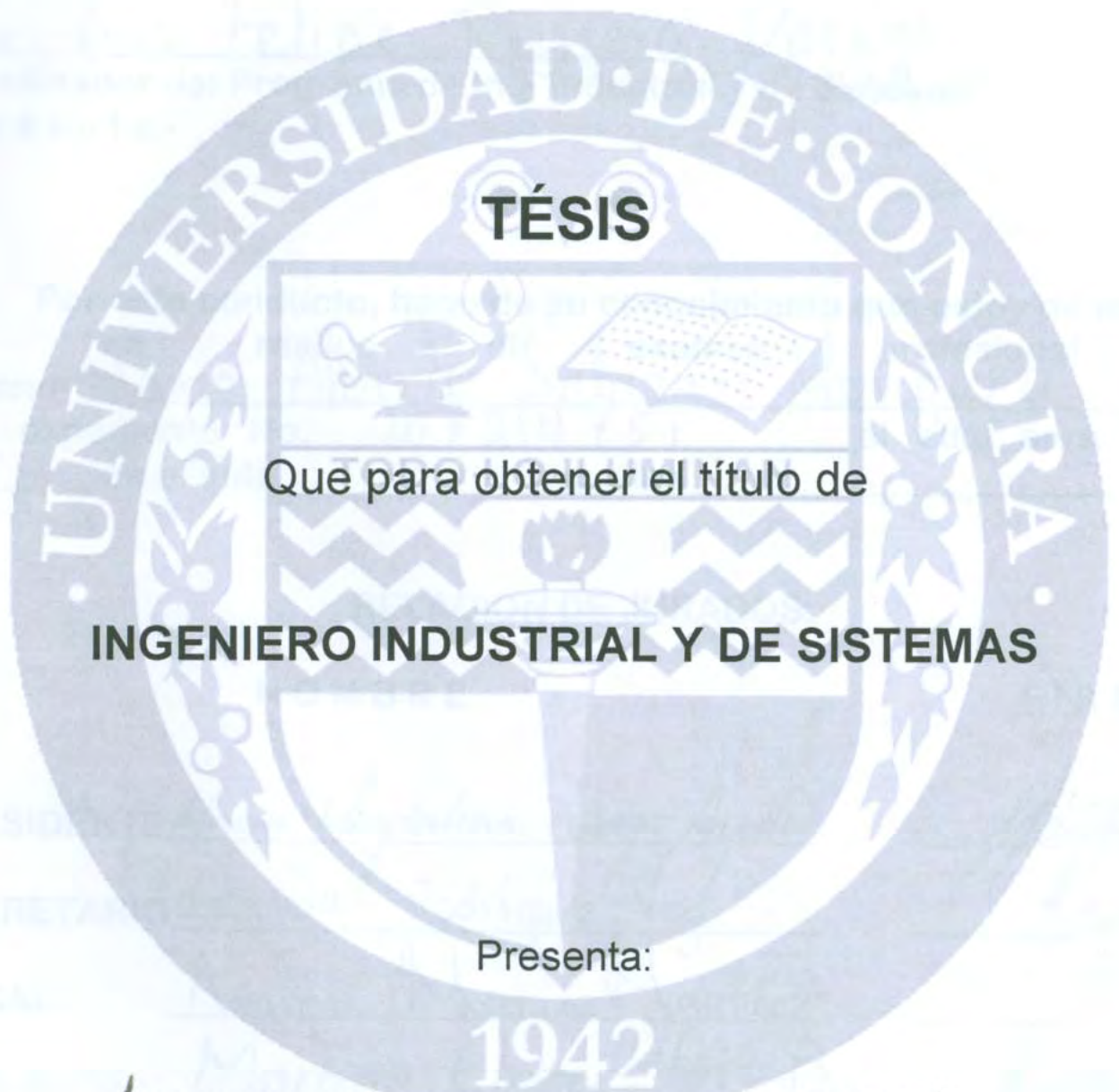


**UNIVERSIDAD DE SONORA**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**FUERZA MÁXIMA DE AGARRE**



**TÉSIS**

Que para obtener el título de

**INGENIERO INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS**

Presenta:

**1942**

**MARIO ALBERTO SALAZAR MUNGUÍA**

# Repositorio Institucional UNISON



“El saber de mis hijos  
hará mi grandeza”



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

## RESUMEN

En este documento se muestra la investigación desarrollada durante los meses de febrero a diciembre de 2012 en alumnos del Departamento de Ingeniería Industrial y de Sistemas de la Universidad de Sonora, Unidad Centro, el cual aporta información actualizada que permite conocer la fuerza máxima de agarre de individuos en edad laboral de 18 a 33 años, con el cual se pretende proporcionar información a profesionistas interesados en la salud y seguridad de los trabajadores.

