducir los TME?
RQ4: Contexto	¿En qué subárea del sector es más frecuente el problema?

Estas preguntas tienen como propósito orientar el desarrollo de la investigación y dirigir la búsqueda de información. En este proceso, se procede a la selección de palabras clave relacionadas con cada elemento, dado que estas sintetizan las preguntas y facilitan su identificación en los estudios a evaluar. En la Tabla 2 se puede apreciar aquellas palabras clave seleccionadas, junto con sus respectivos conectores, para ser combinadas entre sí.

TABLA 2
 APLICACIÓN DE METODOLOGIA PIOC

P	Problema	Factores de riesgo ergonómico	"Musculoskeletal disorders" OR "Occupational Diseases" OR overexertion OR "low back pain" OR "Occupational Health" OR "Work-related musculoskeletal disorders" OR "Labor and personnel issues"
---	----------	-------------------------------	--

I	Intervención	Evaluación de riesgos ergonómicos	"Ergonomics" OR "Repetitive actions counting" OR "Physiology" OR "risk assessment" OR "physical activity" OR "ergonomic interventions" OR "Construction ergonomics" OR "Construction safety"
O	Resultados	Reducción del riesgo	Prevention OR control OR "Ergonomic assessment" OR "Working postures" OR "body position" OR "musculoskeletal risk" OR "Musculoskeletal system" OR "risk factor"
C	Contexto	Sector construcción	"Construction Industry" OR "building industry" OR "Construction workers"

La fuente de información utilizada para la extracción de estudios es la base de datos Scopus, donde la búsqueda se realizó mediante la siguiente ecuación de búsqueda estructurada a partir de las palabras clave seleccionadas.

"Musculoskeletal disorders" OR "Occupational Diseases" OR overexertion OR "low back pain" OR "Occupational Health" OR "Work-related musculoskeletal disorders" OR "Labor and personnel issues" AND "Ergonomics" OR "repetitive actions counting" OR "physiology" OR "risk assessment" OR "physical activity" OR "ergonomic interventions" OR "construction ergonomics" OR "construction safety" AND prevention OR control OR "Ergonomic assessment" OR "Working postures" OR "body position" OR "musculoskeletal risk" OR "Musculoskeletal system" OR "risk factor" AND "Construction Industry" OR "building industry" OR "Construction workers"

Posteriormente a la creación de la ecuación de búsqueda estructurada a partir de las palabras clave seleccionadas, se formularon los criterios de inclusión (CI) y criterios de exclusión (CE) como se muestran en la Tabla 3.

TABLA 3
 CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

CRITERIO	DETALLE
CI1	Estudios que evalúen riesgos ergonómicos y su relación con trastornos musculo esqueléticos (TME).
CI2	Investigaciones relacionados con trabajadores del sector construcción (obreros, operarios, supervisores).
CI3	Estudios enfocados en el sector construcción
CE1	Estudios que no aborden evaluación ergonómica o TME como variable principal.
CE2	Investigaciones que no incluyan trabajadores del sector construcción.
CE3	Estudios no enfocados en el sector construcción.

La presente revisión siguió las directrices PRISMA 2020 para garantizar una adecuada transparencia y rigor metodológico en la identificación, selección y síntesis de los

estudios incluidos [4]. El proceso PRISMA (Fig.1) inició con la identificación de 698 registros en Scopus, no se encontró ningún registro duplicado dado que solo se realizó la consulta en una sola base de datos, de ellos, 9 artículos fueron excluidos porque no se pudieron recuperar.

Posteriormente, se aplicaron criterios de filtrado rigurosos: en primer lugar, se excluyeron 470 estudios por estar fuera del rango temporal (2020-2025), y, en segundo lugar, se descartaron 57 publicaciones por no corresponder al tipo de documento requerido (artículos científicos). De los 227 estudios restantes, se evaluó su pertinencia temática mediante criterios predefinidos, excluyéndose 131 por no abordar trastornos musculoesqueléticos (TME) y 6 por no enfocarse en el sector construcción. Finalmente, tras este proceso sistemático de selección, se incluyeron 25 estudios que cumplieron integralmente con los criterios establecidos, los cuales fueron sometidos a análisis cualitativo para la revisión.

