



REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A VIBRACIONES MANO BRAZO Y SU ASOCIACIÓN CON PATOLOGÍAS MUSCULOESQUELÉTICAS DE EXTREMIDAD SUPERIOR

A SYSTEMATIC REVIEW OF OCCUPATIONAL HAND-ARM VIBRATION EXPOSURE AND ITS ASSOCIATION WITH UPPER LIMB MUSCULOSKELETAL DISORDERS.

César Mendoza-Gutiérrez*

Rodrigo Pinto-Retamal**

Resumen: Las vibraciones que afectan al segmento mano-brazo(segmentarias) son uno de los factores de riesgo que tienen gran importancia en la generación de patologías musculoesqueléticas de extremidad superior, particularmente aquellos que afectan el segmento distal. El objetivo de este estudio es identificar y analizar estudios científicos que evalúen la asociación entre la exposición a vibraciones segmentarias en el entorno laboral y el desarrollo de trastornos musculoesqueléticos, neurológicos y/o vasculares en las extremidades superiores. Se realizó una revisión bibliográfica en las bases de datos PubMed y Cochrane Library, utilizando palabras clave y términos MeSH (Medical Subject Headings), en el periodo 1994–2025. Se identificaron 98 artículos de los que se seleccionaron 25 para la síntesis descriptiva y cualitativa. Se concluye que existen asociaciones positivas entre el factor de riesgo vibraciones segmentarias y patologías del miembro superior. La evidencia es más contundente en el segmento distal principalmente asociados al Síndrome Vibratorio Mano-Brazo y el Síndrome del Túnel del Carpo, donde el factor de riesgo por sí solo tiene gran relevancia en la generación de estas lesiones. Esta revisión preliminar evidencia la necesidad de generar mayor investigación actualizada sobre los efectos de las vibraciones mano-brazo en patologías musculoesqueléticas de extremidades superiores, dada la escasez de publicaciones en la última década.

Palabras clave: Vibraciones mano-brazo, Vibraciones segmentarias, Patologías musculoesqueléticas de extremidades superiores, Trastornos musculoesqueléticos.

Abstract: Segmental vibrations affecting the hand-arm system are a significant occupational risk factor contributing to the development of upper limb musculoskeletal disorders, particularly in the distal segments. This study aims to identify and analyze scientific literature evaluating the association between occupational exposure to segmental vibrations and the development of musculoskeletal, neurological, and/or vascular disorders in the upper limbs. A literature review was conducted using the PubMed and Cochrane Library databases, applying relevant keywords and MeSH terms (Medical Subject Headings), covering the period from 1994 to 2025. A total of 98 articles were identified, of which 25 were selected for descriptive and qualitative synthesis. The findings indicate positive

*Asociación Chilena de Seguridad ACHS. Chile. Correo electrónico: camendoza@achs.cl. Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-2944-4854>

**Asociación Chilena de Seguridad ACHS. Chile. Correo electrónico: rpinto@achs.cl. Orcid: <https://orcid.org/0009-0003-1102-3259>. Autor de correspondencia.

associations between segmental vibration exposure and upper limb disorders. The evidence is strongest for distal segment conditions, particularly Hand-Arm Vibration Syndrome (HAVS) and Carpal Tunnel Syndrome (CTS), where vibration exposure alone plays a significant role in the onset of these conditions. This preliminary review highlights the need for updated and robust evidence on the impact of hand-arm vibrations on upper limb musculoskeletal disorders, as the limited number of publications in the last decade underscores this research gap.

Keywords: Hand-arm vibrations, Segmental vibrations, Upper limb musculoskeletal disorders, Musculoskeletal disorders.

Recepción: 23.09.2025 / Revisión: 05.11.2025/ Aceptación: 18.12.2025

Introducción

Las vibraciones transmitidas a las manos corresponden a oscilaciones mecánicas generadas principalmente por herramientas o procesos motorizados, las cuales ingresan al organismo a través del contacto directo con los dedos o la palma de la mano. Este tipo de exposición también es descrito en la literatura como vibración mano-brazo o vibración localizada, y se presenta de forma frecuente en diversos sectores productivos donde se utilizan herramientas manuales motorizadas, exponiendo de manera sostenida las extremidades superiores del trabajador a este agente físico (Organización Internacional del Trabajo [OIT], 1998).

Se ha reportado que la exposición ocupacional a vibraciones transmitidas a las manos afecta a un número significativo de trabajadores a nivel internacional, con estimaciones que superan las 150.000 personas en los Países Bajos, aproximadamente 0,5 millones en el Reino Unido y más de 145 millones en Estados Unidos. Asimismo, la exposición excesiva a vibraciones mano-brazo puede generar alteraciones en los vasos sanguíneos, nervios, músculos, huesos y articulaciones de las extremidades superiores, estimándose que entre el 1,7 % y el 3,6 % de los trabajadores en países europeos y Estados Unidos estarían expuestos a niveles potencialmente peligrosos de vibración (OIT, 1998).

La vibración segmentaria (mano-brazo) es uno de los factores de riesgo más relevantes en la generación de patologías musculoesqueléticas de extremidad superior, particularmente en el segmento distal. Según estudios epidemiológicos existe evidencia para relación causal de este factor por sí solo, en el síndrome del túnel del carpo y fuerte evidencia, en el desarrollo del síndrome vibración mano-brazo (NIOSH, 1997).

Sobre la exposición ocupacional a vibraciones mano-brazo, la normativa internacional se encuentra principalmente en la norma ISO 5349-1, que establece los criterios para la medición y evaluación de la exposición humana a vibraciones transmitidas por la mano (International Organization for Standardization [ISO], 2001). Asimismo, los límites de exposición se encuentran definidos en los *Threshold Limit Values* (TLVs®) de la American Conference of Governmental Industrial Hygienists y en la norma ANSI/ASA S2.70-2006 (American National Standards Institute [ANSI], 2006; American Conference of Governmental Industrial Hygienists [ACGIH], 2023).

En Chile, los límites máximos permisibles se encuentran en el Decreto Supremo N°594 (D.S N°594) y en particular, respecto a la calificación de patologías musculoesqueléticas, el marco normativo (Circular SUSESO N°3847/2024) determina una calificación de origen laboral, indicando que este factor de riesgo es por sí solo es suficiente para determinar causalidad en las patologías de Síndrome del Túnel Carpiano (STC), Epicondilitis y Epitrocleitis bajo los siguientes criterios:

- a). Un año de exposición o más si está sobre límite establecido en D.S. N°594, de 1999, del MINSAL.
- b). Tres años de exposición o más si está bajo el límite establecido en D.S. N°594, de 1999, del MINSAL.

Para determinar el límite establecido, la normativa indica utilizar la base de datos para vibración de segmento mano – brazo del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) de España (si no es posible identificar la herramienta o máquina en la base de datos, deberá realizarse la medición directa de esta exposición con acelerómetro, de acuerdo con las especificaciones técnicas establecidas por el Instituto de Salud Pública). En esta base de datos, se seleccionará el tipo de herramienta o máquina que opera el trabajador, marca comercial y modelo. Luego, se deberá comparar esta estimación con los tiempos límites de exposición establecidos en el Decreto Supremo N°594, de 1999, del Ministerio de Salud, registrando en el campo correspondiente “Cumple” o “No Cumple” la norma, cuando el tiempo de exposición del trabajador se encuentre por debajo o sobre dicho límite, respectivamente, y finalmente registrar el tiempo o periodo de exposición, en meses o años, según corresponda (SUSESO, 2018).

