



Vendedora de periódicos.

León Ruiz (1933)

Crédito: Biblioteca Pública Piloto de Medellín,  
(Colección Patrimonial, archivo fotográfico).

#### Volumen 42, 2023

DOI: <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.e355563>

Recibido: 12/12/2023

Aprobado: 20/03/2024

Publicado: 11/07/2024

#### Cita:

Pacheco M, Hernández J, Aguilar J. Evaluación de la fuerza manual: implicaciones en la salud pública y prevención de lesiones laborales. Rev. Fac. Nac. Salud Pública. 2024;42:e355563  
doi: <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.e355563>



Check for updates



© Universidad de Antioquia

Esta obra se distribuye bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NonCommercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

## Evaluación de la fuerza manual: implicaciones en la salud pública y prevención de lesiones laborales\*

Mayra Pacheco Cardín<sup>1</sup>, Juan Luis Hernández Arellano<sup>2</sup>, Julián Israel Aguilar Duque<sup>3</sup>,

<sup>1</sup> Maestría en Ciencias de la Planificación y Desarrollo Regional. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Tecnológico Nacional de México. México. [al220727@alumnos.uacj.mx](mailto:al220727@alumnos.uacj.mx), [mayra.pc@merida.tecnm.mx](mailto:mayra.pc@merida.tecnm.mx)

<sup>2</sup> Doctorado en Ciencias en Ingeniería. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. México. [luis.hernandez@uacj.mx](mailto:luis.hernandez@uacj.mx)

<sup>3</sup> Doctorado en Ciencias de la Ingeniería Avanzada. Universidad Autónoma de Baja California. México. [julian.aguilar@uabc.edu.mx](mailto:julian.aguilar@uabc.edu.mx)

### Resumen

**Objetivo:** Este estudio aborda el desarrollo de una metodología de evaluación de la fuerza manual, investigando las diferencias y correlaciones entre ambas manos, así como entre géneros, con el fin de aportar conocimiento relevante para el diseño de políticas de prevención de lesiones laborales.

**Metodología:** Mediante una muestra representativa y segmentada por género, se midieron las fuerzas manuales de agarre y torsión —elementos críticos en el diseño ergonómico y en la mitigación de riesgos ocupacionales— en ambas manos, utilizando un dinamómetro y un kit de torque para medición de fuerzas. Se implementaron análisis estadísticos para evaluar la normalidad de los datos y comparar las fuerzas entre manos y géneros.

**Resultados:** Se observó una uniformidad en la fuerza de agarre entre las manos, mientras que la fuerza de torsión fue predominantemente mayor en la mano derecha, sugiriendo dominancia manual. Aunque la fuerza de agarre se distribuyó normalmente, la de torsión presentó variaciones basadas en el género. También se identificaron diferencias significativas y una correlación positiva entre las fuerzas de ambas manos, lo que resalta la importancia de la simetría en la capacidad de fuerza para la prevención de lesiones.

**Conclusión:** La metodología presentada proporciona un marco integral para evaluar la fuerza manual con implicaciones directas en la salud pública. Los resultados recalcan la necesidad de considerar diferencias de la fuerza manual en el diseño de intervenciones ergonómicas y protocolos de seguridad laboral. Este trabajo establece un precedente para el uso de evaluaciones de la fuerza manual en la prevención de lesiones, ofreciendo una base sólida para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas más allá de las fronteras regionales.

-----**Palabras clave:** ergonomía, fuerza manual de agarre, fuerza manual de torsión, perfil de fuerza manual, prevención de accidentes, seguridad laboral

\* Artículo derivado de la investigación de tesis doctoral iniciada en enero de 2022 y que se encuentra en curso: “Desarrollo de modelos predictivos de cambios antropométricos y correlacionales de fuerza de agarre y torsión manual de la población económicamente activa del norte del estado de Campeche”, registrado en el Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica para el Doctorado en Ciencias de la Ingeniería Avanzada de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. (AL220727).

## Manual strength assessment: implications for public health and occupational injury prevention

### Abstract

**Objective:** This study addresses the development of a manual strength assessment methodology, investigating the differences and correlations between both hands, as well as between genders, in order to provide relevant knowledge for the design of occupational injury prevention policies.

**Methodology:** By means of a representative sample segmented by gender, manual grip and twisting forces -critical elements in ergonomic design and occupational risk mitigation- were measured in both hands, using a dynamometer and a torque kit for force measurement. Statistical analyses were implemented to evaluate the normality of the data and to compare forces between hands and genders.

**Results:** Uniformity in grip strength was observed between hands, while torque strength was predominantly higher in the right hand, suggesting manual dominance. Although grip strength was normally distributed, twisting strength presented variations based on gender. Significant differences and a positive correlation between the strengths of both hands were also identified, highlighting the importance of symmetry in strength capacity for injury prevention.

**Conclusion:** The methodology presented provides a comprehensive framework for assessing manual force with direct public health implications. The results underscore the need to consider manual force differences in the design of ergonomic interventions and occupational safety protocols. This work establishes a precedent for the use of manual force assessments in injury prevention, providing a solid foundation for future research and practical applications beyond regional boundaries.

-----*Keywords:* ergonomics, manual grip force, manual twisting force, manual force profile, accident prevention, occupational safety.

## Avaliação da força manual: implicações para a saúde pública e a prevenção de lesões ocupacionais

### Resumo

**Objetivo:** Este estudo aborda o desenvolvimento de uma metodologia de avaliação da força manual, investigando as diferenças e correlações entre ambas as mãos, bem como entre os gêneros, a fim de fornecer conhecimentos relevantes para a elaboração de políticas de prevenção de lesões ocupacionais.

**Metodologia:** Usando uma amostra representativa segmentada por gênero, as forças manuais de prensão e torção - elementos críticos no projeto ergonômico e na mitigação de riscos ocupacionais - foram medidas em ambas as mãos, usando um dinamômetro e um kit de torque para medição de força. Análises estatísticas foram implementadas para avaliar a normalidade dos dados e para comparar as forças entre as mãos e os gêneros.

**Resultados:** Foi observada uniformidade na força de prensão entre as mãos, enquanto a força de torque foi predominantemente maior na mão direita, sugerindo dominância manual. Embora a força de prensão tenha sido distribuída normalmente, a força de torção variou de acordo com o gênero. Também foram identificadas diferenças significativas e uma correlação positiva entre as forças de ambas as mãos, destacando a importância da simetria na capacidade de força para a prevenção de lesões.