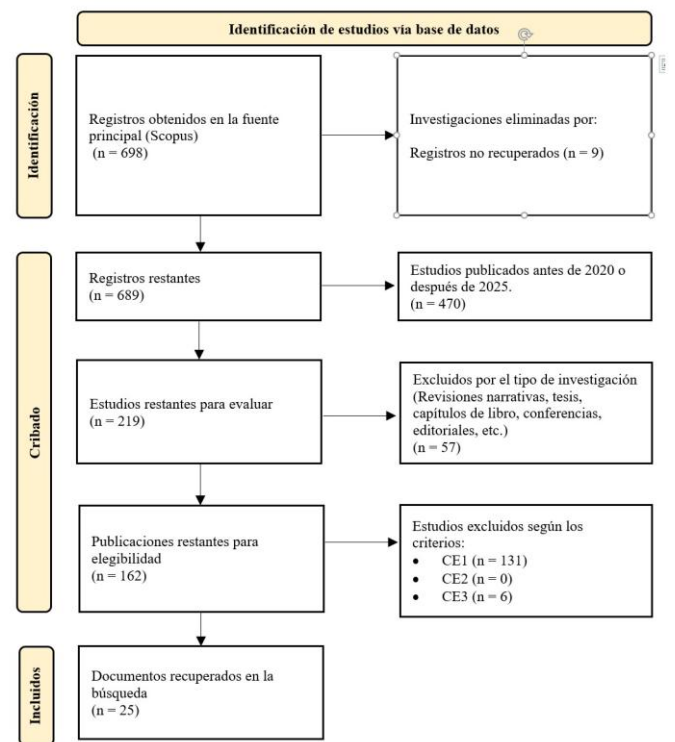


Fig.1. Diagrama de flujo PRISMA

III. RESULTADOS

En esta sección de resultados se presenta la distribución geográfica de los estudios incluidos en la revisión sistemática de la literatura, correspondiente al periodo 2020–2025 (Tabla 4).

A partir del análisis de los 25 estudios seleccionados, se identificó que la mayor proporción de investigaciones se

concentra en la región asiática, la cual representa 16 estudios, equivalentes al 64% del total. Estos trabajos provienen principalmente de China, India, Bangladesh, Sri Lanka e Indonesia.

En cuanto a otras regiones, Europa registra 2 estudios, lo que corresponde al 8% del total, mientras que África también presenta 2 estudios, representando igualmente el 8%. Estos trabajos se desarrollaron en países como Países Bajos, Turquía, Etiopía y Ghana.

Adicionalmente, se identificaron 5 estudios, equivalentes al 20%, que fueron clasificados como multirregionales o conceptuales, debido a que no se desarrollaron en un contexto geográfico específico o abordaron el problema desde un enfoque metodológico general.

TABLA 4
DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA

Región	Nº de estudios
Asia (China, India, Bangladesh, Sri Lanka, Indonesia)	16
Europa (Países Bajos, Turquía)	2
África (Etiopía, Ghana)	2
Multirregional / conceptual	5

RQ1. ¿Qué factores de riesgo ergonómicos están más asociados a la aparición de TME?

Los estudios revisados identifican una variedad de factores de riesgo ergonómico vinculados a la aparición de los TME en el sector construcción. Entre los factores más frecuentemente reportados, destacan los movimientos repetitivos ([1], [2], [5–18]) con una presencia en 16 estudios, y las posturas forzadas, incómodas o mantenidas ([1], [2], [5–10], [16–22]), que aparecen en 15 estudios. Del mismo modo, fue ampliamente reportada la manipulación o levantamiento manual de cargas pesadas ([1], [2], [6–8], [10], [12], [15], [17], [18], [21], [23], [24]), presente en 13 estudios, lo cual coincide con la alta prevalencia de TME en las zonas corporales comúnmente afectadas por este tipo de esfuerzo físico, como la espalda baja, hombros, muñecas y rodillas ([1], [2], [6–8], [14], [17], [18], [20–23], [25], [26]).

Otros factores como la flexión del tronco, cuello o extremidades ([1], [11–18], [21–23], [25]) y el sobreesfuerzo o aplicación de fuerza ([16], [21–24]) también aparecen con relativa frecuencia, en 12 y 5 estudios respectivamente.

Los TME más mencionados en los estudios incluyen: lumbalgia, dolores en cuello y hombros, trastornos en muñecas y rodillas, así como casos de tendinitis o síndromes cervicales ([1], [2], [6–8], [14], [17], [18], [20–23], [25], [26]).

Este patrón sugiere que tanto el sobreuso como las condiciones posturales desempeñan un papel clave en la aparición de estos trastornos.

Por otro lado, las categorías ocupacionales que presentan mayor vulnerabilidad son los operarios, especialmente aquellos dedicados a la albañilería, carpintería, trabajos con

hormigón, pintura, electricidad, transporte de materiales y acabados ([1], [2], [6–9], [11–14], [17]–[26]). Estas actividades tienden a implicar esfuerzos físicos constantes, posturas prolongadas y condiciones ergonómicas deficientes, lo que incrementa el riesgo de sufrir TME.

Es importante señalar que dos estudios no precisaron ningún factor de riesgo ergonómico ([26], [27]), lo cual se asocia principalmente a la generalización del caso lo que impide identificar algún factor en específico.

En la Tabla 5 se presenta un resumen de manera estructurada de los principales factores de riesgo ergonómicos identificados según los estudios revisados.