Frente a lo determinante que resulta este factor de riesgo por sí solo en las patologías declaradas, considerando para ello como uno de los criterios, solo un período de exposición mayor a 3 años (independiente de la magnitud y dosis diaria), es que decidimos realizar una revisión bibliográfica para poder analizar lo que indica la literatura técnica respecto a las asociaciones positivas que tienen las vibraciones segmentarias con las patologías musculoesqueléticas de extremidades superiores.

Objetivos

Identificar y analizar estudios científicos que evalúen la asociación entre la exposición a vibraciones segmentarias en el entorno laboral y el desarrollo de trastornos musculoesqueléticos, neurológicos y/o vasculares en las extremidades superiores.

Objetivos específicos

1. Identificar las patologías musculoesqueléticas de extremidades superiores asociadas a la exposición ocupacional a vibraciones mano-brazo.
2. Analizar y sintetizar las medidas de asociación reportadas (Odds Ratio [OR], prevalencia, etc.) entre exposición y patología.
3. Definir cuáles son los entornos laborales más frecuentes en donde se realizan los estudios de vibraciones segmentarias.

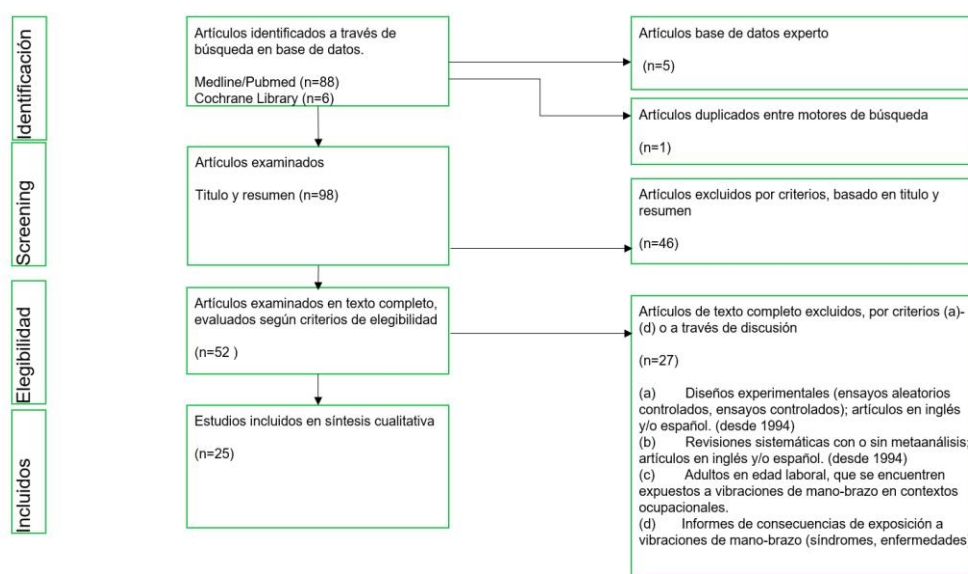
4. Definir cuáles son las fuentes de exposición más comunes evaluadas en los estudios seleccionados.
5. Analizar los períodos de exposición reportados independiente de la magnitud del riesgo para el desarrollo de patologías de la extremidad superior.

Materiales y métodos

Se realizó una revisión bibliográfica en las bases de datos PubMed y Cochrane Library, utilizando palabras clave y términos MeSH, en el periodo 1994–2025. La estrategia de búsqueda fue: (("Vibration"[Mesh] OR vibration* OR "hand-arm vibration") AND ("Upper Extremity"[Mesh] OR "Hand"[Mesh] OR "Arm"[Mesh] OR "upper limb" OR "upper extremity") AND ("Musculoskeletal Diseases"[Mesh] OR "Peripheral Nervous System Diseases"[Mesh] OR "Hand-Arm Vibration Syndrome" OR neuropathy* OR "carpal tunnel" OR tendinopathy OR "Raynaud Disease") AND ("Occupational Exposure"[Mesh] OR "Work"[Mesh] OR "Occupational Diseases"[Mesh] OR "Occupational Health"[Mesh] OR occupation* OR work*)).

Se identificaron 98 artículos en total: 88 en PubMed y 6 en Cochrane Library. Tras aplicar criterios de exclusión basados en título y resumen, se descartaron 46. De los 52 artículos restantes, se seleccionaron 25 para la síntesis cualitativa, según los siguientes criterios de inclusión: (a) estudios experimentales o revisiones sistemáticas (con o sin metaanálisis), publicados desde 1994 en inglés o español; (b) población adulta (≥ 18 años) expuesta a vibraciones segmento mano-brazo en contextos laborales; y (c) reportes de consecuencias asociadas a dicha exposición (síntomas o enfermedades).

Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA para selección de estudios.



Elaboración propia adaptada de Page et al. (2021).

Resultados y discusión

Se realizó lectura crítica de los artículos elegidos y se elaboró un resumen descriptivo que incluye: patología, número de estudios relacionados, tipos de estudio, tiempo de exposición, vibración (magnitud/frecuencia), medidas de asociación e interpretación de resultados. Es importante mencionar que los valores técnicos indicados en las tablas corresponden textualmente a los estudios citados.

- a) Patologías de hombro: se analizaron 3 estudios, el resumen descriptivo se presenta a continuación:

Tabla 1. Resumen descriptivo estudios analizados asociación vibraciones mano-brazo con patologías de hombro.

Autor (es)	Tipo de estudio	Tiempo de exposición	Vibración (magnitud/frecuencia)	Medidas de asociación
Seidler et al. (2020)	Revisión sistemática con metaanálisis	Años de exposición \times 0.5 horas/día \times 220 días/año	Baja: $<3 \text{ m/s}^2$ Moderada: $3-10 \text{ m/s}^2$ Alta: $>10 \text{ m/s}^2$	OR ajustadas reportadas en la revisión, basadas en estudios primarios incluidos (Dalbøge et al., 2014; Dalbøge et al., 2017; Sutinen et al., 2006): – Exposición moderada: OR = 1.5 (IC 95%: 1.5–1.6) para 3300 h. – Exposición alta: OR = 1.9 (IC 95%: 1.5–2.4) en hombres con 5742 h. – OR = 1.04 por unidad de energía vibratoria acumulada. Dosis de duplicación del riesgo: 5312 h (vibraciones moderadas); 10 624 h (vibraciones bajas).

Van der Molen et al. (2017)	Revisión sistemática con metaanálisis	Exposición a herramientas vibratorias durante ≥ 2 h/día por ≥ 1 año, según estudios incluidos (p. ej., Sutinen et al., 2006; Miranda et al., 2005)	*No especificado por variabilidad Inter estudio	OR = 1.34 (IC 95%: 1.01 a 1.77). Calidad de evidencia: baja (GRADE).
Rogier M van Rijn et al. (2010)	Revisión sistemática	≥ 2 horas/día durante distintos rangos de años (1-3, 4-13, 14-23, >23 años).	Energía de vibración acumulada reportada en estudios incluidos (p. ej., trabajadores forestales con motosierras: 84×10^6 m ² /s ⁴ .h)	<ul style="list-style-type: none"> – Síndrome de pinzamiento subacromial: <ul style="list-style-type: none"> • OR = 2.5 (4-13 años) • OR = 3.5 (14-23 años) – Tendinitis del bíceps en trabajadores de procesamiento de pescado: OR = 2.28. – Asociación con energía de vibración acumulada reportada en estudios incluidos (Sutinen et al., 2006).