**Conclusão:** A metodologia apresentada fornece uma estrutura abrangente para avaliar a força manual com implicações diretas na saúde pública. Os resultados ressaltam a necessidade de considerar as diferenças de força manual no projeto de intervenções ergonômicas e protocolos de segurança ocupacional. Este trabalho estabelece um precedente para o uso de avaliações de força manual na prevenção de lesões, fornecendo uma base sólida para pesquisas futuras e aplicações práticas além das fronteiras regionais.

-----*Palavras-chave:* ergonomia, força de prensão manual, força de torção manual, perfil de força manual, prevenção de acidentes, segurança ocupacional.

## Introducción

La *fuerza muscular* se define como una habilidad motriz humana utilizada en el trabajo para superar tanto la oposición externa como interna para crear movimiento [1]. Dentro de este contexto, la *fuerza manual* es un tipo específico de fuerza muscular que se manifiesta en las extremidades superiores, especialmente en las manos.

La capacidad de la mano para adaptarse y utilizar el objeto que sostiene depende de la fuerza de sus músculos [2] y de las dimensiones de los músculos esqueléticos de la mano [3]. Una mayor fuerza muscular en las extremidades superiores está relacionada con la calidad del agarre y el valor de la fuerza ejercida [4]. En relación con esto, el *perfil de fuerza manual* se caracteriza por la evaluación de cómo los músculos de las manos y los brazos resisten y responden a fuerzas aplicadas externamente, proporcionando una medida detallada de la fuerza que se puede generar y mantener bajo diversas condiciones. Este perfil es fundamental para el diagnóstico y la monitorización en contextos clínicos y rehabilitadores, donde se valora la capacidad funcional de los músculos afectados por condiciones neuromusculares o degenerativas [5].

Existen ocupaciones, tales como trabajos mecánicos [6], agrícolas [7-10] y de manufactura [11-13], que demandan que el trabajador ejerza fuerza sobre los mangos de las herramientas o controles de las máquinas que utiliza [4,14,15]. Tanto las máquinas como las herramientas manuales —como destornilladores, llaves inglesas, alicates, etc.— son utilizadas para compensar las limitaciones de fuerza, destreza y resistencia del ser humano al realizar tareas manuales [16,17]. A pesar de la automatización y los avances tecnológicos, dichos dispositivos se siguen utilizando ampliamente en diversas industrias [18]. Estos instrumentos siguen siendo una importante interfaz entre los usuarios finales y el trabajo [10,19,20].

El uso frecuente de herramientas manuales con un diseño inadecuado puede provocar alteraciones fisiológicas debidas a lesiones por esfuerzo repetitivo, pinzamiento de nervios, tensión muscular, etc., lo que, en consecuencia, implica una reducción del rendimiento y un aumento de las bajas laborales [16,17,21]. Lesiones en hombro, muñeca, mano y dedos, particularmente causadas por herramientas manuales sin motor, representan una alta incidencia en lesiones de las extremidades superiores [15,22]. En México, este fenómeno se refleja en el ámbito empresarial, donde las lesiones laborales se han convertido en un problema creciente.

La problemática de los trastornos musculoesqueléticos en el segmento mano-brazo, tales como el síndrome del túnel carpiano, ha capturado la atención de investi-

gadores y profesionales de la salud ocupacional, debido a su impacto en la productividad laboral. Estas afecciones resultan en un mayor número de días de trabajo perdidos que todas las demás lesiones y enfermedades no mortales [6]. Es indiscutible que torsiones extremas, movimientos repetitivos, posturas incómodas y factores de tensión mecánica local están vinculados con el desarrollo de trastornos musculoesqueléticos en el segmento mano-brazo [10,16-20,23].

Según datos del Instituto Mexicano del Seguro Social [24], lesiones como las del hombro, los síndromes de Quervain y del túnel carpiano, epicondilitis, y otras condiciones como sinovitis, tenosinovitis y bursitis, se encuentran entre las quince lesiones laborales de mayor incidencia. Estas condiciones podrían mitigarse mediante la integración de prácticas ergonómicas que intervengan en la evaluación, el diseño y el rediseño de actividades y puestos de trabajo [25]. Sin embargo, pese a estos esfuerzos, existe un vacío notorio en el conocimiento relacionado con la caracterización de la fuerza manual de agarre y torsión en la población laboral [26,27].

Esta falta de información se vuelve relevante en el contexto del norte del estado de Campeche, donde no se cuenta con estudios que aborden esta problemática desde una perspectiva demográfica que contemple variables como la edad y el género. Este estudio, por lo tanto, se enfocó en cubrir esta brecha en la literatura científica, con la finalidad de desarrollar una metodología de evaluación, investigando las diferencias y correlaciones entre ambas manos, así como entre géneros, que permita no solo determinar los niveles de fuerza manual en la población laboralmente activa de la región, sino también de realizar comparativas por grupos de edad y género, con el fin de aportar conocimiento relevante para la salud pública que sirva para el diseño de intervenciones ergonómicas y políticas de prevención en el ámbito laboral [27]. A través de esta investigación, se proporciona una herramienta para el desarrollo de herramientas y equipos más ergonómicos, para promover una mejora significativa en la salud pública de la región [28].

## Metodología

El estudio se orientó por un diseño transversal descriptivo correlacional, con muestreo aleatorio, estratificado por conveniencia.

La investigación se realizó a una muestra aleatoria estratificada por conveniencia de la población económicamente activa de los municipios Hecelchakán, Calkiní y Tenabo del estado de Campeche. Los criterios de inclusión consistieron en que el individuo participante fuera biológicamente hombre o mujer, se encontrara en

el rango de edad de 15<sup>†</sup> a 65 años y que fuera residente nacido en el estado de Campeche. Se excluyó del estudio a mujeres en período de gestación o individuos que presentasen alguna deformación o patología que modificara sus características corporales.

De acuerdo con la última encuesta nacional de población y vivienda, la población económicamente activa reportada en la zona norte del estado de Campeche,

que comprende los municipios de Calkiní, Hecelchakán y Tenabo, era de 66 571 personas, 33 880 mujeres y 31 802 hombres [29]. Con base en esta información, se determinó un tamaño de muestra de 382 sujetos, con un nivel de confianza de 95 % y un error esperado de 5 %.