TABLA 5
FACTORES DE RIESGO ERGONÓMICO ENCONTRADOS EN LOS ESTUDIOS

Factor de riesgo ergonómico	Artículos (#)	Frecuencia
Movimientos repetitivos	[1], [2], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18]	16
Posturas forzadas / incómodas / mantenidas	[1], [2], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22]	15
Levantamiento / manipulación de cargas pesadas	[1], [2], [6], [7], [8], [10], [12], [15], [17], [18], [21], [23], [24]	13
Flexión del tronco, cuello, rodillas o muñeca	[1], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [18], [21], [22], [23], [25]	12
Sobreesfuerzo / aplicación de fuerza	[16], [21], [22], [23], [24]	5
Ausencia de apoyos / condiciones del equipo o tarea	[12], [14], [17], [21], [24]	5
Permanencia en una posición prolongada / de pie	[6], [8], [18], [20]	4
Carga estática	[10], [20]	2
Vibraciones	[7], [10]	2
Trabajo prolongado	[17]	1
No reporta	[26], [27]	2

El siguiente grafico (Fig.2) representa la frecuencia con la que cada factor de riesgo ergonómico fue identificado en los estudios incluidos. Esta visualización complementa el análisis previo, permitiendo observar con mayor claridad la prevalencia de cada factor de riesgo en el contexto laboral analizado

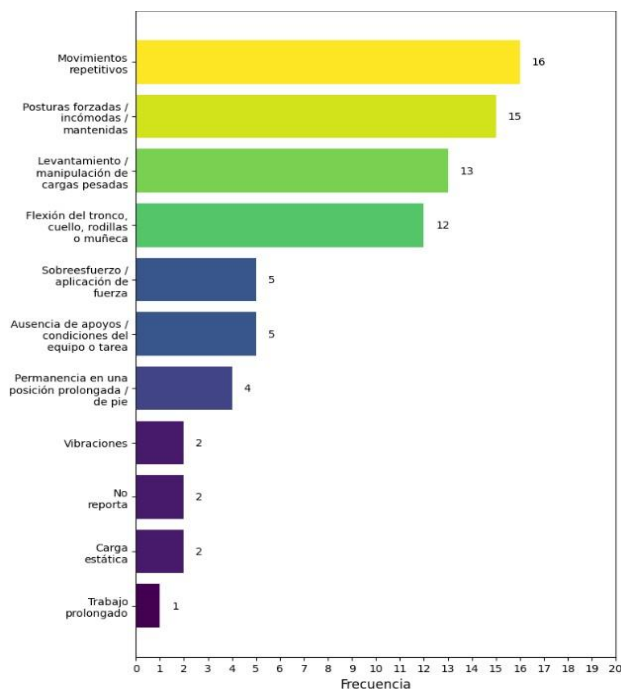


Fig.2. Frecuencia de aparición de factores de riesgo ergonómico en los estudios

RQ2. ¿Qué métodos de evaluación de riesgos ergonómicos se aplican con mayor frecuencia en el sector construcción?

Durante el análisis de los métodos de evaluación de riesgo ergonómico aplicados en los estudios revisados, se observó que los más utilizados en el sector construcción son los métodos observacionales tradicionales como REBA, OWAS y RULA. El método REBA es el más frecuente, apareciendo en 10 estudios ([2], [5], [7], [9], [11], [12], [15], [17], [20], [23]), seguido por OWAS, presente en 7 estudios ([2], [13], [16], [20–23]), y RULA, aplicado en 5 investigaciones ([2], [5], [17], [20], [21]). Estos métodos, si bien permiten una rápida clasificación del riesgo postural, han sido criticados por ofrecer resultados variados cuando se combinan entre sí o por no realizar mediciones directas en campo, confiando principalmente en la observación ([2], [12], [23]).

En segundo lugar, se destaca el uso de encuestas o cuestionarios estructurados o auto aplicados, empleados en 8 estudios ([1], [6], [10], [18–22], [26]). Aunque accesibles y fáciles de implementar, estos instrumentos presentan limitaciones asociadas al uso de datos auto informados, lo que puede afectar la veracidad de las respuestas por temor a represalias o pérdidas laborales, además de depender del nivel de comprensión de los trabajadores ([1], [18], [19]).

Con el desarrollo tecnológico, algunos estudios han comenzado a aplicar métodos basados en inteligencia artificial (IA), como redes neuronales convolucionales (CNN), redes neuronales probabilísticas (PNN) o redes neuronales profundas (DNN), con 5 estudios aplicando estas herramientas ([13], [15], [16], [20], [22]). Sin embargo, se reporta que su

uso en escenarios reales puede verse limitado por factores como la calidad del video, oclusiones en la visión del cuerpo y la necesidad de una adecuada infraestructura computacional ([15], [16]).

En esa misma línea tecnológica, el uso de sensores portátiles como IMU, EEG, EMG y medidores de fuerza se presenta en 6 estudios ([10], [13], [14], [20], [22], [24]). Aunque ofrecen datos más objetivos y precisos, los estudios advierten sobre las dificultades para su implementación en ambientes reales de obra, debido a la incomodidad de los equipos, posibles interferencias en la actividad laboral ([20], [22]).

Por otro lado, 5 estudios hacen uso de técnicas de análisis biomecánico o físico, incluyendo estimaciones 3D, modelos de límite de exposición o evaluación postural por video ([10–12], [21], [25]). Aunque más rigurosos desde el punto de vista técnico, estos métodos pueden resultar inexactos por no considerar adecuadamente factores como la distribución de masas o las cargas reales manipuladas por los trabajadores [11].

Menos frecuentes, pero presentes, se encuentran enfoques como los modelos estadísticos (SEM), probabilísticos (FBN) o de lógica difusa (FES), empleados en 3 estudios ([7], [8], [10]), así como métodos como OCRA [5], QEC [23], o modelos orientados a evaluar condiciones organizativas o colectivas [26].