Elaboración propia.

Interpretación de resultados

Se ha identificado una asociación entre la exposición acumulada a vibraciones mano-brazo y el riesgo de desarrollar patologías en el hombro. A partir de las 5.312 horas de exposición efectiva, el riesgo relativo de enfermedad se duplica. Aunque la evidencia disponible sobre este tipo de vibraciones aún es limitada (en cantidad y calidad metodológica de estudios), existen asociaciones significativas que sugieren una posible contribución al desarrollo de estas afecciones. La exposición prolongada representa un factor de riesgo relevante, especialmente en el caso del síndrome de pinzamiento subacromial. Para establecer una relación causal, se requieren estudios longitudinales adicionales.

- b) Epicondilitis/Epitrocleititis: se analizó 1 estudio, el resumen descriptivo se presenta a continuación:

Tabla 2. Resumen descriptivo estudios analizados asociación vibraciones mano-brazo con patologías de codo (epicondilitis y epitrocleitis).

Autor (es)	Tipo de estudio	Tiempo de exposición	Vibración (magnitud/frecuencia)	Medidas de asociación
Keir et al. (2021)	Revisión sistemática	Exposición a herramientas vibrantes según estudios incluidos: – ≥ 2 h/día de uso de herramientas vibrantes. – 25–50% del tiempo laboral utilizando herramientas vibrantes. – Hasta 20 años de exposición acumulada.	*No especificado debido a heterogeneidad entre estudios	Resultados reportados en la revisión, basados en estudios primarios incluidos (Shiri et al., 2006; Haahr & Andersen, 2003; Frost et al., 1998; Herquelot et al., 2013; Walker-Bone et al., 2012): – Epicondilitis medial: OR = 2.2 para ≥ 2 h/día de exposición. – Epicondilitis lateral: OR = 2.8 en hombres con 25–50% del tiempo laboral usando herramientas vibrantes. – Otros estudios incluidos no encontraron asociaciones estadísticamente significativas.

Elaboración propia

Interpretación de resultados

Se ha identificado una asociación de moderada a fuerte entre la exposición a vibraciones y la aparición de epicondilitis, especialmente cuando esta se combina con posturas forzadas o tareas repetitivas. Es importante considerar exposiciones diarias iguales o superiores a 2 horas, así como periodos acumulativos prolongados. Aunque la evidencia es limitada, ya que solo un estudio ha abordado esta relación —sin analizar el factor de forma exclusiva—, se requieren investigaciones adicionales para confirmar estos hallazgos.

- c) **Síndrome del Túnel Carpiano (STC):** se analizaron 8 estudios, el resumen descriptivo se presenta a continuación:

Tabla 3. Resumen descriptivo estudios analizados asociación vibraciones mano-brazo con patologías de muñeca (Síndrome del Túnel Carpiano).

Autor (es)	Tipo de estudio	Tiempo de exposición	Vibración (magnitud/frecuencia)	Medidas de asociación
Keir et al. (2021)	Revisión sistemática	Exposición a herramientas vibrantes según estudios incluidos: ≥ 2 h/día; 25–50% del tiempo laboral; hasta 20 años de exposición acumulada	No especificado debido a heterogeneidad entre estudios	Resultados reportados en la revisión, basados en estudios incluidos (Frost et al., 1998; Shiri et al., 2006; Bovenzi et al., 2005): OR entre 3.0 y 5.34 según años de exposición acumulada. Razón de prevalencia (PR) = 3.0 en trabajadoras de fábricas de muebles expuestas a vibración. PR ajustada = 3.8 en trabajadoras con mayor exposición (lijadoras orbitales).
Pelmear et al. (1994)	Revisión narrativa	Exposición prolongada y continua en trabajos con herramientas vibratorias (p. ej., martillos neumáticos, esmeriles, cortadoras), frecuentemente combinada con alta fuerza y repetitividad	No se reportan valores cuantitativos; se hace referencia a normas ISO 5349 y BS 6842 para estimación de dosis de vibración	Se describe asociación fuerte entre exposición a vibración, alta fuerza y repetitividad y STC. Estudios incluidos reportan aumento del riesgo de STC (>5 veces) cuando se combinan fuerza y repetición. Informes institucionales reportan duplicación del

				riesgo en trabajadores expuestos a herramientas vibratorias.
Barcenilla et al. (2012)	Revisión sistemática con metaanálisis	No se cuantifica el tiempo de exposición	Presencia vs. ausencia de exposición a herramientas vibrantes; sin parámetros técnicos detallados	Resultado combinado del metaanálisis: OR = 5.40 (IC 95%: 3.14–9.31) para STC en trabajadores expuestos a vibración.
Lozano-Calderón et al. (2008)	Revisión Sistemática	No se cuantifica el tiempo de exposición	Aunque el artículo no detalla valores específicos de magnitud, intensidad o frecuencia de las vibraciones, sí indica que: La exposición fue sustancial en los estudios analizados. Se considera una exposición ocupacional significativa, como en trabajos con herramientas vibrantes o maquinaria pesada. La frecuencia de exposición se infiere como repetitiva y continua, dado el contexto laboral.	Las medidas de asociación utilizadas fueron principalmente (OR): Número de estudios: 20 Estudios con correlación positiva: 14 Promedio de OR: 5.46 Rango de puntuación qBHs: 5–8 puntos Consistencia: 70% de los estudios encontraron correlación Gradiente biológico: Solo 2 estudios lo documentaron
Pelmear et al. (2000)	Revisión narrativa	Estudios epidemiológicos indican que los síntomas pueden aparecer tras exposiciones que van desde 1 mes hasta 30 años, dependiendo de la intensidad de la vibración y la susceptibilidad individual. En el modelo ISO de relación dosis-respuesta, se estima que:	Magnitud (aceleración): Se reportan niveles de exposición entre 1 m/s ² y más de 20 m/s ² . Frecuencia: Las vibraciones peligrosas se	Se reporta asociación positiva entre trabajos con exposición a vibración y STC. Se destaca que STC puede coexistir con HAVS, y que los