Para determinar el número de individuos en la muestra para cada estrato, se tomaron los porcentajes que representan en el total de la población, quedando la muestra como se observa en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Determinación del tamaño de muestra dividida por estratos

Estratos		Población total	Porcentaje (%)	Tamaño de la muestra
Mujeres	De 15 a 19	4138	6,2	24
	De 20 a 29	8377	12,6	48
	De 30 a 49	14 773	22,2	85
	De 50 a 59	4804	7,2	28
	De 60 a 65	1788	2,7	10
<i>Total mujeres</i>		33 880	50,9	195
Hombres	De 15 a 19	4323	6,5	25
	De 20 a 29	8183	12,3	47
	De 30 a 49	14 001	21,0	80
	De 50 a 59	4439	6,7	25
	De 60 a 65	1745	2,6	10
<i>Total hombres</i>		32 691	49,1	187
<i>Total</i>		66 571	100	382

## Determinación de las mediciones de fuerza manual a incluir en el estudio

De acuerdo con la revisión de la literatura, se determinaron como fuerzas manuales relevantes para incluir en el estudio la medición de la fuerza de agarre y la medición de la fuerza de torsión de ambas manos. Estas mediciones, permiten determinar la capacidad de fuerza de la población a fin de que sean consideradas en el diseño de estaciones de trabajo, herramientas y maquinarias según las principales actividades económicas que se realizan en la región. Según datos la última encuesta nacional de población y vivienda, en los municipios de Calkiní, Hecelchakán y Tenabo, estas actividades pertenecen principalmente a las industrias manufactureras, comercio al por menor, y servicios de alojamiento temporal y de

preparación de alimentos y bebidas, que juntas emplean a una proporción significativa de la población económicamente activa.

## Instrumentos de medición

Para medir la fuerza de agarre manual, se utilizó un dinamómetro de alta precisión marca Camry® [31], con una capacidad máxima de 90 kg, con divisiones de 0,01 kg y una tolerancia de  $\pm 0,5$  kg. Para medir la fuerza de torsión manual, se utilizó el kit para medición de fuerza de torsión Ergotorsión® [32], un torquímetro marca Quinn® con capacidad para registro de fuerzas de 40 a 200 Nm, la base portátil para medición de la fuerza de torsión y la perilla circular de 762 mm de diámetro [33].

<sup>†</sup> En México, la edad mínima legal para trabajar es de 15 años, según lo establecido en la Ley Federal del Trabajo, artículos 5, 22 y 22bis [29]. Sin embargo, existen restricciones y condiciones específicas para la contratación de menores de edad entre 15 y 18 años, como la necesidad de contar con el permiso de los padres o tutores, y que el trabajo no interfiera con su educación obligatoria ni ponga en riesgo su salud, seguridad o moralidad. Además, está prohibido emplear a menores de 15 años en cualquier tipo de trabajo. El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática establece el rango de edad de la población económicamente activa de 15 a 65 años [30].

## Levantamiento de datos al medir las fuerzas manuales elegidas

La medición de la fuerza manual se tomó a la muestra seleccionada. Para la medición de la fuerza de agarre, se aplicó una adaptación del protocolo de Caldwell, proporcionando el dinamómetro al sujeto, quien generaba fuerza con la mano, gradualmente, durante los

dos primeros segundos, mientras que en los últimos tres segundos se ejercía la máxima contracción muscular. Se contaron los segundos en voz alta, a fin de que el sujeto identificara en qué momento debía comenzar y terminar la prueba. Al concluir la medición, se solicitó que repitiera el procedimiento con la otra mano. En la Figura 1 se muestra el procedimiento para medición de fuerza de agarre con el dinamómetro.

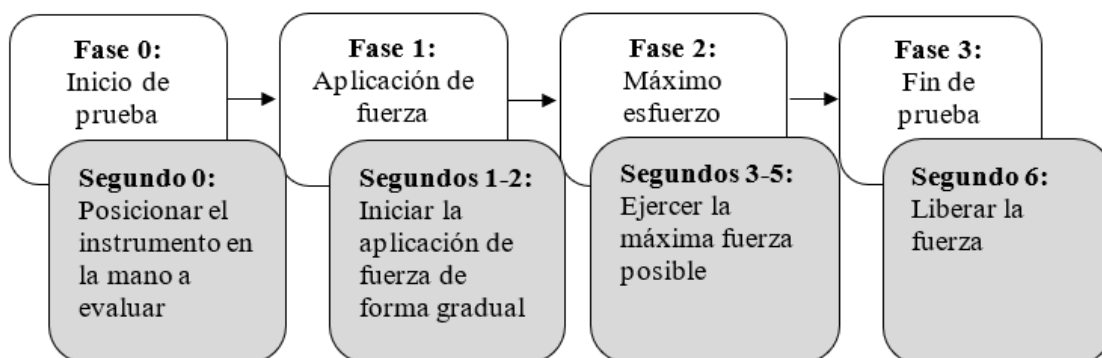


Figura 1. Procedimiento para medición de fuerza de agarre con el dinamómetro

Se inició con una entrevista, para recoger información sociodemográfica básica, consistente en sexo, localidad de origen, fecha de nacimiento, edad, situación laboral actual (empleado o desempleado), sector en el que labora (primario, secundario, terciario), actividad laboral, relación familiar (en el caso de mediciones de familiares).

Posteriormente, se efectuaron las mediciones de fuerza manual de agarre con ambas manos y de fuerza de torsión con ambas manos. La medición de las fuerzas manuales de agarre se realizó con el dinamómetro Camry® con ambas manos, siguiendo la metodología de Caldwell [34]. La medición de la fuerza manual de torsión se utilizó la base cilíndrica con el torquímetro adaptado y la perilla circular de 76 mm de diámetro, siguiendo el método de aplicación de fuerza máxima voluntaria, solicitando que aplicaran fuerza de torsión máxima cubital/radial de la muñeca con ambas manos.

## Procesamiento de la información

La información fue recolectada en una hoja de cálculo de Microsoft Excel®, para posteriormente ser procesada con el *software* de IBM® SPSS® (Versión 25) y generar los percentiles 5, 10, 25, 75, 90 y 95, así como la media y la desviación estándar para la fuerza de agarre y fuerza de torsión manual.

## Análisis de datos

El análisis estadístico de los datos se llevó a cabo en varias etapas, para lograr una caracterización de la fuerza de agarre y de torsión en la población estudiada.

Inicialmente, se efectuó una revisión y validación de los datos recopilados, para identificar y corregir posibles errores. Luego, se realizaron pruebas de normalidad, aplicando la prueba Kolmogorov-Smirnov para determinar si los datos se ajustaban a una distribución normal, lo cual es crucial para la selección de las técnicas estadísticas a aplicar. Una vez validada la distribución, los datos se estratificaron y agruparon en percentiles, para facilitar su interpretación.