Cabe señalar que un estudio no especifica el método de evaluación empleado [27], debido a que se centra en una evaluación más amplia de las condiciones ergonómicas en el estudio.

La Tabla 6 resume los métodos de evaluación ergonómica identificados en los estudios revisados, así como su frecuencia de aplicación.

TABLA 6
 MÉTODOS DE EVALUACIÓN ERGONOMICA REPORTADOS EN LOS ESTUDIOS

Método de evaluación ergonómica	Artículos (#)	Frecuencia
REBA	[2], [5], [7], [9], [11], [12], [15], [17], [20], [23]	10
Encuestas/ Cuestionarios estructurados o auto formulados	[1], [6], [10], [18], [19], [21], [22], [26]	8
OWAS	[2], [13], [16], [20], [21], [22], [23]	7
Sensores (IMU, EEG, EMG, fuerzas)	[10], [13], [14], [20], [22], [24]	6
RULA	[2], [5], [17], [20], [21]	5
Modelo de IA (CNN, PNN, CLN, DNN)	[13], [15], [16], [20], [22]	5

Análisis biomecánico o físico (Métodos 3D / Nivel de exposición / estimación postural)	[10], [11], [12], [21], [25]	5
Lógica computacional (FES), estadística(SEM), probabilística (FBN)	[7], [8], [10]	3
OCRA	[5]	1
QEC (Quick Exposure Check)	[23]	1
Modelos para condiciones organizativas o colectivas	[26]	1
No reporta	[27]	1

El grafico de barras (Fig.3) muestra la frecuencia con la que se aplicó cada método de evaluación en los estudios, facilitando una comparación visual de su uso en los estudios analizados.

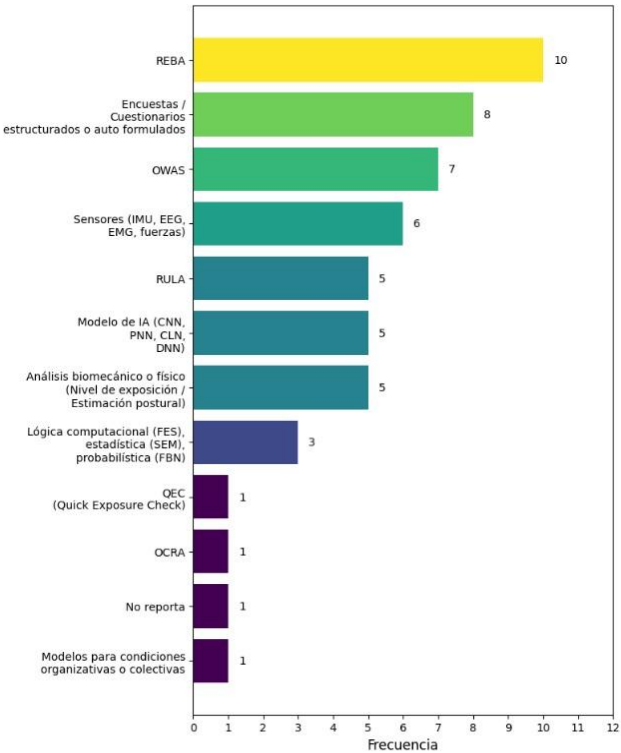


Fig.3. Frecuencia de los métodos de evaluación ergonómica aplicados en el sector construcción

RQ3. ¿Qué estrategias de mitigación se están aplicando para reducir los TME?

Dentro de la información recabada se encontró una amplia gama de estrategias aplicadas en contextos de construcción orientadas a reducir la exposición a factores de riesgo ergonómico y prevenir los TME. En tal sentido, para organizar y analizar las estrategias de mitigación reportadas en los estudios seleccionados, se utilizó como marco la jerarquía de control de riesgos propuesta por organismos como NIOSH y

OSHA ([28], [29]). Esta jerarquía clasifica las intervenciones en cinco niveles, desde las más efectivas, como la eliminación del riesgo, hasta las menos efectivas, como el uso de equipos de protección personal (EPP).

En el primer nivel de control ninguno de los estudios incluidos reportó estrategias correspondientes al nivel de eliminación, y los artículos no explicitan razones para esta omisión. En el segundo nivel, sustitución, se mencionó el uso de máquinas o equipos para reducir el esfuerzo manual en 3 estudios ([21], [23], [25]).

En cuanto al nivel de controles de ingeniería, se documentaron diversas estrategias en 7 estudios. Entre estas se encuentran: el rediseño de herramientas, estaciones y métodos de trabajo ([11], [24]); la mejora en la distribución del lugar de trabajo [8] y el uso de sensores o tecnologías de detección para reconfigurar tareas según la evaluación del riesgo ([5], [20], [22], [27]).

Respecto a los controles administrativos, cuatro estrategias fueron reportadas. Estas incluyen la capacitación ergonómica y concienciación sobre posturas ([2], [6], [8]), la programación de descansos y rotación de tareas ([2], [9], [10]); la generación de alertas proactivas y la asignación personalizada de tareas ([7], [10]); y la implementación de sesiones de calentamiento físico antes de iniciar las labores [26].