		<p>A 2 m/s^2 durante 4 horas diarias, el 10% de los trabajadores desarrollará síntomas vasculares en 15 años.</p> <p>A 5 m/s^2, el 10% lo hará en 6 años.</p> <p>A 10 m/s^2, en 3 años.</p>	<p>encuentran en el rango de 4 a 5000 Hz, aunque los estándares ISO suelen considerar el rango de 5 a 1500 Hz.</p> <p>Intensidad: Se distingue entre vibración continua (oscilatoria) e impacto (impulsiva), siendo esta última más peligrosa y asociada a latencias más cortas.</p>	<p>síntomas sensorio-neurales pueden confundirse entre ambas condiciones.</p>
Viikari-Juntura et al. (1999)	Revisión narrativa	<p>Estudios en animales: exposición diaria de 2 horas durante 6 días por semana, acumulando hasta 600 horas de vibración.</p> <p>Estudios en humanos: trabajadores forestales con más de 500 horas de uso de motosierras en 3 años; otros con más de 20 años de uso de herramientas vibrantes.</p> <p>Estudios clínicos: exposición laboral continua durante 20 a 40 horas semanales, por meses o años.</p>	<p>Los estudios revisados reportan:</p> <p>Frecuencia: 60 Hz a 82 Hz.</p> <p>Amplitud pico a pico: 0.21 mm a 0.4 mm.</p> <p>Aceleración: hasta 56.9 m/s^2.</p> <p>* Estas magnitudes fueron suficientes para inducir cambios estructurales en nervios periféricos, como edema epineural, desmielinización y degeneración axonal.</p>	<p>OR = 3.4 para STC en trabajadores expuestos a vibración vs. no expuestos.</p> <p>OR = 4.3 y OR = 16.0 para STC en trabajadores con 1–20 años y >20 años de uso de herramientas vibrantes, respectivamente.</p> <p>OR = 21.3 para STC en trabajadores forestales vs. mantenimiento.</p>
Gemne (1997)	Revisión narrativa	<p>La exposición efectiva debe considerar solo el tiempo en que la herramienta está en contacto directo con la mano.</p> <p>Se hace referencia a 12.000 horas como ejemplo de exposición acumulada en algunos trabajadores.</p> <p>Se enfatiza la importancia de considerar intermitencia,</p>	<p>Intensidad de vibración: Ejemplo de aceleración de 10 m/s^2.</p> <p>Frecuencia: Se estudian umbrales de percepción vibro táctil entre 8 y 500 Hz, con especial atención a</p>	<p>No se establece una asociación causal directa con vibración respecto a la aparición de la patología en estudio.</p>

		frecuencia de trabajo semanal/anual, y años de exposición para una evaluación significativa de “dosis de exposición”.	frecuencias mayores de 40 Hz, donde se observó un aumento del riesgo de deterioro sensorial.	
Dahlin et al. (2001)	Revisión narrativa	<p>Modelos animales: exposición experimental a vibración durante 5 horas/día por 2 a 5 días consecutivos.</p> <p>Estudios en humanos (incluidos en la revisión): exposición ocupacional prolongada a herramientas vibrantes, con duraciones promedio de 17–30 años (Strömberg et al.) y alrededor de 24 años (Cederlund et al.).</p>	<p>En estudios experimentales: Frecuencia entre 40 y 80 Hz Aceleración: entre 16 y 32 m/s² RMS (Root Mean Square) Estos parámetros fueron aplicados en modelos animales para simular condiciones de exposición laboral.</p>	<p>El artículo no presenta medidas estadísticas directas ya que es una revisión narrativa. Sin embargo, se mencionan asociaciones observacionales entre:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Duración de exposición y gravedad de síntomas: en estudios experimentales la exposición breve a vibraciones, seguida de un período de recuperación, puede normalizar la ultraestructura de los nervios. Sin embargo, con la exposición continua, se producen cambios estructurales más graves en los nervios expuestos a la vibración, como desmielinización, degeneración axonal y fibrosis. Estos cambios son ciertamente irreversibles y provocan problemas neurosensoriales permanentes. - Exposición a

				vibración y prevalencia de STC (5 estudios repostan aumento de prevalencia) - Exposición prolongada y peor pronóstico postquirúrgico en STC: En el estudio de Boström et al., se reporta que 59% de los pacientes expuestos a vibración mejoraron tras cirugía de STC, comparado con 79% en pacientes con STC idiopático, lo que sugiere una asociación negativa entre exposición a vibración y éxito quirúrgico.
--	--	--	--	---

Elaboración propia.

Interpretación de resultados

La exposición ocupacional a vibraciones se encuentra fuertemente asociada con el desarrollo del síndrome del túnel carpiano (STC), especialmente cuando coexiste con otros factores biomecánicos como fuerza y repetitividad. La combinación de fuerza, repetición y vibración aumenta el riesgo más de 5 veces (Pelmear et al.).

Si bien la evidencia disponible muestra una asociación significativa, persisten limitaciones metodológicas y falta de consistencia entre los estudios revisados para establecer una relación causal. Por lo tanto, la vibración debe considerarse un factor de riesgo relevante, aunque no exclusivo, en la aparición del STC.

- d) Síndrome de Vibración mano-brazo (SVMB): se analizaron 15 estudios, el resumen descriptivo se presenta a continuación:

Tabla 4. Resumen descriptivo estudios analizados asociación vibraciones mano-brazo con patologías de muñeca-mano (Síndrome vibratorio mano-brazo).

Autor(es)	Tipo de estudio	Tiempo de exposición	Vibración (magnitud/frecuencia)	Medidas de asociación
Gerger et al. (2023)	Revisión sistemática con metaanálisis	Duración diaria del uso de herramientas vibrantes. Años de exposición acumulada. Exposición total acumulada en horas multiplicadas por la aceleración (m/s^2). Ejemplos: Un estudio reportó hasta 2,550 horas de exposición a máquinas de apisonado. Otro categorizó la exposición en rangos como <19.5, 19.5–21.5, 21.5–24, >24 m^2s^4xh .	Se utilizaron medidas como: Aceleración RMS ponderada por frecuencia (A(8)). Exposición acumulada: horas \times m/s^2 . Categorías de exposición: baja, media, alta. Ejemplo: A(8) < 2.8 m/s^2 como umbral en un estudio británico.	OR ajustado entre 1.35 y 3.43 (IC 95% = 1.12 – 5.59) para patología relacionada con vibración.
Scholz et al. (2023)	Estudio observacional retrospectivo	Duración de exposición acumulada en años hasta alcanzar una prevalencia del 10% de (SVMB) en cada grupo poblacional. Los valores varían entre 1.5 y 14.8 años, dependiendo de la magnitud de la vibración y el tipo de herramienta utilizada.	Magnitud de vibración: Se expresa como aceleración ponderada por frecuencia (A(8)) en m/s^2 , normalizada a una jornada laboral de 8 horas. Rango de magnitudes: Entre 1.5 m/s^2 y 18.7 m/s^2 . Frecuencia: Las vibraciones fueron medidas en el rango de 5.6 Hz a 1400 Hz, siguiendo los estándares ISO 5349-1:2001, con ponderación de frecuencia para enfatizar las frecuencias más relevantes para el daño vascular.	Existe una relación inversa entre la magnitud de la vibración (A(8)) y el tiempo necesario para alcanzar una prevalencia del 10% de Síndrome vibratorio mano-brazo: a mayor magnitud, menor tiempo de exposición requerido.
Aarhus et al. (2019)	Estudio longitudinal de cohorte retrospectiva (22 años de seguimiento)	Promedio de exposición ocupacional a vibraciones entre 1994 y 2017: Grupo con SVMB: 3639 horas (media) Grupo sin SVMB: 606 horas (media) Tiempo desde que cesó la exposición: En 2017, el tiempo promedio desde que los sujetos dejaron de estar expuestos fue de 8.4 años	No se especifican valores exactos de magnitud o frecuencia en Hz en el artículo	-Dolor en los dedos Asociación significativa: Por cada 1000 horas de exposición adicional durante el seguimiento, el dolor en los dedos aumentó en 0.12 puntos en la escala de dolor (0–3). IC 95%: 0.06–0.17 -Destreza manual (Grooved

