

Ergonomic Risk Factors in industries: a systematic review 2018 – 2023

Yeliscar Aliaga, ¹, Beatriz Quispe, ²

^{1,2}Universidad Tecnológica del Perú, Perú, U18205130@utp.edu.pe, U19100509@utp.edu.pe

Abstract- The systematic review was initiated in view of the fact that industries are more focused on increasing their productivity and profits, this was observed mainly in some small industries, which from our own experience we see that workers lack ergonomic tools so they suffer musculoskeletal disorders. Therefore, this article aims to identify the ergonomic risk factors, the most used methods and specify the parts of the body that are most affected. The search equation was established with the PICOCT method in the Science Direct and Scopus databases obtaining 1023 articles, leaving 50 articles selected using the PRISMA statement. The study was based on 5 main industries: automotive, manufacturing, transportation, poultry and electronics. The ergonomic risk factors that were most relevant in the analysis of body parts and that most affected workers were repetitive movements and awkward postures. The same that were evaluated by 5 main methods which are: OWAS, CMDQ, RULA, OCRA and REBA depending on the industry to be applied. Finally, the major body ailments were shoulders/arms, hand/wrist, lower back and neck.

Keywords-- Ergonomics, Ergonomic risks factors, Methods, Industries.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

Factores de Riesgos Ergonómicos en las industrias: una revisión sistemática 2018 – 2023

Yeliscar Aliaga,¹ Beatriz Quispe,²

^{1,2}Universidad Tecnológica del Perú, Perú, U18205130@utp.edu.pe, U19100509@utp.edu.pe

Resumen- La revisión sistemática inició en vista de que las industrias se enfocan más en incrementar su productividad y utilidades, esto se observó principalmente en algunas pequeñas industrias, que por experiencia propia vemos que los trabajadores carecen de herramientas ergonómicas por lo cual sufren trastornos musculoesqueléticos. Por ello, este artículo tiene como finalidad identificar los factores de riesgos ergonómicos, los métodos más utilizados y especificar las partes del cuerpo que se ven más afectadas. Se estableció la ecuación de búsqueda con el método PICOCT en las bases de datos Science Direct y Scopus obteniendo 1023 artículos, quedando 50 artículos seleccionados al utilizar la declaración de PRISMA. El estudio estuvo basado en 5 principales industrias: automotriz, manufacturera, transporte, avícola y electrónica. Los factores de riesgos ergonómicos que tuvieron mayor relevancia en el análisis de las partes del cuerpo y que más afectaron a los trabajadores fueron los movimientos repetitivos y las posturas incómodas. Los mismos que fueron evaluadas por 5 principales métodos los cuales son: OWAS, CMDQ, RULA, OCRA y REBA dependiendo de la industria a aplicar. Para finalizar, las mayores dolencias corporales fueron los hombros/brazos, mano/muñeca, espalda baja y el cuello.

Palabras claves-- Ergonomía, Factores de riesgos ergonómicos, Métodos, Industrias.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel global las industrias evolucionan rápidamente, a través de la automatización, buscando procesos más eficientes [1]. Y se espera que todo funcione sin ningún problema entre los empleados, máquinas y materiales para así cumplir con el objetivo de mejorar la productividad [2], [3]. Sin embargo, el ser humano presenta limitaciones en largos períodos de trabajo que no pueden compararse con las máquinas [4], [5].

En este contexto, se ha observado un incremento de los factores de riesgos ergonómicos (FRE) hacia los trabajadores, predominando posturas deficientes e incómodas de la cabeza, brazos y piernas, inclusive las posiciones corporales fijas o restringidas que no permiten la recuperación de los movimientos del trabajador [6], [7].

Estos factores son la causa principal de los trastornos musculoesqueléticos (TME) que afectan la salud laboral [8], [9], [10], [11], además del ámbito socioeconómico, el estilo de vida de los operarios y las empresas [12].

En el sector industrial, el concepto de "ergonomía" es fundamental, ya que se enfoca en la interacción entre el ser humano y las máquinas en el entorno laboral. Mejorar esta interacción conlleva a una mayor productividad [13], [14],

[15], [16].

Por otro lado, los FRE son atributos o condiciones presentes en los puestos de trabajo que, al exponer a los trabajadores a ellos, aumentan el riesgo de lesiones [17]. Estos factores incluyen cargas elevadas, movimientos repetitivos, posturas incómodas y esfuerzos forzados [15], [18], [19], [20], [21], [22]. Según el análisis de los artículos revisados, algunos ejemplos específicos de Factores de Riesgos Ergonómicos (FRE) que pueden generar lesiones en el trabajo son:

Las posturas incómodas que los transportistas mantienen al realizar cargas [4], [6], de manera que, al mantener una mala postura generaría dolor y molestias en distintas áreas del cuerpo, entre ellos la zona lumbar, el cuello, los hombros, las muñecas y las extremidades inferiores [11], [23], [24], [25], [26], [27].

Otro factor de riesgo importante son los movimientos repetitivos continuos, que se dan en las tareas de ensamblaje y reparación de vehículos, además, la exposición prolongada a vibraciones transmitidas por máquinas o herramientas agregan un riesgo más para los trabajadores de la industria automotriz [12], [28], [29].

Finalmente, los esfuerzos forzados se dan por la aplicación de fuerza excesiva en el uso de herramientas manuales, y las cargas elevadas que representan un riesgo significativo por la manipulación manual, presentes en la industria manufacturera [7], [15], [30], [31].

Para identificar estos riesgos se aplicaron métodos de evaluación que se usarán para la pronta detección de algún trastorno que afecte la salud del trabajador [32], [33], pero sin afectar su labor en el proceso de producción y así tener recomendaciones para corregir los problemas tomando las medidas necesarias [34]. La aplicación de métodos de evaluación como el diagrama de Pareto, para saber las causas principales a mejorar y reducir la mayoría de problemas; Cuestionarios de Molestias Musculoesqueléticas de Cornell (CMDQ), métodos como la Evaluación Rápida de todo el cuerpo (REBA) [35], índice de tensión (SI) y el sistema de evaluación de la postura de trabajo de Ovako (OWAS) el cual consiste en la clasificación simple y sistemática de las posturas de trabajo [1], [2], [25], [36], que ayudará a reducir la carga musculoesquelética para que el trabajo sea más seguro, productivo e incremente la eficiencia de las industrias al equilibrar estos riesgos [28], [37]. Además, el Cuestionario Nórdico Musculoesquelético (NMQ) se utilizó para determinar los TME comunes que afectan a las diversas regiones del cuerpo [37] y la Hoja de perfil demográfico se

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

proporcionó para recopilar las características demográficas de los trabajadores [31].