Finalmente, en el nivel más bajo de la jerarquía, el uso de equipos de protección personal (EPP) fue mencionado en dos estudios, específicamente en relación con el uso obligatorio de rodilleras, guantes, fajas, entre otros elementos ([2], [8]).

Cabe señalar que en catorce estudios no se reportaron estrategias de mitigación frente a los TME ([1], [12–19]).

En la Tabla 7 se puede apreciar de manera organizada todas las estrategias recopiladas.

TABLA 7
 CLASIFICACIÓN DE LAS ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN SEGÚN LA JERARQUÍA DE CONTROL DE RIESGOS

Nivel de control	Estrategia mencionada	Artículos (#)
1. Eliminación	Eliminación directa de tareas riesgosas	No se reporta
2. Sustitución	Uso máquinas o equipos para reducir esfuerzo manual	[21], [23], [25]
3. Controles de ingeniería	Rediseño de herramientas, estaciones y métodos de trabajo	[11], [24]
	Mejora en la distribución del lugar de trabajo	[8]
	Uso de sensores o tecnologías de detección para reconfigurar tareas según la evaluación	[5], [20], [22], [27]
4. Controles administrativos	Capacitación ergonómica y concienciación sobre posturas	[2], [6], [8]
	Programación de descansos y rotación de tareas	[2], [9], [10]
	Generación de alertas proactivas / Asignación personalizada de tareas	[7], [10]

	Sesiones de calentamiento físico	[26]
5. Equipos de protección personal (EPP)	Uso obligatorio de EPP (rodilleras, guantes, fajas, etc.)	[2], [8]
	No reporta	[1], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19]

RQ4. ¿En qué subárea del sector es más frecuente el problema?

Para identificar en qué subárea del sector construcción es más frecuente la presencia de factores de riesgo ergonómico asociados a los TME, se clasificaron los estudios incluidos en esta revisión sistemática conforme a la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU) Rev. 4 de las Naciones Unidas [30], específicamente en su sección F, dedicada a las actividades de construcción.

De acuerdo con esta clasificación, la mayor parte de los estudios analizados se concentra en la categoría F41: Construcción de edificios, con un total de 19 artículos que abordan entornos como edificaciones residenciales, institucionales y oficinas ([1], [2], [5–13], [17–19], [22], [23], [25–27])

En segundo lugar, se encuentra la categoría F42: Obras de ingeniería civil, con 2 artículos ([5], [20]), que destacan la complejidad del entorno físico, la iluminación deficiente y los espacios reducidos como elementos que dificultan la ergonomía del trabajo. Por su parte, la categoría F43: Actividades especializadas de la construcción, como el techado, también estuvo presente en algunos estudios ([14], [24]), los cuales reportan sobreesfuerzo físico debido a inclinaciones y movimientos repetitivos.

Finalmente, 3 estudios no especificaron con claridad la subárea donde se realizó la investigación ([15], [16], [21]), lo cual limita la asignación precisa dentro del marco CIIU.

En cuanto a las condiciones del entorno que agravan los riesgos ergonómicos en las distintas subáreas, los estudios coinciden en que factores como la prolongación de jornadas sin descanso suficiente, el cansancio acumulado, falta de un diseño ergonómico, el uso de equipos inadecuados, así como la escasez de elementos de protección personal (EPP), incrementan la exposición de los trabajadores a TME ([1], [2], [5–11], [14], [17–21], [24]).

En la Tabla 8 se organizan los estudios revisados según la subárea del sector construcción, permitiendo visualizar en qué ámbitos se concentra la problemática ergonómica.

TABLA 8
CLASIFICACIÓN DE LAS SUBÁREAS MENCIONADAS EN LOS ESTUDIOS

Código CHU Rev. 4	Subárea general de la construcción	Artículos (#)
F41	Construcción de edificios	[1], [2], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [17], [18], [19], [22], [23], [25], [26], [27]
F42	Obras de ingeniería civil	[5], [20]
F43	Actividades especializadas de la construcción	[14], [24]
No especificado	No se indica la subárea claramente	[15], [16], [21]

Asimismo, la gráfica de barras (Fig.4) muestra la distribución de los estudios por subárea del sector.

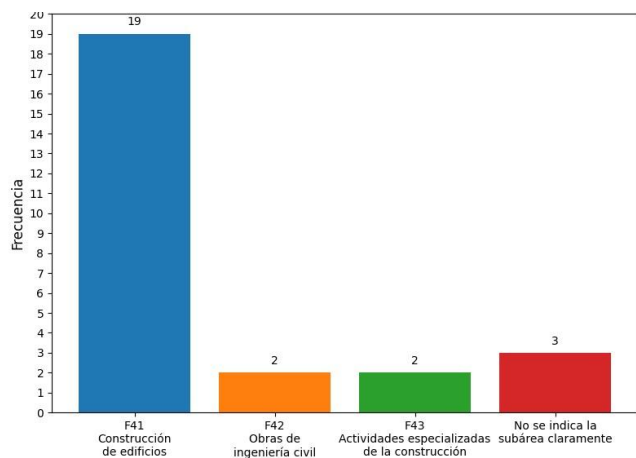


Fig.4. Distribución de estudios según el subárea del sector construcción

IV. DISCUSIÓN

En esta revisión sistemática, se ha encontrado que los movimientos repetitivos son el factor de riesgo ergonómico más frecuentemente reportado en la aparición de trastornos TME en el sector de la construcción, mencionados en 16 estudios ([1], [2], [5–18]). En comparación con otros factores como la manipulación de cargas pesadas, este se ubicó en un tercer plano mencionado en 13 estudios ([1], [2], [6–8], [10], [12], [15], [17], [18], [21], [23], [24]). Esta diferencia puede ser causada por tareas pesadas que se han vuelto más