Finalmente, se efectuó un análisis comparativo de las fuerzas de agarre y de torsión entre diferentes grupos de edad y género. Este último paso permitió identificar diferencias significativas en las fuerzas manuales entre los distintos subgrupos, contribuyendo a una comprensión más completa de las variabilidades en la población económicamente activa del norte del estado de Campeche.

## Aspectos éticos

Los sujetos fueron informados del propósito y uso de la información, cumpliendo con los lineamientos autorizados por el Comité de Ética e Investigación de la Univer-

idad Autónoma de Ciudad Juárez (Folio de autorización CEI-2022-2-742).

Durante la sesión de medición, se explicó brevemente a cada sujeto participante el propósito de la investigación y se le preguntó si deseaba participar en ella. Los que decidieron participar, se les leyó, explicó y solicitó la firma en el consentimiento informado, garantizándoles el uso anónimo y el correcto manejo de la información proporcionada, así como de los datos recolectados, los cuales se utilizarían exclusivamente para la investigación.

## Resultados

Para la medición de la fuerza de torsión manual, se aplicó el método del máximo esfuerzo voluntario, proporcionando al participante el torquímetro colocado en la base portátil, solicitándole que tomara la perilla del torquímetro con la mano y realizara el giro, hasta alcanzar el máximo esfuerzo que le fuera posible, y posteriormente liberar la fuerza. Se repetía la prueba con la otra mano.

En la Tabla 2 se resumen los estadísticos descriptivos y los resultados de las pruebas de normalidad para la fuerza manual de hombres y mujeres.

**Tabla 2.** Estadísticos descriptivos y resultados de prueba de normalidad para la fuerza manual de hombres y mujeres

	Variable	Media	Mediana	Desviación estándar	Rango	Prueba de Kolmogorov-Smirnov (D, p)*
Hombres	Fuerza de agarre mano derecha	33,65 kg	33,80 kg	8,65	43,80 kg	$D = 0,037$ $p = 0,200$
	Fuerza de agarre mano izquierda	32,18 kg	32,20 kg	8,44	43,80 kg	$D = 0,045$ $p = 0,200$
	Fuerza de torsión mano derecha	9,38 Nm	9,22 Nm	2,36	12,88 Nm	$D = 0,063$ $p = 0,200$
	Fuerza de torsión mano izquierda	8,65 Nm	8,13 Nm	2,32	10,58 Nm	$D = 0,111$ $p = 0,000$
Mujeres	Fuerza de agarre mano derecha	19,89 kg	20,00 kg	5,98	27,7 kg	$D = 0,054$ $p = 0,200$
	Fuerza de agarre mano izquierda	17,81 kg	17,90 kg	5,32	23,9 kg	$D = 0,038$ $p = 0,200$
	Fuerza de torsión mano derecha	5,91 Nm	5,83 Nm	2,13	11,52 Nm	$D = 0,050$ $p = 0,200$
	Fuerza de torsión mano izquierda	5,08 Nm	5,05 Nm	1,80	9,76 Nm	$D = 0,073$ $p = 0,020$

\* *D*: Estadístico de Kolmogorov-Smirnov; *p*: Valor *p*.

Los resultados de la prueba de Kolmogorov-Smirnov indican que las mediciones de la fuerza de agarre en hombres y mujeres se ajustan a una distribución normal, con valores de *p* superiores al umbral de 0,05 (véase Tabla 2). Sin embargo, se observó una desviación significativa de la normalidad en la fuerza de torsión de la mano izquierda para ambos géneros, lo que sugiere una distribución no normal (Hombres:  $D = 0,111$ ,  $p < 0,001$ ; Mujeres:  $D = 0,073$ ,  $p = 0,020$ ). Estos hallazgos señalan la necesidad de abordar con atención las diferencias de los datos de torsión respecto a una distribución normal, al diseñar intervenciones ergonómicas y programas de prevención de lesiones laborales como estrategias efectivas para mejorar la ergonomía y seguridad en el lugar de trabajo.

Se detalla a continuación el análisis del perfil de fuerza de agarre y torsión en la población económicamente

activa del estado de Campeche, por género (en las Tablas 3 y 4). Adicionalmente se presenta la diferenciación por estratos de edad (en las Tablas 5 y 6).

Este enfoque permite una comprensión más precisa de las características de fuerza de agarre y torsión, presentando datos estadísticos esenciales, como la media, la desviación estándar y percentiles específicos (5, 10, 25, 75, 90 y 95).

Tras integrar el perfil de fuerza manual de agarre y torsión para ambos géneros en el estudio, se llevó a cabo un análisis de correlación, con el fin de evaluar la relación entre la fuerza de agarre y de torsión de la mano derecha con respecto a la mano izquierda en cada individuo. Este análisis reveló una fuerte correlación bilateral en las capacidades de fuerza, tanto en hombres como en mujeres, con correlaciones significativas ( $r = 0,848$ ,  $p < 0,001$  para agarre en hombres;  $r = 0,848$ ,

Tabla 3. Tabla de percentiles de fuerza manual de hombres

Dimensión	Media	DE	Hombres 15-65 años					
			Percentiles					
			5	10	25	75	90	95
Fuerza de agarre mano derecha (kg)	33,5	8,7	18,9	21,6	28,2	39,9	44,9	46,6
Fuerza de agarre mano izquierda (kg)	32,3	8,6	16,4	21,8	26,0	38,9	42,7	47,2
Fuerza de torsión mano derecha (Nm)	9,3	2,4	5,8	6,6	7,6	11,1	12,2	13,6
Fuerza de torsión mano izquierda (Nm)	8,6	2,4	5,0	6,0	6,9	10,0	12,4	12,9

DE: Desviación estándar.

Tabla 4. Tabla de percentiles de fuerza manual de mujeres

Dimensión	Media	DE	Mujeres 15-65 años					
			Percentiles					
			5	10	25	75	90	95
Fuerza de agarre mano derecha (kg)	19,8	6,2	9,6	10,8	15,6	23,8	28,4	30,5
Fuerza de agarre mano izquierda (kg)	17,8	5,5	8,6	10,4	13,6	21,6	25,4	27,5
Fuerza de torsión mano derecha (Nm)	5,9	1,8	3,3	3,7	4,5	6,9	8,1	8,9
Fuerza de torsión mano izquierda (Nm)	5,1	1,6	2,6	3,1	3,8	6,1	7,0	8,2

DE: Desviación estándar.