				<p>Pegboard)</p> <p>Cotinina (marcador de tabaquismo) se asoció con peor desempeño:</p> <p>Dominante: $B = 0.016$ (IC 95%: 0.002–0.030)</p> <p>No dominante: $B = 0.030$ (IC 95%: 0.002–0.058)</p>
Wang Lin et al. (2005)	Estudio epidemiológico transversal	<p>En el estudio de Ma Zhenghua (1988), los trabajadores estuvieron expuestos entre 1 y 21 años.</p> <p>En el estudio de Ha Kuanting (1993), el promedio de exposición fue de 5.8 años.</p>	<p>Valores de aceleración registrados van desde 2.3 m/s² hasta 51.6 m/s². El estándar higiénico nacional chino establece un límite de exposición de 5.0 m/s² durante 4 horas diarias.</p>	<p>La prevalencia de SVMB en trabajadores expuestos varía entre 2.5% y 82.8%, mientras que en grupos control (no expuestos) es de 0% a 8%, con una media de 2.6%. Esto indica una asociación significativa entre la exposición a vibraciones y el desarrollo de SVMB.</p> <p>Más de la mitad de los estudios reportan prevalencias superiores al 30%, lo que refuerza la asociación.</p>
Dong et al. (2001)	Revisión sistemática	<p>Se menciona que el síndrome de vibración mano-brazo (SVMB) está asociado a exposición prolongada y ocupacional, con énfasis en exposición diaria y acumulativa a lo largo de años. Se hace referencia a estándares como ISO-5349 que consideran la exposición diaria y anual como factores clave.</p>	<p>Frecuencia dominante: entre 25 y 320 Hz.</p> <p>Frecuencia crítica para efectos vasculares y neurológicos: 25 a 250 Hz.</p> <p>Martillos neumáticos: 251–2014 m/s².</p> <p>Lijadoras orbitales: 2.5–5.0 m/s².</p> <p>Sierras de cadena: 2.7–11 m/s².</p> <p>Herramientas</p>	<p>Se destaca que la frecuencia, dirección de la vibración, fuerza de agarre, postura y características individuales influyen en la biodinámica y, por ende, en el riesgo de desarrollar patologías. La exposición a vibraciones de alta</p>

			automotrices: 10–300 m/s ² .	magnitud y frecuencia, especialmente en el rango de 25–250 Hz, está fuertemente asociada con el desarrollo de SVMB, particularmente en su componente vascular.
Pelmear et al. (1994)	Revisión narrativa	Aunque no se especifica un tiempo exacto para cada caso, se menciona que: La exposición es prolongada y continua en trabajos con herramientas vibratorias (ej. martillos neumáticos, esmeriles, cortadoras). En estudios como el de Silverstein et al., se habla de exposición casi continua en trabajos de alta fuerza y repetitividad.	El documento no proporciona valores numéricos específicos de magnitud (m/s ²), intensidad o frecuencia (Hz), pero sí hace referencia a: Herramientas manuales con características vibratorias conocidas. Normas internacionales como ISO 5349 y BS 6842, que establecen límites de exposición seguros. Estudios que estiman la dosis de vibración en función del tipo de herramienta y tiempo de uso.	Causalidad aceptada entre exposición prolongada a vibración y desarrollo de SVMB. Prevalencia de hasta 80% en ocupaciones de alto riesgo.
Chetter et al. (1998)	Revisión narrativa	Exposición de 1.2–1.5 años (Hamilton, 1918), hasta 16 años (Yamada et al., 1994).	Frecuencias más dañinas: entre 125 y 250 Hz (afectan receptores tipo II) y por encima de 60 Hz (en casos severos). Herramientas implicadas: martillos neumáticos, sierras de cadena, taladros, pulidoras eléctricas, mezcladores de tubos de ensayo. Magnitud/intensidad: se menciona la importancia de la aceleración, impulsividad y presión de agarre, pero sin valores específicos.	El artículo presenta prevalencias como medida principal de asociación. Algunos ejemplos: Hamilton (1918): 74% de prevalencia en trabajadores con 1.2–1.5 años de exposición. Grounds (1964): 86% en usuarios de sierras de cadena. Yu et al. (1986): 13.4% en trabajadores expuestos vs. 1.6%

				en controles. Brubaker et al. (1986): 45% en expuestos vs. 4% en controles. Estas cifras muestran una asociación positiva entre la exposición a vibraciones y el desarrollo de SVMB, aunque no se reportan medidas como OR (odds ratio) o RR (riesgo relativo).
Szymanska J (2001)	Revisión narrativa	*No se especifica un tiempo exacto	Frecuencia: Se menciona que las vibraciones locales que afectan las manos ocurren en el rango de 5–1400 Hz, siendo más dañinas las de baja frecuencia (<16 Hz). Instrumentos: Las fuentes de vibración incluyen piezas de mano de baja y alta velocidad, así como instrumentos ultrasónicos. Magnitud/Intensidad: No se reportan valores cuantitativos específicos de aceleración (como m/s ²), pero se indica que las mediciones realizadas no mostraron anomalías higiénicas, lo que sugiere que los niveles estaban dentro de los límites aceptables según normas de higiene ocupacional.	La evidencia sugiere que los síntomas en las manos de dentistas son multifactoriales, y aunque la exposición a vibraciones puede contribuir, no se puede establecer una relación causal directa.
Pelmear et al. (2000)	Revisión narrativa	Estudios epidemiológicos indican que los síntomas pueden aparecer tras exposiciones que van desde 1 mes hasta 30 años, dependiendo de la intensidad de la vibración y la susceptibilidad individual. En el modelo ISO de relación dosis-respuesta, se estima que: A 2 m/s ² durante 4 horas diarias, el 10% de los	Magnitud (aceleración): Se reportan niveles de exposición entre 1 m/s ² y más de 20 m/s ² . Frecuencia: Las vibraciones peligrosas se encuentran en el rango de 4 a 5000 Hz, aunque los estándares ISO suelen considerar el rango de 5 a 1500 Hz.	Prevalencia: 0–4.8% en trabajadores japoneses expuestos a 1.1–2.5 m/s ² por 4±1 horas. 9.6% en trabajadores expuestos a 2.7–5.1 m/s ² por 3±2