Los resultados muestran que la fuerza máxima de agarre sin guantes en la población de lateralidad derecha es de  $98.6 \pm 18.8$  lbs. en hombres y de  $55.7 \pm 12.3$  lbs. en mujeres. En relación a los resultados obtenidos de la muestra de lateralidad izquierda, la fuerza máxima de agarre sin guante de hombres es de  $93.7 \pm 20.2$  lbs. y mujeres es de  $52.2 \pm 15.1$  lbs. La fuerza máxima de agarre con guante de los participantes cuya lateralidad es la derecha, es de  $96.4 \pm 17.8$  lbs. en hombres y  $52.9 \pm 13.2$  lbs. en mujeres; mientras que en los sujetos de lateralidad izquierda, la fuerza máxima de agarre de hombres es de  $88.3 \pm 22.2$  lbs. y de mujeres  $49.0 \pm 8.1$  lbs. Además, la investigación demuestra que en individuos diestros la mano dominante es la más fuerte, situación que no se presenta con los individuos cuya mano dominante es la izquierda.

# Índice

I.	Introducción.....	1
	Planteamiento del problema.....	4
	Objetivos.....	5
	Preguntas de investigación.....	5
	Justificación.....	5
	Alcance.....	6
II.	Marco de referencia .....	7
	Enfoque ergonómico.....	7
	Ergonomía y salud ocupacional.....	8
	Riesgos laborales.....	9
	Impacto económico y social de los riesgos laborales.....	9
	Clasificación de los riesgos de trabajo.....	10
	Riesgos ergonómicos.....	11
	Desordenes por trauma acumulado.....	12
	DTA's más frecuentes .....	14
	Sinovitis.....	15
	Tenosinovitis.....	15
	Bursitis.....	16
	Síndrome del túnel carpiano.....	16
	Tenosinovitis de De Quervain.....	17
	Tendinitis.....	18
	Quistes sinovial de muñeca y mano.....	18
	Epicondilitis.....	19
	Anatomía y fisiología de la muñeca – mano.....	19
	La fuerza de agarre .....	20
	Diseño del trabajo para evitar DTA's de la mano muñeca.....	24
III.	Métodos y materiales.....	26
	Sujetos.....	26
	Materiales.....	26
	Instrumentos.....	27
	Procedimiento.....	27
	Análisis estadístico.....	29
IV.	Resultados .....	29
	Estadística descriptiva.....	29
V.	Discusión.....	36
	Perfil demográfico de la muestra.....	36
	Lateralidad de los participantes.....	36
	Fuerza máxima de agarre en lateralidad derecha.....	37
	Fuerza máxima de agarre en lateralidad izquierda.....	37
	Comparación con otros resultados.....	38
VI.	Conclusiones.....	41
	Recomendaciones.....	41

## Índice de figuras

Figura 1. Principales factores de riesgo de trastornos musculo esqueléticos.....	14
Figura 2. Túnel carpiano.....	17
Figura 3. Algunas figuras forzadas de la mano muñeca.....	20
Figura 4. Guantes de algodón usados en el experimento.....	27
Figura 5. Dinamómetro Camry modelo número EH101.....	27