La investigación se justifica al tener relevancia en el ámbito social y económico [12], [38], puesto que los FRE no controlados causaron TME en los trabajadores, incrementando así los costos no solo en la industria sino también en la sociedad [38], [39]. El personal operativo para evitar sufrir TME u otras enfermedades por desgaste o sobreesfuerzo, conllevó a la reducción de su rendimiento en las actividades, por lo cual aplicaron una estrategia de afrontamiento con el fin de cumplir sus metas laborales y mantener su salud; pero debería ser lo contrario, que la industria adapte el trabajo al operario [28], [32]. Por otro lado, las industrias se ven afectadas en la productividad por el ausentismo del personal de producción [40], [41], [42]. Es por ello, la importancia de tomar medidas para prevenir los TME de cada sector industrial, principalmente en las actividades de alto riesgo [3].

El presente estudio tiene como objetivo identificar los FRE más relevantes, los métodos de evaluación más utilizados y las partes del cuerpo más afectadas en diversas industrias entre 2018 y 2023. Estos hallazgos permitirán establecer una senda para que las empresas puedan implementar estrategias efectivas de prevención y control de riesgos ergonómicos, mejorando así la salud y bienestar de los trabajadores, así como la productividad y competitividad de las industrias.

Los resultados de esta revisión sistemática brindan información valiosa sobre los principales factores de riesgo ergonómico que impactan a los trabajadores, los métodos de evaluación más eficaces y las áreas corporales más vulnerables. Esto sentará las bases para que las industrias puedan diseñar e implementar programas de ergonomía integrales, enfocados en prevenir los TME y promover entornos de trabajo más seguros y saludables

El objetivo de la investigación es determinar los factores de riesgos ergonómicos con mayor presencia en las industrias, identificar los métodos más utilizados para su evaluación y los efectos negativos en la anatomía del personal; por lo cual, mediante la presente revisión sistemática, se pretende dar alerta a las industrias actuales y futuras, dado que las consecuencias no solo afectarán a los operarios, sino también a las utilidades y la producción de la misma industria.

II. MÉTODOS

Para desarrollar la estrategia de búsqueda utilizando el método PICOCT (Tabla I), se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿Qué métodos se utilizaron para la detección de riesgos ergonómicos en trabajadores de producción de las industrias entre 2018 – 2023? determinando las palabras claves mediante los componentes PICT.

Se establecieron preguntas complementarias como:

- A. ¿Cuáles son los métodos de evaluación realizadas en las diferentes industrias entre 2018 – 2023?
- B. ¿Cuáles son los Factores de Riesgos Ergonómicos en las industrias del estudio entre 2018 – 2023?
- C. ¿Cuáles son las Industrias evaluadas en los estudios revisados entre 2018 – 2023?
- D. ¿Cuáles son las partes del cuerpo más afectadas en las 5 Industrias más estudiadas entre 2018 – 2023?

TABLA I
ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA CON EL MÉTODO PICOCT

Aspectos		Criterios	Palabras Clave en español	Palabras Claves en Ingles
P	Problema / Población	Presencia de Trastornos musculoesqueléticos en los trabajadores de producción	Ergonomía	Ergonomics, Human engineering, Human factors engineering, Human factors.
I	Intervención	Métodos de detección de factores de riesgos ergonómicos	Método Factor	Method study, Survey methods. Factor, Risk factors.
C	Comparación	-	-	-
O	Resultados	-	-	-
C	Contexto	Trabajadores en las industrias	Industria	Industry
T	Tiempo	6 años	2018 -2023	-

III. DESARROLLO

Se usaron las bases de datos Scopus y Science Direct, empleando la ecuación de búsqueda Ergonomics AND factor AND method AND industry; con el operador boleano “AND”, terminando la búsqueda el 24 de abril del 2023. Se empleó el diagrama de flujo PRISMA (Fig. 1), donde inicialmente se obtuvieron 940 documentos de Scopus. En Science Direct se obtuvo 14182 y con la búsqueda avanzada se llegó a 83 documentos.

Aplicando el filtro de duplicidad, años de publicación (2018 - 2023), acceso abierto, tipo de documento (artículos) y examinando los resúmenes se separó los artículos que tenían enfoques diferentes al tema de investigación tales como: estudios domésticos, programas de seguridad, apicultura y mataderos, áreas de salud, estudios de industria 4.0, productividad y oficinas. Se realizó la revisión completa de 56 artículos de los cuales se excluyeron 6 por no tener relación directa con el tema.

El proceso de búsqueda sistemática dio como resultado 50 artículos enfocados directamente a la investigación, los cuales fueron revisados y se extrajeron los datos más relevantes, generando una base de datos para la RSL y obtener respuestas a las preguntas complementarias de la investigación.