automatizadas y el incremento de actividad repetitiva relacionada a la precisión ejecutada en obras contemporáneas. Por otro lado, se coincide con la literatura previa en que el sobre-esfuerzo o la excesiva fuerza continúa sigue siendo un riesgo significativo, aunque menos citado en 5 estudios ([16], [21–24]). En cuanto a la distribución anatómica de los TME, los estudios incluidos confirman la alta prevalencia de lumbalgia, dolor cervical y lesiones en hombros, muñecas y rodillas ([1], [2], [6–8], [14], [17], [18], [20–23], [25], [26]). Este patrón apoya la hipótesis de que el sobreuso y las posturas mantenidas desempeñan un papel clave en la fisiopatología de estos trastornos. En contraste de lo investigado dos estudios no identificaron ningún factor de riesgo ergonómico ([26], [27]), lo que podría atribuirse a descripciones metodológicas generales que impidieron catalogar los riesgos específicos.

En cuanto a intervención, los métodos observacionales tradicionales dominaron la evaluación ergonómica en construcción: REBA fue aplicado en 10 estudios ([2], [5], [7], [9], [11], [12], [15], [17], [20], [23]), en comparación con

OWAS, presente en 7 investigaciones ([2], [13], [16], [20–23]), y RULA, empleado en 5 ([2], [5], [17], [20], [21]). Esta diferencia puede probablemente explicarse por la sencillez operativa y el menor tiempo de aplicación de REBA, atributos particularmente valorados en entornos de obra donde el ritmo productivo restringe evaluaciones prolongadas. A diferencia de lo contrastado respecto a la consistencia de los métodos observacionales, los hallazgos señalan variaciones en los resultados cuando REBA, OWAS y RULA se combinan, así como su limitación al depender exclusivamente de la observación ([2], [12], [23]). Sin embargo, las encuestas autoaplicadas, pese a su bajo costo y presencia en 8 estudios ([1], [6], [10], [18–22], [26]), mostraron debilidades asociadas al sesgo de auto-reporte y al temor a represalias laborales ([1], [18], [19]). También se encontró que las tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial (CNN, PNN, DNN) en 5 estudios ([13], [15], [16], [20], [22]) y sensores portátiles (IMU, EEG, EMG, dinamómetros) en 6 estudios ([10], [13], [14], [20], [22], [24]), aunque ofrecen mediciones más objetivas, enfrentan barreras prácticas: calidad de video, oclusiones corporales, incomodidad del equipo y necesidad de infraestructura computacional ([15], [16], [20], [22]). En contraste hubo un estudio que no especificó el método empleado [27], evidenciando vacíos en los reportes y subrayando la necesidad de estandarizar la descripción de las herramientas utilizadas.

En relación con las estrategias de mitigación reportadas, los hallazgos revelan una aplicación desigual de las medidas dentro del sector construcción. Si bien se identificaron acciones en la mayoría de los niveles de la jerarquía de control del riesgo, destaca la ausencia total de intervenciones en el nivel más eficaz: la eliminación del riesgo y a su vez la cantidad de estudios que no reportan medidas de mitigación o recomendaciones ([1], [12–19]). Este vacío podría reflejar las limitaciones propias del sector, donde muchas tareas son exigentes desde el punto de vista físico y difíciles de rediseñar

o reemplazar completamente. La mayoría de las estrategias identificadas se concentraron en los controles de ingeniería ([5], [8], [11], [20], [22], [24], [27]) y administrativos ([2], [6–10], [26]), lo cual sugiere un enfoque reactivo más preventivo. Esta tendencia, sumada a la falta de reportes sobre medidas de mitigación en un número considerable de estudios, podría sugerir que aún persiste una brecha entre la identificación de los riesgos ergonómicos y la implementación efectiva de soluciones.

Respecto a la distribución de los factores de riesgo ergonómico por subárea, los estudios incluidos se concentraron predominantemente en la categoría F41:

Construcción de edificios ([1], [2], [5–13], [17–19], [22], [23], [25–27]), lo cual puede estar vinculado con la alta representatividad de esta subárea dentro del sector, así como con la accesibilidad para realizar investigaciones en entornos estructurados como edificaciones residenciales o institucionales. En contraste, subáreas como obras de ingeniería civil (F42) ([5], [20]) y actividades especializadas (F43) ([14], [24]) estuvieron mucho menos representadas, a pesar de que presentan condiciones laborales igualmente o incluso más exigentes desde el punto de vista ergonómico. Este sesgo en la cobertura temática podría limitar la generalización de los hallazgos y deja abierta la necesidad de explorar con mayor profundidad entornos menos estudiados. Además, factores transversales como la falta de descansos adecuados, el uso de herramientas no ergonómicas y la escasez de EPP continúan siendo determinantes en la exposición a TME ([1], [2], [5–11], [14], [17–21], [24]), lo que refuerza la urgencia de estudios contextualizados y específicos para cada subárea de la construcción.