		trabajadores desarrollará síntomas vasculares en 15 años. A 5 m/s ² , el 10% lo hará en 6 años. A 10 m/s ² , en 3 años.	Intensidad: Se distingue entre vibración continua (oscilatoria) e impacto (impulsiva), siendo esta última más peligrosa y asociada a latencias más cortas.	horas. Comparación con población general: La prevalencia de SVMB fue significativamente mayor ($p < 0.05$) que la de Raynaud idiopático en hombres japoneses (2.7%).
Fridén (2001)	Revisión narrativa	Se menciona que los síntomas típicamente no aparecen hasta después de 2000 horas de exposición acumulada. Después de 8000 horas, más del 50% de los trabajadores forestales presentaban síntomas. También se reporta que una exposición aguda de solo 30 minutos puede provocar alteraciones sensoriales como aumento del umbral de percepción vibratoria y parestesias.	El artículo indica que las herramientas manuales que transmiten vibraciones con frecuencias desde unos pocos Hz hasta varios miles de Hz pueden causar daño. Las herramientas neumáticas o eléctricas de tipo impulso son especialmente peligrosas. No se especifican valores numéricos exactos de magnitud o aceleración (como m/s ²), pero se enfatiza que hay un efecto acumulativo de la exposición a vibraciones sobre los componentes vasculares y neurosensoriales.	Se menciona una relación dosis-respuesta entre la exposición y el desarrollo de “dedo blanco por vibración”, especialmente en trabajadores de cantera y talladores de piedra (Bovenzi, 1994). Estudios longitudinales y transversales han demostrado prevalencias elevadas de SVMB en trabajadores con alta exposición (Letz et al., 1992; Miyashita et al., 1983).
Bovenzi (2012)	Estudio de cohorte prospectivo	Seguimiento desde otoño de 2003 hasta invierno de 2007, con tres encuestas de seguimiento. La duración diaria de exposición a vibración fue registrada mediante observación directa con cronómetro durante una semana completa. La exposición se expresó como A(8), aceleración equivalente ponderada en frecuencia normalizada a una jornada laboral de 8 horas.	Las herramientas como sierras de cadena y martillos de piedra generaban vibraciones con componentes de frecuencia intermedia y alta, especialmente entre 100 y 200 Hz.	Todas las medidas de exposición mostraron asociaciones estadísticamente significativas con la incidencia de SVMB. La exposición diaria a vibraciones aumenta el riesgo de SVMB entre 15% y 19% por unidad de

				aceleración.
Gemne (1997)	Revisión narrativa	<p>La exposición efectiva se define como el tiempo real de contacto de la herramienta con la mano.</p> <p>Se reporta como ejemplo una exposición acumulada de hasta 12 000 horas en algunos trabajadores.</p> <p>Se enfatiza la necesidad de considerar intermitencia, frecuencia de trabajo semanal/anual y años de exposición para una evaluación adecuada de la dosis acumulada.</p>	<p>Magnitud (aceleración): se presenta como ejemplo una aceleración de 10 m/s².</p> <p>Frecuencia: se analizan umbrales de percepción vibrotáctil entre 8 y 500 Hz, con especial énfasis en frecuencias > 40 Hz, asociadas a mayor deterioro sensorial.</p>	<p>A mayor magnitud de vibración, menor tiempo requerido para alcanzar la misma prevalencia de SVMB. Esto sugiere una relación dosis-tiempo inversa. SVMB y neuropatía difusa tienen evidencia epidemiológica que respalda una asociación con la exposición a vibraciones, aunque los mecanismos patogénicos no están completamente esclarecidos.</p> <p>La magnitud de la asociación varía según el tipo de herramienta, frecuencia de vibración, duración e intermitencia de la exposición.</p> <p>La carencia de modelos de riesgo específicos para cada tipo de herramienta y patología limita la precisión diagnóstica y predictiva.</p> <p>La intermitencia y la frecuencia de</p>

				vibración son variables críticas que deben incluirse en futuros modelos de exposición-respuesta.
Griffin (2012)	Revisión sistemática	<p>En los estudios experimentales incluidos se reportaron exposiciones breves y controladas:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 15 minutos de vibración continua en varios experimentos. – 30 minutos en estudios con incremento progresivo de la magnitud de la vibración. – 5 minutos en estudios que evaluaron cambios temporales en los umbrales vibrotáctiles. 	<p>Frecuencia: exposiciones entre 16 y 315 Hz, con énfasis en 16, 31.5, 63, 125, 250 y 315 Hz. Se señala escasa evidencia experimental para frecuencias > 400 Hz.</p> <p>Magnitud (aceleración): valores entre 0.5 y 15 m/s² (aceleración no ponderada). En algunos estudios se utilizó una aceleración ponderada de 5.5 m/s² conforme a ISO 5349-1:2001.</p> <p>Intensidad: evaluada mediante velocidad de vibración en estudios específicos.</p>	<p>Correlación entre umbral vibro táctil y vasoconstricción: Se observó que sujetos con umbrales más bajos (mayor sensibilidad) presentaron mayores reducciones en el flujo sanguíneo cuando la magnitud de la vibración superaba su umbral individual. Esto sugiere una asociación directa entre la sensibilidad vibro táctil y la respuesta vascular.</p> <p>Relación frecuencia– vasoconstricción: Las frecuencias entre 125 y 315 Hz provocaron mayores reducciones en el flujo sanguíneo que las frecuencias más bajas (16–63 Hz), incluso cuando la aceleración ponderada era la misma. Esto indica que la frecuencia de la vibración tiene un</p>

				efecto no lineal sobre la respuesta fisiológica.
Gemne (1994)	Revisión narrativa	Los grupos ocupacionales incluidos en los estudios base del modelo ISO 5349 trabajaban con herramientas vibrantes casi diariamente y durante toda la jornada, aunque no se especifica con precisión el tiempo efectivo de contacto con la herramienta. Como ejemplo ilustrativo, se menciona una exposición de 4 horas diarias durante 17 años en trabajadores italianos.	Magnitud (aceleración, rms): se reportan valores ejemplificativos de 2.9 m/s ² y 23 m/s ² . Frecuencia: el estándar ISO 5349 aplica una ponderación que asume una disminución del daño con frecuencias superiores a 16 Hz (6 dB por octava). No obstante, el autor cuestiona esta ponderación, señalando que se basa principalmente en efectos sensoriales agudos y podría no representar adecuadamente el daño vascular crónico. Intensidad: se destaca la relevancia de la vibración impulsiva (p. ej., herramientas percutoras) y de las frecuencias altas, que podrían no estar bien capturadas por el modelo ISO.n el modelo ISO.	Asociaciones observadas: Mayor prevalencia de SVMB en trabajadores expuestos a herramientas con alta aceleración. Asociación entre SVMB y temperatura reducida en extremidades (indicador de hiperactividad simpática). Asociación entre SVMB y daño endotelial (vasodilatación reducida en respuesta a metacolina). 2.9 m/s ² → 10% de prevalencia de SVMB después de 10 años. 23 m/s ² → latencia estimada de 1.7 años (aunque se observó 17 años en la realidad)
Noël (2000)	Revisión narrativa	Aunque el artículo no presenta datos primarios, cita estudios previos como el de Nilsson et al., donde se reportan los siguientes rangos de exposición: <ul style="list-style-type: none"> – 4 años de exposición. – Entre 5 y 9 años de exposición. – Más de 10 años de exposición. 	El artículo no especifica valores exactos de magnitud, intensidad o frecuencia de las vibraciones. Se hace referencia a herramientas neumáticas y maquinaria vibratoria como fuentes de exposición. Además, se menciona que el fenómeno de Raynaud puede ocurrir	Odds Ratio (OR): Nilsson et al. reportan un OR que aumenta 11% por cada año de exposición. No se presentan otros valores estadísticos como RR (riesgo relativo) o

			incluso si solo una mano está expuesta.	coeficientes de correlación, pero se mencionan correlaciones entre niveles plasmáticos de Endotelina-1 (ET1) y severidad de lesiones vasculares. Se informa un 8% de prevalencia de fenómeno de Raynaud después de 4 años de exposición. 84% entre 5 y 9 años. 94% después de 10 años.
--	--	--	---	--

Elaboración propia

Interpretación de resultados

Se trata de una condición multifactorial con una relación causal sólida respecto a la exposición prolongada a vibraciones. La evidencia epidemiológica respalda una relación dosis-respuesta, en la que la frecuencia, magnitud, duración de la exposición y las características individuales influyen en la aparición y severidad de los síntomas. Los modelos actuales de predicción de riesgo requieren ajustes, especialmente en lo relativo a la absorción de energía, la frecuencia de vibración y la intermitencia de la exposición. La coexistencia con otras patologías y la variabilidad individual dificultan el diagnóstico, lo que subraya la necesidad de evaluaciones más integrales y personalizadas.