Tabla 5. Tabla de percentiles de fuerza manual de hombres estratificada por grupos de edad

Edad	Dimensión	Media	DE	Percentiles					
				5	10	25	75	90	95
15-19 años	Fuerza de agarre mano derecha (kg)	33,4	7,0	22,3	24,4	28,2	38,8	45,0	46,1
	Fuerza de agarre mano izquierda (kg)	31,5	6,0	23,0	23,6	26,2	35,8	41,4	41,9
	Fuerza de torsión mano derecha (Nm)	7,73	2,17	4,34	5,56	6,78	8,41	10,03	13,83
	Fuerza de torsión mano izquierda (Nm)	7,19	1,90	4,34	4,75	5,97	7,86	10,03	12,34
20-29 años	Fuerza de agarre mano derecha (kg)	37,4	8,4	20,4	25,0	31,3	44,4	47,6	50,3
	Fuerza de agarre mano izquierda (kg)	36,0	7,8	18,4	24,7	31,9	40,9	45,8	47,8
	Fuerza de torsión mano derecha (Nm)	9,22	2,44	4,88	6,24	7,86	10,98	11,93	13,96
	Fuerza de torsión mano izquierda (Nm)	8,41	2,30	4,47	5,69	7,05	9,90	12,47	12,88
30-49 años	Fuerza de agarre mano derecha (kg)	33,1	7,9	19,4	21,7	26,7	39,3	44,6	45,6
	Fuerza de agarre mano izquierda (kg)	32,7	8,3	18,5	22,6	27,9	37,2	46,8	48,0
	Fuerza de torsión mano derecha (Nm)	10,03	2,17	6,78	7,19	8,95	11,39	12,61	13,83
	Fuerza de torsión mano izquierda (Nm)	9,36	2,17	6,24	6,64	7,73	10,85	12,61	13,15

Edad	Dimensión	Media	DE	Percentiles					
				5	10	25	75	90	95
50-59 años	Fuerza de agarre mano derecha (kg)	29,6	7,0	13,1	17,7	23,8	34,5	37,6	-
	Fuerza de agarre mano izquierda (kg)	27,3	7,0	16,1	16,7	21,7	33,1	36,2	-
	Fuerza de torsión mano derecha (Nm)	10,17	2,44	6,51	6,91	8,54	12,20	13,96	-
	Fuerza de torsión mano izquierda (Nm)	9,22	2,44	6,10	6,64	7,59	11,12	13,83	-
60-65 años	Fuerza de Agarre mano derecha (kg)	23,1	10,8	8,6	8,6	12,2	33,5	-	-
	Fuerza de Agarre mano izquierda (kg)	20,7	7,6	9,0	9,0	15,0	27,8	-	-
	Fuerza de torsión mano derecha (Nm)	8,95	1,90	7,05	7,05	7,32	10,71	-	-
	Fuerza de torsión mano izquierda (Nm)	8,68	1,76	6,64	6,64	7,46	10,44	-	-

DE: Desviación estándar.

**Tabla 6.** Tabla de percentiles de fuerza manual de mujeres estratificada por grupos de edad

Edad	Dimensión	Media	DE	Percentiles					
				5	10	25	75	90	95
15-19 años	Fuerza de agarre mano derecha (kg)	20,4	5,2	10,6	12,8	17,5	24,0	28,7	29,9
	Fuerza de agarre mano izquierda (kg)	18,0	5,5	8,2	11,5	15,2	21,1	26,5	29,2
	Fuerza de torsión mano derecha (Nm)	5,15	1,63	2,71	3,39	4,07	6,10	7,05	8,27
	Fuerza de torsión mano izquierda (Nm)	4,47	1,63	2,44	2,71	3,66	5,02	6,78	8,13
20-29 años	Fuerza de agarre mano derecha (kg)	22,9	5,5	10,5	17,1	19,6	27,5	29,9	30,9
	Fuerza de agarre mano izquierda (kg)	20,0	5,3	9,4	13,5	16,7	23,4	27,5	28,5
	Fuerza de torsión mano derecha (Nm)	5,83	1,63	3,80	3,93	4,47	6,64	7,86	8,54
	Fuerza de torsión mano izquierda (Nm)	5,02	1,49	2,98	3,39	3,93	5,83	6,91	8,00
30-49 años	Fuerza de agarre mano derecha (kg)	19,1	6,2	9,5	10,0	14,9	22,9	27,4	30,7
	Fuerza de agarre mano izquierda (kg)	17,3	5,0	8,7	10,1	13,0	20,7	23,6	25,2
	Fuerza de torsión mano derecha (Nm)	6,51	1,76	3,39	3,80	5,42	7,73	8,68	9,36
	Fuerza de torsión mano izquierda (Nm)	5,56	1,63	2,98	3,39	4,34	6,64	7,86	8,41



Edad	Dimensión	Media	DE	Percentiles					
				5	10	25	75	90	95
50-59 años	Fuerza de agarre mano derecha (kg)	16,3	4,6	9,3	10,0	12,5	19,6	21,6	-
	Fuerza de agarre mano izquierda (kg)	15,7	4,3	10,2	10,3	12,2	18,4	21,9	-
	Fuerza de torsión mano derecha (Nm)	5,69	1,63	2,44	3,12	4,61	7,05	8,00	-
	Fuerza de torsión mano izquierda (Nm)	5,15	1,22	2,58	2,71	4,47	5,97	6,78	-
60-65 años	Fuerza de Agarre mano derecha (kg)	13,2	2,4	10,5	10,5	11,6	15,5	-	-
	Fuerza de Agarre mano izquierda (kg)	11,7	2,9	8,4	8,4	8,8	14,5	-	-
	Fuerza de torsión mano derecha (Nm)	4,75	1,36	3,12	3,12	3,53	5,97	-	-
	Fuerza de torsión mano izquierda (Nm)	3,66	0,54	3,12	3,12	3,25	4,20	-	-

DE: Desviación estándar.

$p < 0,001$  para agarre en mujeres), lo que indica una alta consistencia entre las fuerzas ejercidas por ambas manos. Sin embargo, se observó una notable asimetría en la fuerza de torsión, siendo consistentemente mayor en la mano derecha en ambos géneros ( $r = 0,794$ ,  $p < 0,001$  para torsión en hombres;  $r = 0,792$ ,  $p < 0,001$  para torsión en mujeres).