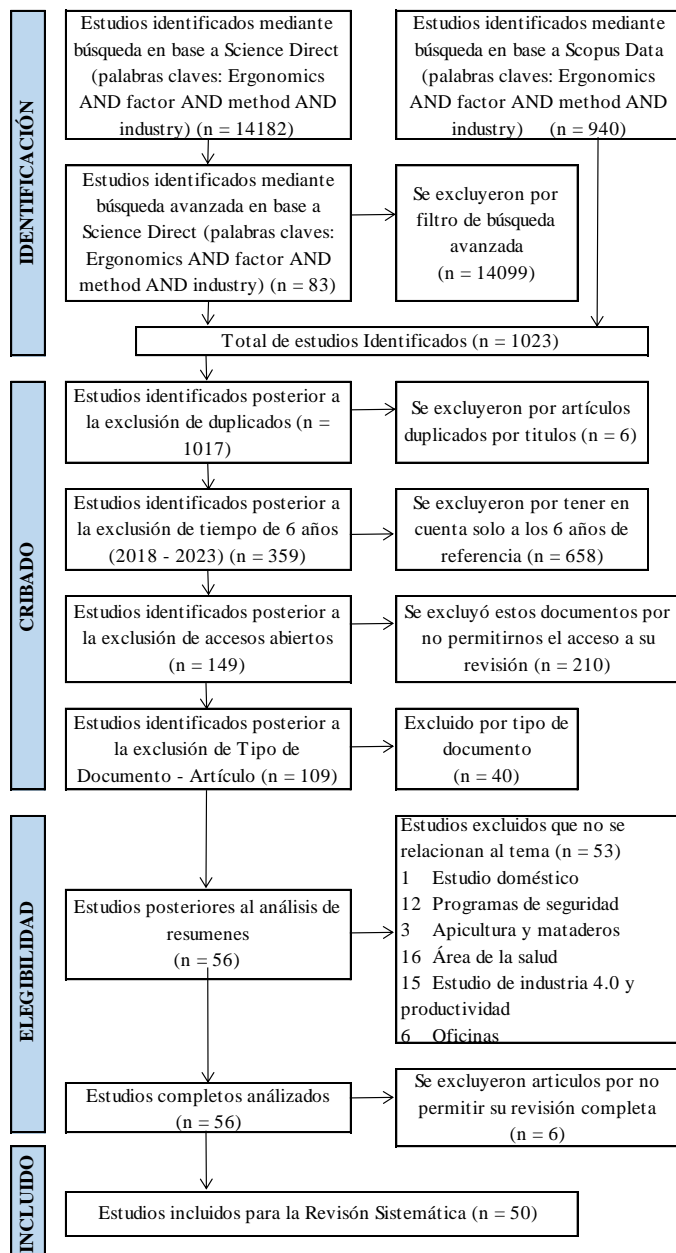


Fig. 1 Proceso de Revisión Sistemática de la Literatura (Diagrama de flujo PRISMA)

IV. RESULTADOS

A. ¿Cuáles son los métodos de evaluación realizadas en las diferentes industrias entre 2018 – 2023?

Según la Fig. 2, los métodos de evaluación más aplicados son el OWAS con 12%, CMDQ 10%; RULA, OCRA y REBA con 8% respectivamente, en ese orden por su adaptabilidad [2], [14], [23], [27], [30], [38], [43], [44]. Pero ningún método de evaluación de riesgos debe considerarse como el mejor; [45] ya que cada uno de ellos cumple la función de evaluar a

los trabajadores con respecto a los riesgos que puedan presentar en su jornada laboral.



Fig. 2 Métodos de evaluación realizadas en las diferentes industrias.

B. ¿Cuáles son los Factores de Riesgos Ergonómicos en las industrias del estudio entre 2018 – 2023?

En la Tabla II, se analizó los FRE en base a las industrias, donde se hizo un conteo de los factores encontrados según la base de datos de los artículos de investigación; por ende, la Industria Automotriz cuenta con una mayor cantidad de artículos (23), seguido de la Industria Electrónica con 17 y en cuanto a los factores más relevantes tenemos a los Movimientos repetitivos continuos (21) y las posturas incómodas (17) [45], [46]. Dicho esto, Rodríguez [47], afirma que los factores de riesgos con mayor frecuencia fueron las posturas incómodas de los casos evidenciados y lo relacionaba a los movimientos repetitivos todo ello asociados a sus actividades de trabajo.

TABLA II
FACTORES DE RIESGOS ERGONÓMICOS EN LAS INDUSTRIAS DEL ESTUDIO

FACTORES DE RIESGOS ERGONÓMICOS	AUTOMOTRIZ	MANUFACTURA	TRANSPORTE	AVICOLA	ELECTRÓNICA	TEXTIL	SIDERÚRGICA	PLÁSTICA	PESQUERA	ARTESANAL	SERVICIO	METALÚRGICA	FORESTAL	TOTAL
Posturas estáticas (sentadas)	1		1		1	1				1				5
Fatiga	1	1	1							1				4
Posturas incómodas	2	1	2	2	3	1	1	1	1		1	1	1	17
Levantar o cargar peso	4	1	1	1	2							1	1	11
Vibraciones por máquinas o equipo	2		2	1	2					1				8
Factor fisiológico	1													1
Factor de seguridad	1													1
Factor tecnológico	1													1
Factor organizativo	1													1
Factores físicos				1										1
Repeticiones de movimiento articular / rotación		1			1									2
Repetición de estiramiento		1			1	1								3
Agarre	1				1	1								3
Choque o impacto al cuerpo	1				2	1	1							5
Posturas estáticas (paradas)	1			1	2		2				1			7
Movimientos repetitivos continuos	5	2	3	3	2	1	2			1	1	1		21
Posturas forzadas	1					1								2
Duración del trabajo prolongado						1		1						2
TOTAL	23	7	10	9	17	7	7	2	1	4	4	3	2	96

C. ¿Cuáles son las Industrias evaluadas en los estudios revisados entre 2018 – 2023?

Otro hallazgo de la investigación es analizar a las 13 industrias evaluadas de los estudios revisados (Fig. 3). De las cuales 5 fueron las que más resaltaron, el mayor porcentaje lo obtuvo la Industria Automotriz (23%), seguido de la Manufacturera (14%) y un 10 % de las industrias de Transporte, Avícola y Electrónica cada una.

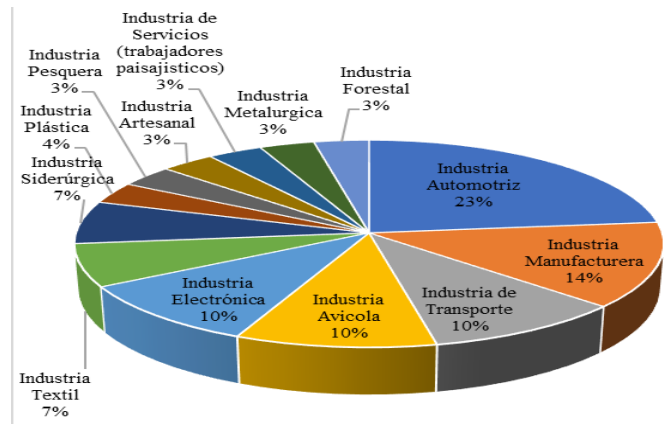


Fig. 3 Industrias evaluadas de los estudios revisados

D. ¿Cuáles son las partes del cuerpo más afectadas en las 5 Industrias más estudiadas entre 2018 – 2023?

A partir de la Fig. 4, se tomaron las 5 industrias más estudiadas; empezando por la Industria Automotriz, que nos muestra que las partes del cuerpo más afectadas son la espalda baja y mano/muñeca con un 17% cada una, cuya causa principal son las posturas incómodas y forzadas del operario que lo vive en cada jornada laboral [22], [46].