Discusión

La mayoría de los estudios realizó un análisis conjunto de patologías y factores de riesgo, no de forma específica a una patología o exposición a vibraciones en particular, a excepción de síndrome del túnel carpiano y síndrome de vibración mano brazo que evaluaba la asociación en forma independiente. Además, se concentró la mayor cantidad de estudios en estas patologías distales, y con menor volumen de evidencia para segmentos proximales como hombro y codo, este último contaba solo con un estudio de asociación, lo cual fue un hallazgo inesperado debido a la prevalencia de estas patologías en el contexto laboral.

La evidencia científica indica que la exposición prolongada a vibraciones mano-brazo se asocia positivamente con las patologías musculoesqueléticas descritas (principalmente segmentos distales), aunque la heterogeneidad entre los estudios analizados —especialmente en la forma de reportar magnitudes y periodos de exposición, con unidades variables o incluso ausentes— impide establecer resultados consistentes en este aspecto. Estos hallazgos se reportaron principalmente en sectores como la construcción, minería e industria

manufacturera. Las herramientas percutoras, como martillos neumáticos, son las fuentes de exposición más comúnmente evaluadas, con puestos administrativos utilizados como grupo control.

Los resultados de esta revisión bibliográfica nos reflejan la importancia de las vibraciones segmentarias en la generación de trastornos musculoesqueléticos de extremidad superior, tanto en lo preventivo, como en su peso específico en temas de calificación de origen. En términos normativos los autores de este documento consideramos un avance que este factor de riesgo se le otorgue visibilidad en el “protocolo de vigilancia ocupacional por exposición a factores de riesgo de trastornos musculoesqueléticos” (MINSAL, 2024). Lo anterior, permitirá efectuar gestión preventiva desde su identificación, evaluación e implementación de medidas de control en caso de que se excedan los límites permisibles establecidos. Desde la perspectiva de la calificación de origen, es necesario considerar múltiples factores, incluyendo la intensidad, duración y sinergia con otros riesgos ergonómicos (como la fuerza, tipo de agarre y repetitividad). La mera exposición a vibraciones segmentarias no justifica, por sí sola, la relación directa para calificar una enfermedad como de origen laboral (Circular SUSESO N°3847/2024). En este caso, es fundamental considerar los límites máximos permitidos de exposición a vibraciones establecidos en la normativa vigente y normativas internacionales de referencia, los cuales están especialmente diseñados para proteger la salud de los trabajadores durante periodos prolongados.

En particular, es crucial destacar que, si la exposición a vibraciones se ha mantenido por debajo de estos límites durante un período de tres años, no debería considerarse que exista una causalidad directa que justifique el origen laboral de una enfermedad atribuible exclusivamente al factor vibración mano-brazo. Por otra parte, en el espíritu de implementar medidas preventivas para los grupos de exposición que se mantienen en los lugares de trabajo posterior a una calificación de Enfermedad Profesional, se ha producido que, al tener exposiciones bajas (en valor cumple o tolerable), las empresas no tienen margen respecto a implementar medidas.

Dentro de las limitaciones de nuestro estudio se identifican las inherentes al tipo de estudio realizado (revisión narrativa), el cual implica un resumen y contexto general del tema en estudio de forma cualitativa, que permite identificar tendencias y vacíos. Lo anterior implica que no se realizó el análisis del riesgo de sesgo en los estudios, ni tampoco un metaanálisis de los resultados, por lo que se debe interpretar con cautela las conclusiones indicadas ya que se requieren estudios adicionales con otro carácter metodológico para poder establecer directrices o tomar decisiones técnicas al respecto de normativas.

Futuras investigaciones podrían incluir metaanálisis por cada patología, además de la necesidad de estudios longitudinales de cohortes actualizados.

Conclusiones

Considerando las limitaciones señaladas en la sección anterior, es posible establecer las siguientes conclusiones:

1. Existen asociaciones positivas entre el factor de riesgo vibraciones segmentarias y patologías del miembro superior. La evidencia es más contundente en el segmento distal principalmente asociados al Síndrome Vibratorio Mano-Brazo y el Síndrome del túnel del carpo, donde el factor de riesgo por sí solo tiene gran relevancia en la generación de estas lesiones. Estos hallazgos son consistentes con lo reportado por NIOSH (1997).
2. Pese a que existe asociación positiva para epicondilitis la evidencia es escasa (solo 1 estudio reporta esta asociación positiva y pese a ser un metaanálisis, este estudio analiza además otros factores de riesgo y otras patologías). Respecto a patologías de hombro la evidencia es limitada (solo 3 estudios) y la asociación varía de leve a moderada considerando largos períodos de exposición.
3. En la mayor parte de los estudios analizados los períodos de exposición acumulada a vibraciones segmentarias son bastantes largos. La prevalencia de los trastornos generados aumenta exponencialmente de acuerdo la cantidad de años y/o horas de exposición acumulada al que se exponen las personas trabajadoras.
4. Los entornos, donde predominan los estudios analizados son la construcción, minería e industria manufacturera.
5. Martillos neumáticos y herramientas percutoras son fuente más común de exposición evaluada.

Esta revisión preliminar nos muestra la necesidad de generar mayor conocimiento y evidencia empírica del efecto de las vibraciones mano brazo en la generación de patologías musculoesqueléticas de extremidades superiores, como ya hemos mencionado, los artículos científicos son escasos en los últimos 10 años lo que evidencia esta necesidad. Asimismo, es recomendable revisar y analizar los criterios normativos existentes, particularmente aquello que hace referencia a la presencia del factor en magnitudes tolerables y periodos de exposición de 3 años para determinar patologías laborales.