## Índice de tablas

Tabla 4.1 Distribución de la muestra por muestra de edad y sexo.....	30
Tabla 4.2 Fuerza máxima de agarre, en libras, sin guante de la población femenina.....	30
Tabla 4.3 Fuerza máxima de agarre, en libras, sin guante de la población masculina.....	31
Tabla 4.4 Fuerza máxima de agarre, en libras, con guante de la población femenina.....	31
Tabla 4.5 Fuerza máxima de agarre, en libras, con guante de la población masculina .....	32
Tabla 4.6 Fuerza máxima de agarre, en libras, sin guante de hombres y mujeres.....	32
Tabla 4.7 Fuerza máxima de agarre, en libras, con guante de hombres y mujeres.....	33
Tabla 4.8 Comparación de resultados, de la fuerza de agarre sin guante, con los obtenidos por De la Vega et al. (2009).....	34
Tabla 4.9 Comparación de resultados, de la fuerza de agarre de la población femenina, sin guante y con guante, con los obtenidos por De la Vega et al. (2009).....	35
Tabla 4.10. Comparación de resultados, de la fuerza de agarre de la población masculina, sin guante y con guante, con los obtenidos por De la Vega et al. (2009).....	35

## I. INTRODUCCIÓN

La necesidad de proteger a los trabajadores contra las causas de enfermedades profesionales y accidentes de trabajo es una cuestión inobjetable. Toda fuente de trabajo debe realizar actividades tendentes a la prevención de riesgos laborales, con las consecuentes ventajas de la producción y la productividad, alcanzando así un mayor bienestar social, que se refleja en la economía de la propia empresa.

La existencia de factores de riesgo ergonómico causa lesiones laborales. Al carácter multifactorial de toda exposición profesional es ampliamente aceptado (Malchaire, 2004). En el caso de los trastornos músculo esqueléticos o desórdenes por trauma acumulado, TME o DTA, los factores de riesgo pueden ser laborales o no laborales (De la Vega, 2005), sin embargo varios investigadores confirman que el trabajo los precipita o agrava (Bridger, 2003; Riihimaki, 1998).

La ergonomía aplicada en la salud ocupacional identifica como factores de riesgo de interés: repetición, fuerza, carga estática, postura, precisión, demanda visual y vibraciones y los tiempos insuficientes de descanso fisiológico. Factores ambientales, socioculturales o personales son otros factores que intervienen en el desarrollo de lesiones músculo esqueléticas (Viikari-Juntura, 1999 y otros).

La repetición frecuente de movimientos en el trabajo y la aplicación de fuerza por la mano son factores de riesgo de DTAs (Silverstain, Fine y Armstrong, 1986). La repetitividad de movimientos es un grupo de movimientos continuos, que se mantienen durante un trabajo e implica al mismo conjunto osteomuscular que provoca en él fatiga muscular, sobrecarga, dolor y puede resultar en lesión (Comisión de Salud Pública, 2000). El uso o aplicación de la fuerza humana al realizar un trabajo es un factor

biomecánico que implica la demanda física del sistema músculo esquelético, el cual permite efectuar los movimientos y se relaciona con el peso del objeto que se manipula manualmente Ministerio del Trabajo y Previsión Social de Chile, 2008. Sin embargo no existen valores aceptados con relación a la repetitividad y el uso de fuerza (Hagberg et al., 1995).

Otros factores que se consideran riesgosos son las desviaciones, extensiones y flexiones de la mano muñeca y la baja temperatura ambiental, aunque las pruebas epidemiológicas que apoyan esta aseveración son débiles (Viikari-Juntura, 1999). Además, cuando estos factores se combinan, son la causa principal de las lesiones de trauma acumulado o DTAs (Riihimaki y Viikari-Juntura, 1998; De la Vega, 2005 y otros).

Se reconoce a los DTAs o trastornos músculo esqueléticos, TMEs, como uno entre los problemas más importantes de salud en el trabajo en los países desarrollados y los llamados en vías de desarrollo. Los DTAs afectan la calidad de vida de quienes los padecen, a la organización en la que trabajan conjuntamente generan grandes costos económicos a los servicios de salud pública (Riihimaki y Juntura, 1998).

Según datos de la Organización Internacional del Trabajo los trastornos músculo esqueléticos son uno de los problemas más importantes de salud en el trabajo en los países desarrollados y los en vías de desarrollo. Se cree que estas enfermedades atribuibles al trabajo representan alrededor del 30% por lo que su prevención se considera relevante y muy rentable (Riihimaki, 1998).

La Oficina de Estadísticas Laborales del *National Institute of Occupational Safe and Health* (NIOSH) reporta que en el año 2007 la tasa de incidencia de trastornos músculo- esqueléticos en el sector manufacturero fue de 41/10,0000 y hace hincapié en que el reducir los DTAs mejora la productividad y disminuyen los costos de indemnización y atención médica de los trabajadores (NIOSH, 2010).