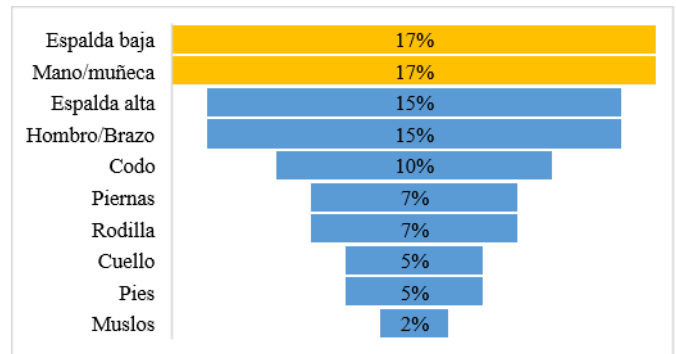


Fig. 4 Partes del cuerpo más afectadas en la Industria Automotriz.

En la Fig. 5, la Industria Manufacturera se encontró que los trabajos pesados, los ambientes de trabajo mal diseñados y el incremento de la carga de trabajo [27], [31], [48], afecta en gran proporción el hombro/brazo del operario con un 22%.

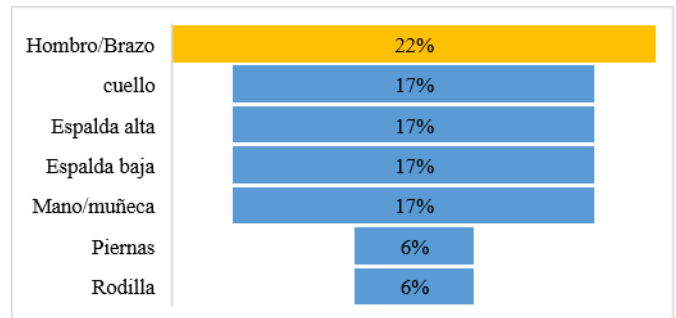


Fig. 5 Partes del cuerpo más afectadas en la Industria Manufacturera.

Para la Fig. 6, la industria de Transporte muestra un mayor efecto de dolor en 3 partes del cuerpo, con un 17% cada una, como lo son la espalda baja debido a la relación de la altura del conductor y la posición del asiento generado por las inclinaciones repetitivas al no tener un buen alcance y mal soporte lumbar; el dolor de los hombros/brazos están relacionados a la postura y el ajuste del reposabrazos creando así una tensión excesiva; y para la mano/muñeca comienza como una incomodidad hasta llegar hacer una lesión debido a la presión de sostener el controlador maestro del vehículo [11], [49].

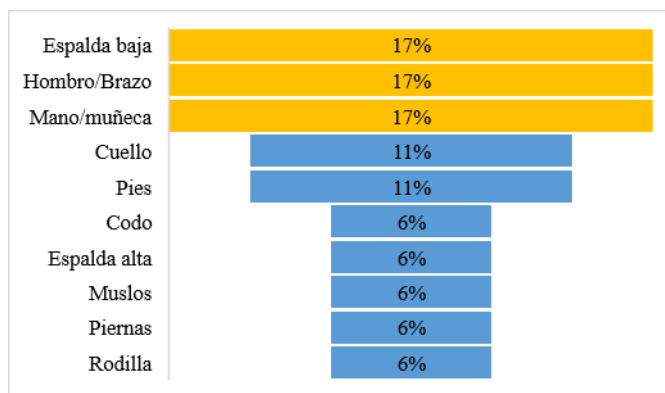


Fig. 6 Partes del cuerpo más afectadas en la Industria de Transporte.

La Industria Avícola (Fig. 7) predomina con los dolores de hombro/brazos y mano/muñeca de un 21%, podemos observar en la Tabla II, debido a la inadecuada manipulación de los cuchillos y por la exposición al frío donde se trabaja de manera constante y rápida [44], [45].

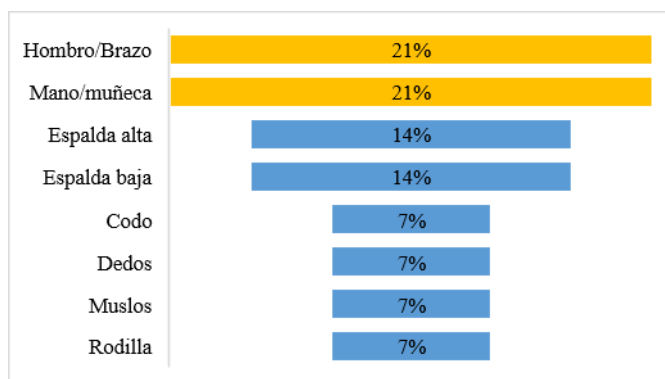


Fig. 7 Partes del cuerpo más afectadas en la Industria Avícola.

Por último, en la Fig. 8, en relación con la Industria Electrónica la zona más afectada del cuerpo es el hombro/brazo y cuello del trabajador, con un 21% cada una, esto se debe a que los ensambladores mantuvieron una postura repetitiva de doblar el cuello hacia adelante y carecen de un soporte para los brazos, pero también por la permanencia en la misma posición y el trabajo en mesas a una altura inadecuada [18], [48], [50].

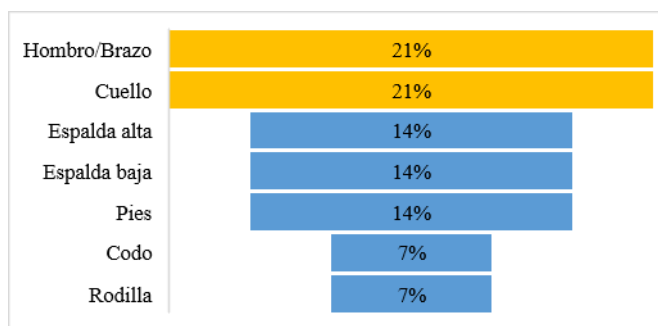


Fig. 8 Partes del cuerpo más afectadas en la Industria Electrónica.

V. DISCUSIÓN

Se ha realizado la búsqueda de otros 21 artículos con similar enfoque a nuestra revisión sistemática y de acuerdo con las industrias encontradas. Por ello, en nuestra revisión se observaron los distintos métodos que ayudan a medir los FRE y TME de las diferentes industrias estudiadas, entre ellos tenemos a: OWAS con 12%, CMDQ con 10%, seguidamente por los métodos RULA, OCRA y REBA con 8% cada una, NMQ con 6%, luego los métodos RPE, IPAQ y Cuestionario/entrevista con 4% cada una y por último emplearon el QEC en un 2%. Por otro lado, en los artículos encontrados observamos que el método REBA [51], [52], [53], [54], [55], [56], [57], [58], [59], es el más empleado; en especial por la industria automotriz, manufacturera, forestal, de servicio, siderúrgica, plástica y pesquera. Aunque por otro parte, también vemos que aplican el método RULA [54], [60], [61], [62], [63], [64], [65], [66], con similar frecuencia en las industrias de automotriz, manufacturera, electrónica, textil, forestal, pesquera, artesanal y metalúrgica. Esto se debe que ambos métodos además del método OWAS y OCRA, tienen un factor común que es el estudio de los movimientos y posturas que adaptan los trabajadores en sus actividades.