Referencias

- Aarhus, L., Veiersted, K. B., Nordby, K.-C., & Bast-Pettersen, R. (2019). Neurosensory component of hand-arm vibration syndrome: A 22-year follow-up study. *Occupational Medicine*. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqz029>
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists. (2023). TLVs® and BEIs®: Threshold limit values for chemical substances and physical agents & biological exposure indices. ACGIH.
- American National Standards Institute. (2006). ANSI/ASA S2.70-2006: Guide for the measurement and evaluation of human exposure to vibration transmitted to the hand. ANSI.
- Barcenilla, A., March, L. M., Chen, J. S., & Sambrook, P. N. (2011). Carpal tunnel syndrome and its relationship to occupation: A meta-analysis. *Rheumatology*, 50(11), 1955–1964. <https://doi.org/10.1093/rheumatology/ker108>
- Bernard, B. P. (Ed.). (1997). *Work-related musculoskeletal disorders and workplace factors: A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back* (NIOSH Publication No. 97-141). U.S. Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). <https://www.cdc.gov/niosh/docs/97-141>
- Bovenzi, M. (2012). Epidemiological evidence for new frequency weightings of hand-transmitted vibration. *Industrial Health*, 50(5), 377–387. <https://doi.org/10.2486/indhealth.ms1382>
- Chen, Q., Chen, G., Xiao, B., Lin, H., Qu, H., Zhang, D., Shi, M., Lang, L., Yang, B., & Yan, M. (2016). Nailfold capillary morphological characteristics of hand-arm vibration syndrome: A cross-sectional study. *BMJ Open*, 6(11), e012983. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2016-012983>
- Chetter, I. C., Kent, P. J., & Kester, R. C. (1998). The hand-arm vibration syndrome: A review. *Journal of Vascular Surgery*, 27(1), 1–8. [https://doi.org/10.1016/s0967-2109\(97\)00090-2](https://doi.org/10.1016/s0967-2109(97)00090-2)
- Cooke, R. A. (2003). Hypothenar hammer syndrome: A discrete syndrome to be distinguished from hand-arm vibration syndrome. *Occupational Medicine*, 53(5), 320–324. <https://doi.org/10.1093/occmed/kqg071>
- Dahlin, L. B., & Lundborg, G. (2001). Vibration-induced hand problems: Role of the peripheral nerves in the pathophysiology. *Scandinavian Journal of Plastic and Reconstructive Surgery and Hand Surgery*, 35(3), 225–232. <https://doi.org/10.1080/028443101750523122>
- Dong, R. G., Rakheja, S., Schopper, A. W., Han, B., & Smutz, W. P. (2001). Hand-transmitted vibration and biodynamic response of the human hand-arm: A critical review. *Critical Reviews in Biomedical Engineering*, 29(4), 393–439. <https://doi.org/10.1615/critrevbiomedeng.v29.i4.20>
- Fridén, J. (2001). Vibration damage to the hand: Clinical presentation, prognosis and length and severity of vibration required. *Journal of Hand Surgery (British and European Volume)*, 26(3), 195–199. <https://doi.org/10.1054/jhsb.2001.0633>
- Gemne, G. (1995). Where is the research frontier for hand-arm vibration? *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 21(6), 449–455. <https://doi.org/10.5271/sjweh.124>
- Gemne, G. (1997). Diagnostics of hand-arm system disorders in workers who use vibrating tools. *Occupational and Environmental Medicine*, 54(2), 90–95. <https://doi.org/10.1136/oem.54.2.90>
- Gerger, H., Sogaard, K., Macri, E. M., Jackson, J. A., Elbers, R. G., van Rijn, R. M., Koes, B., Chiarotto, A., & Burdorf, A. (2023). Exposure to hand-arm vibrations in the workplace and the occurrence of hand-arm vibration syndrome, Dupuytren's contracture, and hypothenar

- hammer syndrome: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 20(7), 257–267. <https://doi.org/10.1080/15459624.2023.2197634>
- Griffin, M. J. (2012). Frequency-dependence of psychophysical and physiological responses to hand-transmitted vibration. *Industrial Health*, 50(5), 354–370. <https://doi.org/10.2486/indhealth.ms1379>
- International Organization for Standardization. (2001). ISO 5349-1: Mechanical vibration — Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration — Part 1: General requirements. ISO.
- Keir, P. J., Farias Zuniga, A., Mulla, D. M., & Somasundram, K. G. (2021). Relationships and mechanisms between occupational risk factors and distal upper extremity disorders. *Human Factors*, 63(1), 5–31. <https://doi.org/10.1177/0018720819860683>
- Lozano-Calderón, S., Anthony, S., & Ring, D. (2008). The quality and strength of evidence for etiology: Example of carpal tunnel syndrome. *The Journal of Hand Surgery (American Volume)*, 33(4), 525–538. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2008.01.004>
- Ministerio de Salud, Subsecretaría de Salud Pública. (2024). *Protocolo de vigilancia ocupacional por exposición a factores de riesgo de trastornos musculoesqueléticos V2 (Resolución exenta N° 1660)*. Departamento de Salud Ocupacional, División de Políticas Públicas Saludables y Promoción.
- Noël, B. (2000). Pathophysiology and classification of the vibration white finger. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 73(6), 350–355. <https://doi.org/10.1007/s004200000118>
- Organización Internacional del Trabajo. (1998). *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo* (cap. 50: Vibraciones). OIT.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pelmear, P. L., & Leong, D. (2000). Review of occupational standards and guidelines for hand-arm (segmental) vibration syndrome (HAVS). *Journal of Toxicology and Environmental Health Part A*, 61(4), 351–362. <https://doi.org/10.1080/104732200301610>
- Pelmear, P. L., & Taylor, W. (1994). Carpal tunnel syndrome and hand-arm vibration syndrome: A diagnostic enigma. *Archives of Neurology*, 51(2), 180–184. <https://doi.org/10.1001/archneur.1994.00540160118015>
- Scholz, M. F., Brammer, A. J., & Marburg, S. (2023). Exposure-response relation for vibration-induced white finger: Inferences from a published meta-analysis of population groups. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 96(5), 757–770. <https://doi.org/10.1007/s00420-023-01965-w>
- Seidler, A., Romero Starke, K., Freiberg, A., Hegewald, J., Nienhaus, A., & Bolm-Audorff, U. (2020). Dose-response relationship between physical workload and specific shoulder diseases: A systematic review with meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(4), 1243. <https://doi.org/10.3390/ijerph17041243>
- Superintendencia de Seguridad Social (SUSESO). (2018). *Compendio de normas del Seguro Social de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales. Libro III: Denuncia, calificación y evaluación de incapacidades permanentes*.
- Szymanska, J. (2001). Dentist's hand symptoms and high-frequency vibration. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 14(3), 299–305.

- van der Molen, H. F., Foresti, C., Daams, J. G., Frings-Dresen, M. H. W., & Kuijer, P. P. F. M. (2017). Work-related risk factors for specific shoulder disorders: A systematic review and meta-analysis. *Occupational and Environmental Medicine*, 74(10), 745–755. <https://doi.org/10.1136/oemed-2017-104339>
- van Rijn, R. M., Huisstede, B. M., Koes, B. W., & Burdorf, A. (2010). Associations between work-related factors and specific disorders of the shoulder: A systematic review of the literature. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 36(3), 189–201. <https://doi.org/10.5271/sjweh.2895>
- Viikari-Juntura, E., & Silverstein, B. (1999). Role of physical load factors in carpal tunnel syndrome. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 25(3), 163–185. <https://doi.org/10.5271/sjweh.423>
- Wang, L., Zhang, C., Zhang, Q., Zhang, K., & Zeng, X. (2005). The study on hand-arm vibration syndrome in China. *Industrial Health*, 43(3), 480–484. <https://doi.org/10.2486/indhealth.43.480>



Todos los contenidos de la revista **Ergonomía, Investigación y Desarrollo** se publican bajo una [Licencia Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) y pueden ser usados gratuitamente, dando los créditos a los autores y a la revista, como lo establece la licencia