Adicionalmente, mediante la aplicación de pruebas  $t$  de muestras emparejadas, se compararon las diferencias en las medias de fuerza entre la mano derecha e izquierda, identificando diferencias significativas en las capacidades de fuerza entre ambas manos. La evaluación cuantitativa a través de la prueba  $t$  reveló diferencias estadísticamente significativas. En hombres, la diferencia media en la fuerza de agarre entre la mano derecha e izquierda fue de 1,45 kg ( $t = 3,790$ ,  $p < 0,001$ ), y en la fuerza de torsión, se presentó una diferencia media de 0,72 Nm ( $t = 5,834$ ,  $p < 0,001$ ). De manera similar, en mujeres, la fuerza de agarre mostró una diferencia media de 2,08 kg entre las manos ( $t = 8,80$ ,  $p < 0,001$ ), y la fuerza de torsión, una diferencia media de 0,83 Nm ( $t = 10,43$ ,  $p < 0,001$ ), lo que marca la predominancia de la mano derecha en términos de fuerza manual en ambos géneros.

Estos hallazgos, al destacar tanto la simetría en las fuerzas de agarre como las diferencias lateralizadas en la fuerza de torsión, enfatizan la importancia de considerar estos aspectos en el diseño ergonómico de herramientas y entornos laborales. La evidencia de una relación bilateral fuerte en las capacidades de fuerza, junto con las diferencias significativas entre las manos, establece una base valiosa para la implementación de medidas preventivas y adaptaciones ergonómicas específicas.

## Discusión

En el presente estudio, se aplicó una metodología detallada para la evaluación de la fuerza manual, específicamente de agarre y torsión, en una población estratificada del estado de Campeche. El propósito fue el desarrollo de una metodología de evaluación de la fuerza manual, investigando las diferencias y correlaciones en la fuerza manual entre las manos derecha e izquierda, así como entre géneros, con el fin de aportar conocimiento relevante para la salud pública, que sirva para el diseño de intervenciones ergonómicas y políticas de prevención en el ámbito laboral. La hipótesis inicial sugirió la existencia de diferencias significativas en la fuerza manual, anticipando hallazgos que podrían influir en el desarrollo de prácticas ergonómicas mejor informadas. A continuación se discute cómo los resultados obtenidos se alinean con esta hipótesis y su implicación para mejorar la ergonomía y la seguridad en entornos laborales.

Los resultados ofrecen una visión de las variables de interés en este estudio (fuerza de agarre y fuerza de torsión de ambas manos). Se observó que aunque las medias de la fuerza de agarre de ambas manos son comparables, la fuerza de torsión promedio es consistentemente mayor en la mano derecha que en la izquierda, tanto para hombres como para mujeres. Existe una cierta variabilidad en los datos, como se refleja en las desviaciones estándar. Al integrar perfiles de fuerza de agarre y torsión manual, segmentados por género y edad, se obtiene una visión más matizada de cómo se distribuyen estas capacidades a lo largo de la población económicamente activa.

Al evaluar la normalidad de los datos a través de la prueba de Kolmogorov-Smirnov, se encontró que mientras la variable de la fuerza de agarre para ambas manos en hombres y mujeres se ajustan a una distribución normal ( $p > 0,05$ ), los datos de la fuerza de torsión para ambos géneros se desvían de esta distribución ( $p < 0,05$ ). Este hallazgo sugiere diferencias fundamentales en la distribución de la fuerza manual que podrían tener implicaciones significativas en el diseño de intervenciones ergonómicas y en la prevención de lesiones laborales.

La prueba *t* para comparaciones entre manos reveló diferencias estadísticamente significativas en las fuerzas de agarre y torsión, indicando que, en promedio, tanto hombres como mujeres presentan mayores capacidades en la mano derecha. Estas diferencias, estadísticamente significativas, alinean nuestros hallazgos con la literatura existente, que sugiere una lateralidad predominante y su impacto en la fuerza manual [10,13-14]. Además, la correlación positiva entre las medidas de fuerza de ambas manos en mujeres refuerza la idea de que las capacidades de fuerza manual no son independientes entre sí, sino que están intrínsecamente conectadas a través de factores biomecánicos y neuromusculares, como concluyeron Botha *et al.* en el estudio realizado a enfermeras [21].

Comparando estos resultados con investigaciones previas, se observa una consonancia con los hallazgos de Rostamzadeh *et al.* [4], quienes reportaron una mayor fuerza de agarre en trabajadores manuales en comparación con empleados de oficina. Estas similitudes subrayan la relevancia de las demandas físicas del trabajo y las características individuales en la fuerza manual, aspectos corroborados por nuestra investigación.

Sin embargo, al contrastar con estudios como el de Amaral *et al.* [35] y García *et al.* [36], quienes destacan una correlación negativa entre la fuerza de agarre y la edad, los hallazgos obtenidos ofrecen una perspectiva complementaria sobre cómo estas relaciones se manifiestan específicamente en la población de Campeche. La disminución relacionada con la edad en la fuerza manual observada en nuestro estudio concuerda con estos informes, enfatizando la importancia de considerar el factor etario en el análisis de las fuerzas de agarre y torsión.

Los resultados reportados por Barrionuevo *et al.* [37] proporcionan un contraste interesante, indicando que no existen diferencias significativas entre las fuerzas de agarre de ambas manos, lo cual difiere de los resultados de la presente investigación, donde se presentaron mayores capacidades de fuerza en la mano derecha. Esta diferencia en los resultados puede atribuirse a las exigencias particulares de las actividades analizadas: mientras que el estudio de Barrionuevo *et al.* se centró en regatistas de vela ligera, donde el uso equitativo de ambas manos es esencial, esta investigación evaluó a

poblaciones en industrias manufactureras, comercio al por menor, y servicios de alojamiento y alimentación, donde las exigencias físicas y la utilización de las manos pueden diferir significativamente.

La interpretación de los resultados obtenidos en Campeche requiere considerar la variabilidad en las demandas físicas relacionadas con las actividades diarias y laborales, así como las diferencias antropométricas y demográficas. Estos resultados aportan al conocimiento existente, proporcionando información relevante para el diseño de estrategias ergonómicas y medidas preventivas en el ámbito laboral y de salud ocupacional.