Por ello, como se observa en la Tabla II, los FRE más frecuentes que encontramos en las diferentes industrias son los movimientos repetitivos continuos y posturas incómodas de los trabajadores, los cuales coinciden con los últimos artículos encontrados, puesto que ambos factores o al menos uno, se encuentran presentes en la mayoría de las industrias. Esto también se debe a la falta de conocimiento, puesto que el empleador debe de adaptar el ambiente laboral al trabajador y no viceversa, además de realizar un estudio constante de los movimientos en cada actividad, para buscar reducirlos; esto no solo beneficiaría el estado físico del operario, sino que reduce el tiempo e incrementa la productividad de las labores.

Según las 5 industrias más estudiadas, las partes del cuerpo que se ven más afectadas son las extremidades superiores (hombro/brazo, mano/muñeca), cuello y la espalda baja. Esto es similar a los resultados de los nuevos artículos de las 5 mayores industrias encontradas [51], [52], [53], [60], [61], [62], [67], [68], [69], [70], [71], que confirman que los movimientos repetitivos y las posturas incómodas tienen el

mismo efecto en el cuerpo, inclusive demuestra consecuencias en las rodillas de los trabajadores.

VI. CONCLUSIÓN

Esta investigación identificó los factores de riesgos ergonómicos que tuvieron mayor presencia entre las industrias como lo son los movimientos repetitivos y las posturas incómodas, teniendo mayor impacto en las Industrias Automotriz y Electrónica.

Los métodos de evaluación más usados son el OWAS, CMDQ, RULA, OCRA y REBA (Fig. 2) aunque ninguno se puede decir que es mejor que otro, todo va a depender del tipo de industria y como se acopla a los riesgos que afecta a los trabajadores. Así mismo, estos métodos son en base a lápiz y papel, es decir, aplican la observación en cada operario en su entorno de trabajo.

Las partes del cuerpo que presentaron mayores dolencias en las diferentes industrias son los hombros/brazos, mano/muñeca, espalda baja y el cuello, todos ellos son consecuencia del mal diseño del ambiente de trabajo, herramientas y equipos no ergonómicos, por lo tanto, las máquinas y el ambiente se debe adaptar al operario.

VII. RECOMENDACIÓN

Con la presente revisión sistemática demostramos la importancia de que todas las empresas por más pequeñas que sean, deben invertir en ambientes, equipos, capacitaciones al personal y emplear uno o más métodos de evaluación para lograr reducir lo más posible los trastornos musculoesqueléticos y factores de riesgos ergonómicos de los operarios, además de revisar de manera periódica los procesos productivos con el objetivo de reducir movimientos, que a la vez beneficia a la empresa en reducción de tiempo de los procesos, incremento de la productividad y reducción de ausencia de trabajadores por dolencias corporales.

RECONOCIMIENTO

Se le Brinda un especial reconocimiento al coordinador William C. Algoner Jorge por el asesoramiento y consejos en todo el proceso de la construcción de esta Revisión Sistemática de la Literatura, de igual manera al docente Ing. Wilson Vásquez Cerdán por su asesoramiento.

REFERENCIAS

- [1] C. Whitehead, M. A. Maier, M. B. Rao, M. E. Turki, J. E. Snawder, y K. G. Davis, «Impact of Ergonomic Posture on the Chemical Exposure of Workers in the Petroleum and Chemical Industry», *Ann. Work Expo. Health*, vol. 66, n.o 8, pp. 1022-1032, 2022, doi: 10.1093/annweh/wxac033.
- [2] A. Y. Aragón-Vásquez, E. D. Silva-Lugo, J. A. Nájera-Luna, J. Méndez-González, F. J. Hernández, y R. de la Cruz-Carrera, «Postural analysis of the forestry worker in sawmills of El Salto, Durango, Mexico», *Madera Bosques*, vol. 25, n.o 3, 2019, doi: 10.21829/myb.2019.2531904.
- [3] K. Vijayakumar y P. Robert, «Human Factor Index Measurement Using an ISM-SEM-Fuzzy Approach», *Sustain. Switz.*, vol. 14, n.o 13, 2022, doi: 10.3390/su14137635.
- [4] C. Desi Kusmindari, P. Indriani, A. H. Nu'man, S. M. Muthmainah, y I. Erina, «Analysis of the workload of Dock 16 Ilir workers sing Rapid Upper Limb Assessment, Ovako Working Analysis System, and Nordic Body Map Methods: A quantitative case study», *F1000Research*, vol. 11, p. 788, jul. 2022, doi: 10.12688/f1000research.122131.1.
- [5] S. E. Moussavi, M. Zare, M. Mahdjoub, y O. Grunder, «Balancing high operator's workload through a new job rotation approach: Application to an automotive assembly line», *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 71, pp. 136-144, 2019, doi: 10.1016/j.ergon.2019.03.003.
- [6] M. Ciccarelli et al., «A system to improve the physical ergonomics in Human-Robot Collaboration», presentado en *Procedia Computer Science*, 2022, pp. 689-698. doi: 10.1016/j.procs.2022.01.267.
- [7] N. F. Dias, A. S. Tirloni, D. C. dos Reis, y A. R. P. Moro, «Risk of slaughterhouse workers developing work-related musculoskeletal disorders in different organizational working conditions», *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 76, 2020, doi: 10.1016/j.ergon.2020.102929.
- [8] I. D. Anyfantis y A. Biska, «Musculoskeletal Disorders Among Greek Physiotherapists: Traditional and Emerging Risk Factors», *Saf. Health Work*, vol. 9, n.o 3, pp. 314-318, 2018, doi: 10.1016/j.shaw.2017.09.003.
- [9] R. Govaerts et al., «Prevalence and incidence of work-related musculoskeletal disorders in secondary industries of 21st century Europe: a systematic review and meta-analysis», *BMC Musculoskelet. Disord.*, vol. 22, n.o 1, 2021, doi: 10.1186/s12891-021-04615-9.
- [10] P. Markkanen et al., «Development and application of an innovative instrument to assess work environment factors for injury prevention in the food service industry», *Work*, vol. 68, n.o 3, pp. 641-651, 2021, doi: 10.3233/WOR-203399.
- [11] A. Naweed, L. Bowditch, J. Trigg, y C. Unsworth, «Out on a limb: Applying the Person-Environment-Occupation-Performance model to examine injury-linked factors among light rail drivers», *Saf. Sci.*, vol. 127, 2020, doi: 10.1016/j.ssci.2020.104696.
- [12] A. Tamene, H. Mulugeta, T. Ashenafi, y S. M. Thygerson, «Musculoskeletal Disorders and Associated Factors among Vehicle Repair Workers in Hawassa City, Southern Ethiopia», *J. Environ. Public Health*, vol. 2020, 2020, doi: 10.1155/2020/9472357.
- [13] M. Alaqeel y M. Tanzer, «Improving ergonomics in the operating room for orthopaedic surgeons in order to reduce work-related musculoskeletal injuries», *Ann. Med. Surg.*, vol. 56, pp. 133-138, 2020, doi: 10.1016/j.amsu.2020.06.020.
- [14] M. C. Lim et al., «Landscaping work: Work-related musculoskeletal problems and ergonomic risk factors», *Risk Manag. Healthc. Policy*, vol. 14, pp. 3411-3421, 2021, doi: 10.2147/RMHP.S314843.
- [15] M. Scafa, A. Papetti, A. Brunzini, y M. Germani, «How to improve worker's well-being and company performance: A method to identify effective corrective actions», presentado en *Procedia CIRP*, 2019, pp. 162-167. doi: 10.1016/j.procir.2019.03.029.
- [16] A. Brunzini, M. Peruzzini, F. Grandi, R. K. Khamaishi, y M. Pellicciari, «A preliminary experimental study on the workers' workload assessment to design industrial products and processes», *Appl. Sci. Switz.*, vol. 11, n.o 24, 2021, doi: 10.3390/app112412066.
- [17] E. G. Ramírez Pozo, «Factores de riesgo ergonómico que influyen en los trastornos musculoesqueléticos en trabajadores de una refinera de Lima - Perú», *EID Ergon. Investig. Desarro.*, vol. 4, n.o 3, pp. 78-88, 2022, doi: 10.29393/EID4-25FRER10025.
- [18] F. Yang et al., «The prevalence and risk factors of work related musculoskeletal disorders among electronics manufacturing workers: a cross-sectional analytical study in China», *BMC Public Health*, vol. 23, n.o 1, 2023, doi: 10.1186/s12889-022-14952-6.
- [19] J.-K. Park, J. Boyer, y L. Punnett, «Biomechanical Exposure to Upper Extremity Musculoskeletal Disorder Risk Factors in Hospital Laboratories», *Int. J. Environ. Res. Public. Health*, vol. 19, n.o 1, 2022, doi: 10.3390/ijerph19010499.
- [20] D. Arkhipov, O. Battaia, J. Cegarra, y A. Lazarev, «Work planning in low-volume assembly lines under ergonomic constraints», presentado en *Procedia CIRP*, 2018, pp. 786-789. doi: 10.1016/j.procir.2018.03.019.