A los desórdenes por trauma acumulado de origen laboral, en los países del norte de Europa, se les atribuye una contribución de 30% de las lesiones laborales (Riihimaki y Juntura, 1998). El costo de los trastornos músculo esqueléticos en este continente se ha evaluado en el 2% del producto interno bruto (Diez de Ulzurum et al., 2007) y en algunos países alcanzan a representar el 40% de los costos por enfermedades y accidentes laborales (Diego-Mas, Asensio Cuesta, 2008).

En España, en la VI Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo, el 74% de los trabajadores señala sentir algún trastorno músculo esquelético (I. N. S. H. T., 2007).

En Chile, en el año 2009, se perdieron más de 3 millones de días de trabajo, accidentes laborales y/o por enfermedades. El Departamento de Ergonomía de la Asociación Chilena de Seguridad reporta la espalda y a las extremidades superiores como las zonas corporales más afectadas por factores laborales (Cerdeira et al., 2011).

En México el 38% de las enfermedades laborales se debe a las lesiones músculo esqueléticas (Villaseñor, 2013). El Instituto Mexicano de Seguridad Social (IMSS) en su Informe de Rendición de Cuentas de la Administración Pública Federal 2006-2012, reporta entre las principales enfermedades de trabajo, algunas lesiones músculo esqueléticas: al síndrome del túnel carpiano, la sinovitis, tenosinovitis y bursitis con una tasa de 0.07/10000 trabajadores para la primera y 0.12/10000 trabajadores para las tres últimas.

La Secretaría de Trabajo y Previsión Social, STPS, en el documento "Información sobre accidentes y enfermedades de trabajo nacional 2002-2011" publica que el síndrome del túnel carpiano, la sinovitis, tenosinovitis y bursitis, han contribuido significativamente en el incremento de las enfermedades de trabajo.

Tanto en Sonora como a nivel nacional existe una tendencia al alza de los casos diagnosticados con el síndrome del túnel carpiano y de sinovitis, tenosinovitis y bursitis.

En el estado de Sonora, según estadísticas del Instituto Mexicano del Seguro Social, o IMSS, en el año 2010, la región anatómica donde se presenta el mayor número de accidentes de trabajo es en la mano y la muñeca, 2711 hombres y 894 mujeres; además se registraron 178 enfermedades de trabajo y 795 incapacidades, correspondiendo el 10.7% al síndrome del túnel carpiano y el 7.3% a sinovitis, tenosinovitis y bursitis. (STPS, 2011).

En nuestro país, las lesiones diagnosticadas con el túnel del carpo se incrementaron del año 2010 al año 2011, de 118 a 159 y los casos de sinovitis, tenosinovitis y bursitis aumentaron, en ese mismo período, de 208 a 281, siendo el grupo de mujeres el que más registró dichos trastornos osteomusculares (STPS, 2012).

### **Planteamiento del problema**

El Síndrome del túnel carpiano, sinovitis, tenosinovitis y bursitis están entre las principales causas de pérdida de tiempo y remuneración de los trabajadores en las industrias. Las lesiones de las extremidades superiores pueden eliminarse mediante aplicación de estrategias preventivas o bien pueden ser minimizadas a través de la intervención y la aplicación de los principios ergonómicos adecuados en el diseño del trabajo o reduciendo el tiempo de exposición.

Por lo anterior, la presente investigación se ha enfocado en uno de los factores de riesgo de desórdenes por trauma acumulado, la fuerza máxima de agarre de toda la mano.

Consecuentemente, los administradores del trabajo industrial requieren conocer estándares de la fuerza máxima de agarre que la población mexicana en edad laboral puede ejercer en tareas de manejo manual de materiales, para evitar posibles lesiones al utilizar o manipular artículos y/o realizar tareas que requieran aplicar fuerza de agarre.

Una vez conocidos los resultados de la presente investigación, se podrán utilizar como referentes en la industria para que se adapten los trabajos a la capacidad de

rendimiento del trabajador favoreciendo así las condiciones de salud y seguridad de la población laboral.