## Conclusión

La presente investigación establece un enfoque metodológico para la evaluación de la fuerza manual, centrándose en las fuerzas de agarre y torsión, y revela diferencias estadísticamente significativas en la capacidad de fuerza entre las manos derecha e izquierda de hombres y mujeres. Específicamente, se ha demostrado que mientras las fuerzas de agarre presentan valores similares entre ambas manos, la fuerza de torsión es superior en la mano derecha para ambos géneros. Este patrón de asimetría no solo destaca la necesidad de considerar las diferencias bilaterales en el diseño ergonómico y en las estrategias de prevención de lesiones, sino que también resalta la importancia de incorporar este conocimiento en el desarrollo de herramientas y entornos de trabajo más seguros y eficientes.

Aunque el estudio tuvo como una limitación el hecho de no identificar la mano dominante de los participantes, de los resultados consolidados se puede destacar la relevancia de considerar las variaciones individuales y de género al diseñar programas de prevención de lesiones y al crear herramientas y entornos laborales ergonómicos. El análisis de los niveles de fuerza de agarre y torsión no solo revela diferencias significativas que deben ser tenidas en cuenta para ajustes en intervenciones y estrategias de salud ocupacional, sino que también refleja la necesidad de considerar la lateralidad en el diseño de políticas ergonómicas. Las medias, medianas y la variabilidad de los rangos apoyan este enfoque diferenciado.

Los resultados sobre la distribución normal de las fuerzas de agarre y la fuerte correlación entre las capacidades de fuerza de ambas manos refuerzan la relevancia de aplicar un enfoque integral en la evaluación y mejora de las condiciones laborales. La identificación de la variabilidad en la fuerza manual bilateral proporciona una evidencia para el diseño de intervenciones ergonómicas personalizadas, las cuales son esenciales para minimizar el riesgo de lesiones y optimizar la productividad laboral.

Además, este estudio destaca la contribución significativa de las diferencias de fuerza manual a la comprensión de riesgos ocupacionales y a la implementación de políticas de salud pública orientadas a la prevención de lesiones. Al ofrecer una perspectiva detallada sobre la simetría y asimetría en la fuerza manual, se abren nuevas vías para investigaciones futuras enfocadas en estrategias de intervención específicas que puedan mitigar los riesgos asociados con el uso desequilibrado de la fuerza manual en diversas ocupaciones.

Los hallazgos de este estudio contribuyen al avance de la ergonomía y la salud ocupacional, y proporcionan un marco para el desarrollo de prácticas laborales más seguras y efectivas. La aplicación de estos conocimientos aporta elementos para mejorar las condiciones laborales y, por ende, el bienestar general de la fuerza laboral, marcando un paso hacia la promoción de ambientes de trabajo saludables y productivos.

Este enfoque no solo busca promover la salud y seguridad en el trabajo, sino también optimizar el rendimiento laboral, apoyando la creación de entornos de trabajo que acomoden las variabilidades en la fuerza manual de la población trabajadora.

## Agradecimientos

Se agradece al Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por el financiamiento otorgado para el desarrollo de esta investigación, a través del otorgamiento de la Beca Nacional Tradicional 2022-1, con número de solicitud 2022-000002-01NACF-02496

## Declaración de fuente de financiación

El proyecto está siendo financiado por el CONAHCYT - Beca Nacional Tradicional 2022-1, con número de solicitud 2022-000002-01NACF-02496

## Declaración de conflictos de intereses

Ninguno que reportar.

## Declaración de responsabilidad

Los puntos de vista y opiniones presentados en el artículo son exclusivamente de los autores y no necesariamente representan los de las instituciones de afiliación o del financiador.

## Declaración de contribución por autores

*Mayra Pacheco Cardín.* Autora, diseño del artículo, análisis e interpretación de los datos. Hizo la revisión de su contenido intelectual y aprobación de la versión final del manuscrito enviado.

*Juan Luis Hernández Arellano.* Participación en la revisión crítica de su contenido intelectual y aprobación de la versión final del manuscrito enviado.

*Julián Israel Aguilar Duque.* Participación en la revisión crítica de su contenido intelectual y aprobación de la versión final del manuscrito enviado.

## Referencias

- Dahlke G, Butlewski M, Drzewiecka M. Impact of the work process on power grip strength: A practical case. In: Arezes PM, Baptista JS, Barroso MP, et al., editors. Occupational safety and hygiene IV. London: CRC Press; 2016. pp. 237-42. DOI: <https://doi.org/10.1201/b21172>
- Saremi M, Rostamzadeh S. Hand dimensions and grip strength: A comparison of manual and non-manual workers. In: Bagnara S, Tartaglia R, Albolino S, et al., editors. Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2018). IEA 2018. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 826. Springer, Cham. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-96065-4\\_56](https://doi.org/10.1007/978-3-319-96065-4_56)
- Nurul Shahida MS, Siti Zawiah MD, Case K. The relationship between anthropometry and hand grip strength among elderly Malaysians. *Int J Ind Ergon.* 2015;50:17-25. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ergon.2015.09.006>
- Rostamzadeh S, Saremi M, Vosoughi S, et al. Analysis of hand-forearm anthropometric components in assessing handgrip and pinch strengths of school-aged children and adolescents: a partial least squares (PLS) approach. *BMC Pediatr.* 2021;21(1):1-12. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12887-020-02468-0>
- Bittmann FN, Dech S, Aehle M, Schaefer LV. Manual Muscle Testing—Force Profiles and Their Reproducibility. *Diagnostics.* 2020;10:996. Available from: <https://doi.org/10.3390/diagnostics10120996>
- Kong YK, Lowe BD, et al. Evaluation of handle shapes for screwdriving. *Appl Ergon.* 2008;39(2):191-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2007.05.003>
- Dewangan KN, Owary C, Datta RK. Anthropometric data of female farm workers from north eastern India and design of hand tools of the hilly region. *Int J Ind Ergon.* 2008;38(1):90-100. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2007.09.004>
- Dewangan KN, Owary C, Datta RK. Anthropometry of male agricultural workers of north-eastern India and its use in design of agricultural tools and equipment. *Int J Ind Ergon.* 2010;40(5):560-73. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ergon.2010.05.006>
- Benos L, Tsaopoulos D, Bochtis D. A review on ergonomics in agriculture. Part I: Manual operations. *Appl Sci.* 2020;10(6):1905. DOI: <https://doi.org/10.3390/app10061905>
- Chahal P. Testing of agriculture hand tool design using ergonomics principles. *J Ergonomics [internet].* 2021;11(S3):002. [citado 2023 sep. 18]. Disponible en: <https://www.longdom.org/open-access/testing-of-agriculture-hand-tool-design-using-ergonomics-principles-80409.html>