- [21] C. D. Oluka, E. Obidike, A. O. Ezeukwu, O. K. Onyeso, y E. N. D. Ekechukwu, «Prevalence of work-related musculoskeletal symptoms and associated risk factors among domestic gas workers and staff of works department in Enugu, Nigeria: A cross-sectional study», *BMC Musculoskelet. Disord.*, vol. 21, n.o 1, 2020, doi: 10.1186/s12891-020-03615-5.
- [22] F. Caputo, A. Greco, M. Fera, y R. Macchiarioli, «Workplace design ergonomic validation based on multiple human factors assessment methods and simulation», *Prod. Manuf. Res.*, vol. 7, n.o 1, pp. 195-222, 2019, doi: 10.1080/21693277.2019.1616631.
- [23] S. Chaiklieng y P. Suggaravetsiri, «Low Back Pain (LBP) incidence, ergonomics risk and workers' characteristics in relations to lbp in electronics assembly manufacturing», *Indian J. Occup. Environ. Med.*, vol. 24, n.o 3, pp. 183-187, 2020, doi: 10.4103/ijoem.IJOEM_4_20.
- [24] Editorial Board of the *Annals of Occupational and Environmental Medicine*, «Retraction Notice to: A pilot study to assess a risk of a high-risk group of low back pain membership in workers who perform the manual material handling tasks (Ann Occup Environ Med 2021;33:e34)», *Ann. Occup. Environ. Med.*, vol. 35, n.o 1, p. e37, 2023, doi: 10.35371/aoem.2023.35.e37.
- [25] A. Malaise, P. Maurice, F. Colas, y S. Ivaldi, «Activity Recognition for Ergonomics Assessment of Industrial Tasks with Automatic Feature Selection», *IEEE Robot. Autom. Lett.*, vol. 4, n.o 2, pp. 1132-1139, 2019, doi: 10.1109/LRA.2019.2894389.
- [26] M. Shakerian, R. Esmaili, y M. Rismanchian, «Association of ergonomics risk factors among Iranian calico crafts-men and musculoskeletal discomforts: a cross-sectional study», *BMC Musculoskelet. Disord.*, vol. 24, n.o 1, 2023, doi: 10.1186/s12891-023-06219-x.
- [27] S. Nallusamy, P. Shah, S. K. Singh, N. Pilla, y M. D. Hamid Reza, «Evaluation of human posture and ergonomics by appropriate assessment tool in a medium scale manufacturing industry», *Int. J. Mech. Prod. Eng. Res. Dev.*, vol. 10, n.o 3, pp. 861-872, 2020, doi: 10.24247/ijmperdjun202077.
- [28] S. Yazdanirad, A. H. Khoshkhalgh, E. Habibi, A. Zare, M. Zeinodini, y F. Dehghani, «Comparing the effectiveness of three ergonomic risk assessment methods-RULA, LUBA, and NERPA-to predict the upper extremity musculoskeletal disorders», *Indian J. Occup. Environ. Med.*, vol. 22, n.o 1, pp. 17-21, 2018, doi: 10.4103/ijoem.IJOEM_23_18.
- [29] M. Zare, J.-C. Sagot, y Y. Roquelaure, «Within and between individual variability of exposure to work-related musculoskeletal disorder risk factors», *Int. J. Environ. Res. Public. Health*, vol. 15, n.o 5, 2018, doi: 10.3390/ijerph15051003.
- [30] S. Digiesi, F. Faccini, G. Mossa, y G. Mummolo, «Minimizing and balancing ergonomic risk of workers of an assembly line by job rotation: A MINLP Model», *Int. J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 9, n.o 3, pp. 129-138, 2018, doi: 10.24867/IJEM-2018-3-129.
- [31] H. C. Labao, E. M. Faller, y M. F. D. Bacayo, «'Aches and Pains' of filipino migrant workers in malaysia: A profile of work-related musculoskeletal disorders», *Ann. Glob. Health*, vol. 84, n.o 3, pp. 474-480, 2018, doi: 10.29024/aogh.2331.
- [32] M. Heiden, C. Zetterberg, P. Lindberg, P. Nylén, y H. Hemphälä, «Validity of a computer-based risk assessment method for visual ergonomics», *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 72, pp. 180-187, 2019, doi: 10.1016/j.ergon.2019.05.006.
- [33] T. Hellig, A. Mertens, y C. Brandl, «The interaction effect of working postures on muscle activity and subjective discomfort during static working postures and its correlation with OWAS», *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 68, pp. 25-33, 2018, doi: 10.1016/j.ergon.2018.06.006.
- [34] M. R. M. Rawan, M. A. M. Daril, M. I. A. Wahab, K. Subari, Q. Manan, y S. Parveen, «The Evolution of Ergonomics Risk Assessment Method to Prevent Work-Related Musculoskeletal Disorders (WMSDS)», *Int. J. Online Biomed. Eng.*, vol. 18, n.o 8, pp. 87-97, 2022, doi: 10.3991/ijoe.v18i08.31313.
- [35] J. Patel y T. Ghosh, «An ergonomic evaluation of the prevalence of musculoskeletal disorders among fish processing workers of Suri», *Biomed. India*, vol. 43, n.o 1, pp. 21-25, 2023, doi: 10.51248/v43i1.2565.