## **Objetivos**

El objetivo general que se plantea en el presente proyecto es determinar la fuerza máxima de agarre de la población estudiantil del Departamento de Ingeniería Industrial y de Sistemas y además como objetivo específico se busca comparar los resultados obtenidos con aquellos reportados en otras investigaciones, específicamente con los obtenidos de los alumnos del Instituto Tecnológico de Hermosillo.

## **Preguntas de investigación**

¿Es la fuerza máxima de agarre de los alumnos del Departamento de Ingeniería Industrial igual a la fuerza máxima de agarre de los alumnos del Instituto Tecnológico de Hermosillo?

¿La población del Departamento de Ingeniería Industrial ve incrementada la fuerza máxima de agarre al utilizar guantes?

## **Justificación**

De acuerdo a la información presentada por organismos internacionales de salud las lesiones en la muñeca se presentan por causas desconocidas o también pueden ser producto de traumas, sobrecarga y tensiones, situaciones que pueden encontrarse en el ámbito laboral y provocar desórdenes por trauma acumulado, entre ellos el síndrome del túnel del carpo, la tenosinovitis, sinovitis y bursitis.

En estadísticas del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), del año 2010, en el estado de Sonora se presentó el 18.0% del total de éstos casos de enfermedades laborales (STPS, 2011).

Asimismo, en la bibliografía y publicaciones consultadas, varios autores e instituciones reconocen la importancia de establecer estándares de la fuerza máxima de agarre de la población para así diseñar productos y trabajos de acuerdo a las capacidades de los usuarios.

Por otro lado, en México, existe poca evidencia de la existencia de estudios enfocados a determinar la fuerza máxima de agarre de la población laboral, por lo que las empresas recurren a investigaciones llevadas a cabo en otros países para sustentar el diseño ergonómico de sus estaciones de trabajo en sus fábricas.

Lo anterior hace necesario realizar investigaciones sobre la fuerza máxima de agarre que se puede ejercer en las actividades laborales, ya que con los resultados que se obtengan se dispondrá de información que permita el diseño y/o rediseño de estaciones de trabajo acordes a las características de la población de usuarios, y así contrarrestar el riesgo de lesiones y enfermedades de trabajo y por lo tanto no afectar a las organizaciones en lo que se refiere a rubros importantes como productividad y costos.

## **Alcance**

La presente investigación se realiza durante el año 2012 e intervienen 635 alumnos, 182 mujeres y 453 hombres, del Departamento de Ingeniería Industrial y de Sistemas de la Universidad de Sonora, Unidad Centro.

A manera de introducción se presentan los antecedentes, el planteamiento del problema y los objetivos del estudio así como el alcance del mismo; en el capítulo II "Marco de Referencia" se muestran los aspectos relacionados con el problema estudiado; en el capítulo III se encuentra la metodología, los materiales y el procedimiento utilizados; en el capítulo IV se exhiben los resultados y el análisis de los datos obtenidos y finalmente en el capítulo V se exponen las conclusiones y recomendaciones.

## II. MARCO DE REFERENCIA

La necesidad de proteger a los trabajadores, contra las causas de enfermedades profesionales y accidentes de trabajo es una cuestión inobjetable. Toda fuente de trabajo debe realizar actividades tendientes a la prevención de riesgos laborales, con las consecuentes ventajas de la producción y la productividad, alcanzando así un mayor bienestar social, que se refleja en la economía de la propia empresa.

En la prevención de riesgos laborales el ingeniero industrial, específicamente los trastornos músculo esqueléticos, desempeña un rol importante, para lo que requiere aplicar los principios y técnicas de la ergonomía a fin de mejorar las condiciones de trabajo evitando que los trabajadores se lesionen.

### **Enfoque ergonómico**

El término ergonomía proviene de las palabras griegas ergon y nomos que significan trabajo y ley o norma, respectivamente. La primera referencia a la ergonomía aparece recogida en el libro del polaco Wojciech Jastrzebowki en 1857 titulado "Compendio de Ergonomía" o de la ciencia del trabajo basada en verdades tomadas de la naturaleza, que según traducción de Pacaud, 1974, dice: "para empezar un estudio científico del trabajo y elaborar una concepción de la ciencia del trabajo, no debemos supeditarla en absoluto a otras disciplinas científicas,... para que esta ciencia del trabajo, que entendemos en el sentido no unilateral del trabajo físico, de labor, sino de trabajo total, recurriendo simultáneamente a nuestras facultades físicas, estéticas, racionales y morales..." (Mondelo, 2010).