11. Mital A. Effect of body posture and common hand tools on peak torque exertion capabilities. *Appl Ergon.* 1986;17(2):87-96. DOI: [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(86\)90245-0](https://doi.org/10.1016/0003-6870(86)90245-0)
12. Motamedzade M, Choobineh A, et al. Ergonomic design of carpet weaving hand tools. *Int J Ind Ergon.* 2007;37(7):581-7. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ergon.2007.03.005>
13. Muñoz Jashimoto L, De la Vega Bustillos E, Lopez Millán FO, et al. Maximum force of grip with dominant and non-dominant hand. En: Espejo Guasco C, De la Vega Bustillo E, Martínez Castro V, editores. *Ergonomía ocupacional. Investigaciones y aplicaciones. Vol. 2. Ciudad Juárez, México: Sociedad de Ergonomistas de México; 2009. pp. 15-30.*
14. De la Vega-Bustillos E, Lopez-Millan F, et al. Grip and pinch strength of the population of the Northwest of Mexico. En: *Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2018).* Springer International Publishing; 2019. pp. 507-19. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-96065-4\\_55](https://doi.org/10.1007/978-3-319-96065-4_55)
15. Eksioglu M. Relative optimum grip span as a function of hand anthropometry. *Int J Ind Ergon.* 2004;34(1):1-12. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2004.01.007>
16. Cacha CA. *Ergonomics and safety in hand tool design.* Boca Raton (FL): CRC Press; 1999.
17. Karwowski W, Szopa A, Soares MM, editores. *Handbook of standards and guidelines in human factors and ergonomics. 2nd ed.* Boca Raton (FL): CRC Press; 2021.
18. Proctor RW, Van Zandt T. *Human factors in simple and complex systems. 3rd ed.* Press C. Boca Raton (FL): CRC Press; 2018.
19. Jain R, Sain MK, Meena ML, et al. Non-powered hand tool improvement research for prevention of work-related problems: A review. *Int J Occup Saf Ergon.* 2018;24(3):347-57. DOI: <https://doi.org/10.1080/10803548.2017.1296214>
20. Sanjog J, Patel T, Karmakar S. Occupational ergonomics research and applied contextual design implementation for an industrial shop-floor workstation. *Int J Ind Ergon.* 2019;72:188-98. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2019.05.009>
21. Botha WE, Bridger RS. Anthropometric variability, equipment usability and musculoskeletal pain in a group of nurses in the Western Cape. *Appl Ergon.* 1998;29(6):481-90. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(97\)00081-1](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(97)00081-1)
22. Maleki-Ghahfarokhi A, Azghani MR, Dianat I. Effects of handle characteristics of manual hand tools on maximal torque exertions: a literature review. *Int J Occup Saf Ergon* [Internet]. 2022;28(3):1387-402. DOI: <https://doi.org/10.1080/10803548.2021.1896139>
23. Veisi H, Choobineh A, Ghaem H, Shafiee Z. The effect of hand tools' handle shape on upper extremity comfort and postural discomfort among hand-woven shoemaking workers. *Int J Ind Ergon.* 2019;74:102833. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2019.102833>
24. Instituto Mexicano del Seguro Social. *Memoria Estadística 2021 - Capítulo VII. Salud en el trabajo* [Internet]; 2021 [citado 2024 ene. 18]. Disponible en: <https://www.imss.gob.mx/conoce-al-imss/memoria-estadistica-2021>
25. López Acosta M, De la Vega Bustillos E, Ramírez Cárdenas E, et al. *Antropometría para el diseño de puestos de trabajo Ciudad Obregón: Instituto Tecnológico de Sonora* [internet]; 2019 [citado 2024 ene. 18]. Disponible en: <https://www.itson.mx/publicaciones/Documents/ingytec/libro antropometria.pdf>
26. Buckle PW, Devereux JJ. The nature of work-related neck and upper limb musculoskeletal disorders. *Appl Ergon.* 2002;33(3):207-17. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(02\)00014-5](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(02)00014-5)
27. David GC. Ergonomic methods for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders. *Occup Med (Chic Ill).* 2005;55(3):190-9. DOI: <https://doi.org/10.1093/occmed/kqi082>
28. Putz-Anderson V, Bernard BP, Burt SE, et al. *Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors. A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back.* Cincinnati (OH): National Institute for Occupational Safety and Health; 1997.
29. Estados Unidos Mexicanos, Congreso General. *Ley Federal del Trabajo. Diario Oficial de la Federación [DOF], 1 de abril de 1970 [Última reforma del 1 de mayo de 2019].*
30. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. *Censo de Población y Vivienda 2020 - Cuestionario básico* [internet]. 2020 [citado 2024 ene. 20]. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Microdatos>
31. General Asde SA. *Dinamómetro digital Camry EH101.* Valencia, España: General Asde, S. A.; 2019.
32. ErgoTech México. *Kit para medición de fuerza de torsión - Ergo-torsión.* Ciudad Juárez, Chihuahua, México: ErgoTechMx; 2020.
33. Hangzhou Great Star Industrial Co Ltd. *Torquímetro portátil Quinn QM-200.* Hangzhou, China: Hangzhou Great Star Industrial Co., Ltd.; 2018.
34. Caldwell LS, Chaffin D, Dukes-Dobos FN, et al. A proposed standard procedure for static muscle strength testing. *Am Ind Hyg Assoc J.* 1974;35(4):201-6. DOI: <https://doi.org/10.1080/0002889748507023>
35. Amaral CA, Amaral TLM, Monteiro GTR, et al. Hand grip strength: Reference values for adults and elderly people of Rio Branco, Acre, Brazil. *PLoS One.* 2019;14(1):1-13. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211452>
36. García Agustín D, Piñera JA, et al. Estudio de la fuerza de agarre en adultos mayores del municipio Plaza de la Revolución. *Rev. Cub. Med. Dep. & Cult. Fis.* [internet]. 2013 [citado 2024 feb. 18];8(1). Disponible en: <https://revmedep.sld.cu/index.php/medep/article/view/216https://revmedep.sld.cu/index.php/medep/article/view/216>
37. Barrionuevo Vallejo JM, Fructuoso Rosique D, et al. Fuerza máxima y resistencia muscular de agarre manual en regatistas de vela ligera de la clase Tornado. 2014;161-8. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S1886-6581\(07\)70055-5](https://doi.org/10.1016/S1886-6581(07)70055-5)

© 2024. This work is licensed under

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> (the “License”).

Notwithstanding the ProQuest Terms and Conditions, you may use this content  
in accordance with the terms of the License.