V. CONCLUSIÓN

El objetivo principal de esta revisión fue determinar cómo la evaluación de factores de riesgo ergonómicos contribuye a reducir los factores asociados a la incidencia de TME en el sector construcción. En este sentido, los hallazgos obtenidos en los diversos estudios revisados evidencian que la aplicación de metodologías como REBA o el uso de cuestionarios estructurados tiene un impacto significativo, ya que proporcionan datos relevantes que permiten a los responsables de los estudios identificar los factores de riesgo más frecuentes. En consecuencia, según los estudios revisados el factor más reportado fueron los movimientos repetitivos. A partir de esta información, es posible proponer y desarrollar medidas preventivas y/o correctivas como se encontró en las investigaciones, siendo estas, principalmente mediante controles de ingeniería o administrativos aplicados especialmente en la subárea más reportada: las edificaciones. Estas medidas contribuyen a mitigar los factores de riesgo detectados, reduciendo de manera significativa la incidencia de TME en los trabajadores del sector.

Si bien la principal limitación de esta revisión fue la presencia de datos ambiguos y poco específicos en varios estudios, otros trabajos ofrecen información más precisa y

fácilmente integrable con los demás. Por ello, se recomienda que futuros estudios aborden esta problemática con mayor rigurosidad metodológica, a fin de cerrar los vacíos de información existentes y proporcionar datos más sólidos para el desarrollo de investigaciones y la implementación de medidas efectivas.

REFERENCIAS

- [1] W. Kusmasari et al., “Exploring the interaction between physical, psychosocial, and neck pain symptoms in construction workers,” *Journal of Occupational Health*, vol. 66, no. 1, Jan. 2024, doi: 10.1093/joccu/uaae010.
- [2] G. P. Kumar and R. B. Thangavelu, “Postural analysis and ergonomic intervention of unorganized workers in indian construction sectors,” *Work*, pp. 1–12, Sep. 2024, doi: 10.3233/wor-220557.
- [3] C. M. Da Costa Santos, C. A. De Mattos Pimenta, and M. R. C. Nobre, “The PICO strategy for the research question construction and evidence search,” *Revista Latino-Americana De Enfermagem*, vol. 15, no. 3, pp. 508–511, Jun. 2007, doi: 10.1590/s0104-11692007000300023.
- [4] Page, M. J.; McKenzie, J. E.; Bossuyt, P. M.; Boutron, I., Hoffmann, T. C.; Mulrow, C. D.; Moher, D. (2021). “The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews,” *BMJ*, p. n71, Mar. 2021, doi: 10.1136/bmj.n71
- [5] X. Chen and Y. Yu, “Automatic repetitive action counting for construction worker ergonomic assessment,” *Automation in Construction*, vol. 167, p. 105726, Sep. 2024, doi: 10.1016/j.autcon.2024.105726.
- [6] R. Nayak, J. Alva, and V. Vinish, “Association between Body Mechanics and Perceived Musculoskeletal Problems among Construction Workers of Udupi District, Karnataka, India: A Cross-sectional Survey,” *Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine*, vol. 28, no. 3, pp. 214–219, Jul. 2024, doi: 10.4103/ijoom.ijoom_167_23.
- [7] Y. Tao, H. Hu, F. Xu, and Z. Zhang, “Ergonomic risk assessment of construction workers and projects based on Fuzzy Bayesian Network and D-S evidence theory,” *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 149, no. 6, Apr. 2023, doi: 10.1061/jcemd4.coeng12821.
- [8] G. T. Belay, B. H. Woldegiorgis, and Y. T. Prasetyo, “Structural equation modeling approach for the analysis of ergonomics risk factors and occupational injuries among building construction workers in Bahir Dar City-Ethiopia,” *Heliyon*, vol. 10, no. 11, p. e32234, May 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e32234.
- [9] Y. Tao, H. Hu, F. Xu, and Z. Zhang, “Ergonomic Risk Mitigation through Workforce Planning for Construction Projects,” *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 151, no. 4, Jan. 2025, doi: 10.1061/jcemd4.coeng-15072.
- [10] A. R. Govindan and X. Li, “Fuzzy logic-based decision support system for automating ergonomics risk assessments,” *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 96, p. 103459, Jun. 2023, doi: 10.1016/j.ergon.2023.103459.
- [11] Md. S. Rahman, Md. K. Uddin, and M. Iqbal, “Assessing postural risks in the building construction sector: a case study in Bangladesh,” *International Journal of Occupational Safety and Health*, vol. 14, no. 4, pp. 620–632, Oct. 2024, doi: 10.3126/ijosh.v14i4.56562.
- [12] Z. Li, Y. Yu, J. Xia, X. Chen, X. Lu, and Q. Li, “Data-driven ergonomic assessment of construction workers,” *Automation in Construction*, vol. 165, p. 105561, Jun. 2024, doi: 10.1016/j.autcon.2024.105561.
- [13] J. Zhao and E. Obonyo, “Convolutional long short-term memory model for recognizing construction workers’ postures from wearable inertial measurement units,” *Advanced Engineering Informatics*, vol. 46, p. 101177, Sep. 2020, doi: 10.1016/j.aei.2020.101177.
- [14] A. Dutta et al., “Effects of working posture and roof slope on activation of lower limb muscles during shingle installation,” *Ergonomics*, vol. 63, no. 9, pp. 1182–1193, May 2020, doi: 10.1080/00140139.2020.1772378.