La historia de la ergonomía data desde 1930, cuando nace la revista Trabajo Humano en Francia. Durante la segunda guerra mundial, en Inglaterra y Estados Unidos se ampliaron los estudios franceses y se aplicaron a programas militares (Romero, Muñoz y Romero H., 2006).

Durante la postguerra, en Estados Unidos de Norteamérica, tuvo un gran auge la ergonomía, principalmente en lo relativo al enfoque psicológico en el sector militar. A partir de los años 70s, la ergonomía se toma en cuenta en la industria, en lo que respecta al diseño de casi todo tipo de productos (Sanders y McCormick, 1993).

La utilización moderna del término ergonomía se debe a Murrell y ha sido adoptado oficialmente durante la creación, en julio de 1949, de la primera sociedad de ergonomía, la *Ergonomics Research Society*, fundada por ingenieros, fisiólogos y psicólogos británicos con el fin de “adaptar el trabajo al hombre” (Mondelo, 2010).

Ya una definición más actual de la ergonomía, es la que proporciona la Sociedad de Ergonomistas de México A.C. o SEMAC: “La disciplina científica relacionada con el conocimiento de la interacción entre el ser humano y otros elementos de un sistema que se aplica a la teoría, principios, datos y métodos para diseñar buscando optimizar el bienestar humano y la ejecución del Sistema Global” (SEMAC, 2012).

### **Ergonomía y salud ocupacional**

Una de las aplicaciones de la ergonomía es en la salud ocupacional. “Los factores de riesgos se presentan en las actividades laborales sin que se hayan realizado estudios previos de sus efectos en la salud... las normas de prevención se desarrollan una vez producido el daño y muchas de éstas aparecen mucho tiempo después de ser conocidos estos efectos” (Guillén, 2006). La ergonomía en los ambientes de trabajo se ocupa del estudio de la interacción de los elementos del ambiente de trabajo, el trabajador, el puesto y el entorno de trabajo.

Del trabajador, la ergonomía toma en cuenta sus características propias tales como estatura, peso, fuerza, nivel educativo, intelecto, etc. El puesto de trabajo comprende las herramientas, mobiliario, objetos de trabajo, etc. En el entorno de trabajo se consideran factores como la temperatura, iluminación, ruido, vibraciones y otros (Sanders y McCormick, 1993).

## **Riesgos laborales**

La norma oficial mexicana 019-STPS-2004, define riesgos de trabajo como los accidentes y enfermedades a que están expuestos los trabajadores en ejercicio o con motivo de su trabajo, es decir, son aquellas condiciones derivadas de la ejecución de una actividad laboral capaces de alterar la salud de los trabajadores y/o modificar el medio ambiente.

La información estadística del IMSS en el periodo enero – agosto 2012 refleja que el número de riesgos de trabajo es de 292,116 y la tasa respectiva es de 1.46 por cada 100 trabajadores. Además reporta que el número de días por incapacidad temporal por riesgo de trabajo es de 9'558,595, la tasa de defunciones por riesgos de trabajo es de 0.52 por cada 10,000 trabajadores y agrega que la tasa de incapacidad permanente o secuelas es de 0.68 por cada 1,000 trabajadores asegurados.

## **Impacto económico y social de los riesgos laborales**

El impacto económico y social de los riesgos laborales se han traducido (Ortega, 1999) de la siguiente manera.

En las empresas se convierten en costos por incapacidades médicas, rotación de personal, impactan en la productividad y por lo tanto en la calidad del proceso y producto y finalmente afecta la moral de los trabajadores. Los costos que las empresas incurren por riesgos laborales se pueden clasificar en costos directos e indirectos.

Los costos directos incluyen los costos en materia de prevención, como el seguro de riesgos de trabajo, la inversión en materia de la prevención de los riesgos de trabajo tales como medidas y dispositivos de seguridad, instalaciones, equipo de protección específico, señalamientos, cursos de capacitación y otras erogaciones, las cuotas o aportaciones que por concepto de seguro de riesgos de trabajo el empleador está obligado a pagar al seguro social, o a otras organizaciones similares o equivalentes y las primas o costos de los seguros adicionales para la empresa y los trabajadores.