- [36] L. Cuautle-Gutiérrez, M. T. Escobedo-Portillo, L. A. Uribe-Pacheco, y J. D. García-Tepox, «Measuring back injury risk in Mexican workers of an automotive company», *Rev. Cienc. Salud*, vol. 17, n.o 2, pp. 175-187, 2019, doi: 10.12804/revistas.urosario.edu.co/revsalud/a.7921.
- [37] L. Johnen, M. Schaub, A. Mertens, V. Nitsch, y C. Brandl, «Can cumulative loading estimates be used to assess the collective occupational risk of MSD? Evaluation of calculation methods for spinal cumulative loading», *Int. J. Ind. Ergon.*, vol. 92, 2022, doi: 10.1016/j.ergon.2022.103361.
- [38] A. Ahmad, I. Javed, U. Abrar, A. Ahmad, N. R. Jaffri, y A. Hussain, «Investigation of ergonomic working conditions of sewing and cutting machine operators of clothing industry», *Ind. Textila*, vol. 72, n.o 3, pp. 309-314, 2021, doi: 10.35530/IT.072.03.1723.
- [39] J. Park, Y. Kim, y B. Han, «Work Sectors with High Risk for Work-Related Musculoskeletal Disorders in Korean Men and Women», *Saf. Health Work*, vol. 9, n.o 1, pp. 75-78, 2018, doi: 10.1016/j.shaw.2017.06.005.
- [40] C. J. Lin, R. Y. Efranto, y M. A. Santoso, «Identification of workplace social sustainability indicators related to employee ergonomics perception in Indonesian industry», *Sustain. Switz.*, vol. 13, n.o 19, 2021, doi: 10.3390/su131911069.
- [41] C. Weyh, C. Pilat, y K. Krüger, «Musculoskeletal disorders and level of physical activity in welders», *Occup. Med.*, vol. 70, n.o 8, pp. 586-592, 2020, doi: 10.1093/occmed/kqaa169.
- [42] K. Koppiahraj, S. Bathrinath, y S. Saravanasankar, «A fuzzy VIKOR approach for selection of ergonomic assessment method», *presentado en Materials Today: Proceedings*, 2021, pp. 640-645. doi: 10.1016/j.matpr.2020.02.725.
- [43] P. Andriani, M. Tejamaya, B. Widanarko, y A. A. Putri, «Ergonomic assessment in metal-based small industries in Bogor Regency, Indonesia, 2019», *Gac. Sanit.*, vol. 35, pp. S360-S363, 2021, doi: 10.1016/j.gaceta.2021.10.051.
- [44] A. S. Tirloni, D. C. Dos Reis, S. F. Tirloni, y A. R. P. Moro, «Exertion perception when performing cutting tasks in poultry slaughterhouses: Risk assessment of developing musculoskeletal disorders», *Int. J. Environ. Res. Public. Health*, vol. 17, n.o 24, pp. 1-15, 2020, doi: 10.3390/ijerph17249534.
- [45] I. Zea Quispe, M. Ron, E. Hernández-Runque, E. Escalona, y V. Trovat-Ascanio, «Ergonomic evaluation of the chicken hanger workplace in a bird processing company», *Salud Cienc. Tecnol.*, vol. 2, n.o Special issue 1, 2022, doi: 10.56294/saludcyt2022217.
- [46] N. Dadashi, G. Lawson, M. Marshall, y G. Stokes, «Cognitive and metabolic workload assessment techniques: A review in automotive manufacturing context», *Hum. Factors Ergon. Manuf.*, vol. 32, n.o 1, pp. 20-34, 2022, doi: 10.1002/hfm.20928.
- [47] P. Rodriguez Diez-Caballero, J. Alfonso-Beltrán, I. J. Bautista, y C. Barrios, «Occupational risk factors for shoulder chronic tendinous pathology in the Spanish automotive manufacturing sector: a case-control study», *BMC Musculoskelet. Disord.*, vol. 21, n.o 1, 2020, doi: 10.1186/s12891-020-03801-5.
- [48] U. Flodin, B. Rolander, H. Löfgren, B. Krapf, F. Nyqvist, y C. Wählin, «Risk factors for neck pain among forklift truck operators: A retrospective cohort study», *BMC Musculoskelet. Disord.*, vol. 19, n.o 1, 2018, doi: 10.1186/s12891-018-1956-3.
- [49] A. A. Asour, F. Mehri, F. Fassih-Ramandi, y A. Karimi, «Prevalence of Musculoskeletal Disorders in Iranian Truck Drivers and Its Association with Road Accidents», *J. Occup. Health Epidemiol.*, vol. 11, n.o 2, pp. 106-113, 2022, doi: 10.52547/johe.11.2.106.
- [50] P. Alipour, H. Daneshmandi, M. Fararuei, y Z. Zamanian, «Ergonomic design of manual assembly workstation using digital human modeling», *Ann. Glob. Health*, vol. 87, n.o 1, 2021, doi: 10.5334/aogh.3256.
- [51] C. O. Hernández, S. Li, M. J. A. Benedí, y I. M. Rodríguez, «New challenges regarding the intervention of musculoskeletal risk in truck service garages», *Sustain. Switz.*, vol. 14, n.o 1, 2022, doi: 10.3390/su14010181.
- [52] R. B. Torres y Y. Tri Prasetyo, «Evaluation of ergonomic working conditions among manual leather cutter in the Shoe Industry», *presentado en ACM International Conference Proceeding Series*, 2020, pp. 221-227. doi: 10.1145/3429551.3429582.
- [53] J. C. Quiroz-Flores, B. Abásolo-Núñez, D. Suárez-Miñano, y S. Nallusamy, «Minimization of Personnel Absenteeism with the Application of Proposed Ergonomic Model in a Plastics Manufacturing