- [15]J. Wang, D. Chen, M. Zhu, and Y. Sun, "Risk assessment for musculoskeletal disorders based on the characteristics of work posture," *Automation in Construction*, vol. 131, p. 103921, Aug. 2021, doi: 10.1016/j.autcon.2021.103921.
- [16]J. Seo and S. Lee, "Automated postural ergonomic risk assessment using vision-based posture classification," *Automation in Construction*, vol. 128, p. 103725, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.autcon.2021.103725.
- [17]B. M. Kunar, M. Aruna, and M. B. Kar, "Postural analysis of dumper operators and construction workers – a case study," *International Conference on Multimedia Information Networking and Security*, vol. 69, no. 6, pp. 180–185, Sep. 2021, doi: 10.18311/jmmf/2021/28525.
- [18]S. H. P. P. Karunaratna, A. Chan, and C. Y. Kwok, "Comparisons of occupational ergonomic exposure patterns and health status of Chinese expatriate and local construction workers in Sri Lanka," *Applied Ergonomics*, vol. 100, p. 103645, 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2021.103645>
- [19]B. Sarkar, S. Kar, I. Mohapatra, and K. Sarkar, "Descriptive Epidemiology of Occupational Injuries among urban construction workers – an observation from Eastern India," *International Journal of Occupational Safety and Health*, vol. 13, no. 2, pp. 163–171, Mar. 2023, doi: 10.3126/ijosh.v13i2.48712.
- [20]X. Xiahou, Z. Li, J. Xia, Z. Zhou, and Q. Li, "A Feature-Level FusionBased multimodal analysis of recognition and classification of awkward working postures in construction," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 149, no. 12, Oct. 2023, doi: 10.1061/jcemd4.coeng-13795.
- [21]T. Abraham, S. A. Binoosh, and K. R. R. Babu, "Virtual modelling and analysis of manual material handling activities among warehouse workers in the construction industry," *Work*, vol. 73, no. 3, pp. 977–990, Oct. 2022, doi: 10.3233/wor-210742.
- [22]J. Zhao, E. Obonyo, and S. G. Bilén, "Wearable Inertial Measurement Unit sensing System for musculoskeletal disorders prevention in construction," *Sensors*, vol. 21, no. 4, p. 1324, Feb. 2021, doi: 10.3390/s21041324.
- [23]M. A. ZengiN and Ö. Asal, "Bina inşaatındaki çalışan duruşlarının farklı ergonomik risk değerlendirme yöntemi ile değerlendirilmesi," *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, vol. 35, no. 3, pp. 1615–1630, Apr. 2020, doi: 10.17341/gazimmfd.548028.
- [24]Z. Zhang, K.-Y. Lin, and J.-H. Lin, "Factors affecting Material-Cart handling in the roofing Industry: Evidence for administrative controls," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 18, no. 4, p. 1510, Feb. 2021, doi: 10.3390/ijerph18041510.
- [25]P. P. F. M. Kuijer, H. F. Van Der Molen, and S. Visser, "A Health-Impact Assessment of an Ergonomic Measure to Reduce the Risk of WorkRelated Lower Back Pain, Lumbosacral Radicular Syndrome and Knee Osteoarthritis among Floor Layers in The Netherlands," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 20, no. 5, p. 4672, Mar. 2023, doi: 10.3390/ijerph20054672.
- [26]P. Roquelaure, P. Bodin, C. Petit, J. Fadel, and S. Douillet, "Warm-ups in the construction industry for effective MSD prevention: A work situation in its own right to design from an organisational point of view," *Applied Ergonomics*, vol. 97, p. 103502, 2021. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2021.103502>
- [27]P. A. Tetteh, M. N. Addy, A. Acheampong, I. Akomea-Frimpong, E. Ayidana, and F. A. Ghansah, "Critical drivers for the adoption of wearable sensing technologies (WSTs) for construction safety monitoring in Ghana: a fuzzy synthetic analysis," *Construction Innovation*, May 2024, doi: 10.1108/ci-04-2023-0071.
- [28]National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), "Hierarchy of Controls," Centers for Disease Control and Prevention, 2015. [Online]. Available: <https://www.cdc.gov/niosh/topics/hierarchy/default.html>
- [29]Occupational Safety and Health Administration (OSHA), "Recommended Practices for Safety and Health Programs," OSHA, 2020. [Online]. Available: <https://www.osha.gov/safety-management>
- [30]United Nations, International Standard Industrial Classification of All Economic Activities (ISIC), Rev. 4, Statistical Papers, Series M, No. 4, Rev. 4. New York: United Nations, 2008. ISBN: 978-92-1-161518-0.