- Industry», *Appl. Sci. Switz.*, vol. 13, n.o 13, 2023, doi: 10.3390/app13137858.
- [54] A. C. Pains, E. D. S. Lopes, A. P. de Souza, F. M. de Oliveira, y C. K. Rodrigues, «Repetitive motion and postural analysis of machine operators in mechanized wood harvesting operations», *Cerne*, vol. 25, n.o 2, pp. 214-220, 2019, doi: 10.1590/01047760201925022617.
- [55] M. J. J. Gumasing et al., «The effects of biomechanical risk factors on musculoskeletal disorders among baggers in the supermarket industry», *Work*, vol. 75, n.o 1, pp. 315-324, 2023, doi: 10.3233/WOR-220073.
- [56] M. Eyvazlou, A. Asghari, H. Mokarami, M. Bagheri Hosseinabadi, M. Derakhshan Jazari, y V. Gharibi, «Musculoskeletal disorders and selecting an appropriate tool for ergonomic risk assessment in the dental profession», *Work*, vol. 68, n.o 4, pp. 1239-1248, 2021, doi: 10.3233/WOR-213453.
- [57] B. A. Putri, «The Correlation between Age, Years of Service, and Working Postures and the Complaints of Musculoskeletal Disorders», *Indones. J. Occup. Saf. Health*, vol. 8, n.o 2, pp. 187-196, 2019, doi: 10.20473/ijosh.v8i2.2019.187-196.
- [58] C. A. H. Pérez, X. P. M. Flores, y M. T. N. Aranibar, «Ergonomic Proposal in the Storage Area of a Plastic Industry Company to Reduce Industrial Risks», presentado en *Advances in Transdisciplinary Engineering*, 2023, pp. 503-511. doi: 10.3233/ATDE230076.
- [59] N. Daika, «Correlation between Working Postures and Musculoskeletal Disorders Complaints Suffered by the Fishermen in Tanjung Village, Sumenep District», *Indones. J. Occup. Saf. Health*, vol. 8, n.o 3, pp. 258-264, 2019, doi: 10.20473/ijosh.v8i3.2019.258-264.
- [60] H. B. Mohd Fazi, N. M. Z. B. Nik Mohamed, y A. Q. Bin Basri, «Risks assessment at automotive manufacturing company and ergonomic working condition», presentado en *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019. doi: 10.1088/1757-899X/469/1/012106.
- [61] M. Rodrigues, I. Loureiro, y C. P. Leão, «An experimental analysis of ergonomics in an assembly line in a Portuguese automotive industry», *Stud. Syst. Decis. Control*, vol. 202, pp. 485-491, 2019, doi: 10.1007/978-3-030-14730-3_52.
- [62] H. Daneshmandi, D. Kee, M. Kamalinia, M. Oliaei, y H. Mohammadi, «An ergonomic intervention to relieve musculoskeletal symptoms of assembly line workers at an electronic parts manufacturer in Iran», *Work*, vol. 61, n.o 4, pp. 515-521, 2019, doi: 10.3233/WOR-182822.
- [63] S. S. Murugan, S. Ponraja, D. S. Varma, y M. J. I. Raj, «Human Factor Analysis of Textile Industry Workers Using Various Ergonomic Assessment Tools», *J. Inst. Eng. India Ser. E*, vol. 104, n.o 1, pp. 109-117, 2023, doi: 10.1007/s40034-022-00255-3.
- [64] G. Intranuovo et al., «Risk assessment of upper limbs repetitive movements in a fish industry», *BMC Res. Notes*, vol. 12, n.o 1, 2019, doi: 10.1186/s13104-019-4392-z.
- [65] I. Sriagustini y T. Supriyani, «Assessment of Work Posture on Woven Bamboo Craftsmen», *Indones. J. Occup. Saf. Health*, vol. 11, n.o 2, pp. 295-306, 2022, doi: 10.20473/ijosh.v11i2.2022.295-306.
- [66] K. K. Kataria, M. Sharma, S. Kant, N. M. Suri, y S. Luthra, «Analyzing musculoskeletal risk prevalence among workers in developing countries: an analysis of small-scale cast-iron foundries in India», *Arch. Environ. Occup. Health*, vol. 77, n.o 6, pp. 486-503, 2022, doi: 10.1080/19338244.2021.1936436.
- [67] T. Hida, T. Okada, y T. Matsumoto, «Work postural ergonomic assessment using two-dimensional joint coordinates», *J. Adv. Mech. Des. Syst. Manuf.*, vol. 16, n.o 5, 2022, doi: 10.1299/jamdsm.2022jamdsm0055.
- [68] Y.-L. Chen y W.-H. Luo, «Comparative Ergonomic Study Examining the Work-Related Musculoskeletal Disorder Symptoms of Taiwanese and Thai Workers in a Tape Manufacturing Factory», *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 20, n.o 4, 2023, doi: 10.3390/ijerph20042958.
- [69] F. Sekkay et al., «Risk factors associated with self-reported musculoskeletal pain among short and long distance industrial gas delivery truck drivers», *Appl. Ergon.*, vol. 72, pp. 69-87, 2018, doi: 10.1016/j.apergo.2018.05.005.
- [70] K. Awang Lukman, M. S. Jeffree, y K. G. Rampal, «Lower back pain and its association with whole-body vibration and manual materials handling among commercial drivers in Sabah», *Int. J. Occup. Saf. Ergon.*, vol. 25, n.o 1, pp. 8-16, 2019, doi: 10.1080/10803548.2017.1388571.
- [71] N. Maimaiti et al., «Cervical musculoskeletal disorders and their relationships with personal and work-related factors among electronic assembly workers», *J. Safety Res.*, vol. 71, pp. 79-85, 2019, doi: 10.1016/j.jsr.2019.09.018.