Los costos indirectos es el conjunto de pérdidas, como es el tiempo perdido de la jornada de laboral, los daños causados a las instalaciones, maquinaria, equipos y herramientas, el deterioro del ritmo de producción, la disminución de la calidad, el incumplimiento de compromisos de producción, la pérdida de clientes y mercados, los gastos por demandas laborales y principalmente el deterioro de la imagen corporativa.

Con respecto al impacto social, existen múltiples efectos adicionales causados por los riesgos de trabajo que son mucho más complejos, abarcan varias áreas y son difíciles de cuantificar o ponderar. Son los efectos que generalmente pasan desapercibidos y son evaluados en su justa magnitud. Desde el punto de vista social, los trabajadores enfrentan la discriminación laboral, segregación social, se presentan conductas antisociales, psicopatologías y mortalidad prematura. Los riesgos de trabajo afectan a las familias mediante la disminución de las expectativas de desarrollo de los miembros del núcleo familiar que dependen del trabajador, la disminución del ingreso y presupuesto familiar y la presencia de disfunción familiar.

### **Clasificación de los riesgos de trabajo**

Algunos ejemplos de riesgos son los denominados físicos, químicos y biológicos (S. S. A., 2013). Ejemplos de riesgos físicos son: ruido, radiaciones, temperatura, presión y vibración. Los tóxicos, corrosivos, irritantes, etc. son ejemplos de riesgos químicos. Los agentes biológicos son seres vivos que al estar en contacto con el ser humano pueden ocasionar enfermedades de tipo infeccioso, parasitario, alérgico o tóxico, por ejemplo los contraídos por moho, hongo, virus y bacteria, que ocasionan enfermedades como: VIH, ántrax, resfriado común, hepatitis A, hepatitis B, hepatitis C, tuberculosis, rabias (Plog & Quinlan, 2002).

Otros tipos de riesgos son los ergonómicos/mecánicos y psicosociales. Los riesgos ergonómicos se contemplan en el Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, en el capítulo décimo, artículo 102, dice: "La Secretaría promoverá que en las instalaciones, maquinaria, equipo o herramienta del centro de trabajo, el patrón tome en cuenta los aspectos ergonómicos, a fin de prevenir accidentes y enfermedades de trabajo". Ergonomía es definida por el mismo



reglamento como, “la adecuación del lugar de trabajo, equipo, maquinaria y herramientas al trabajador, de acuerdo a sus características físicas y psíquicas, a fin de prevenir accidentes y enfermedades de trabajo y optimizar la actividad de éste con el menor esfuerzo, así como evitar la fatiga y el error humano” (RFSHMAT, 1997).

Los riesgos de trabajo se llegan a convertir en lesiones o discapacidades, debido a que a los trabajadores se les asignan tareas cuya demanda es superior a la capacidad física del mismo trabajador.

### **Riesgos ergonómicos**

Existen características del ambiente de trabajo que son capaces de generar una serie de trastornos o lesiones, estas características físicas de la tarea que se presentan durante la interacción entre el trabajador y el trabajo, dan lugar a riesgos por posturas forzadas, riesgos originados por movimientos repetitivos (Riihimaki, 1998, Shivers et al., 2002 y otros), riesgos en la salud provocados por vibraciones, aplicaciones de fuerzas (Riihimaki, 1998 y otros), características ambientales en el entorno laboral (O. I. T., 2001), riesgos por trastornos músculo esqueléticos derivados de la carga física (Sanders y McCormick, 1993 y otros).

Los riesgos ergonómicos se contemplan en el Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, en el capítulo décimo, artículo 102, dice: “La secretaria promoverá que en las instalaciones, maquinaria, equipo o herramienta del centro de trabajo, el patrón tome en cuenta los aspectos ergonómicos, a fin de prevenir accidentes y enfermedades de trabajo”.

Los riesgos ergonómicos/mecánicos que se generan principalmente, por la realización de trabajos repetitivos, posturas inadecuadas o no neutrales, aplicación de fuerza excesiva y períodos prolongados de trabajo, generan el desarrollo de los llamados desórdenes por trauma acumulativo o DTAs (Niebel y Freivalds, 2009).

## **Desórdenes por trauma acumulado**

Los desórdenes de trauma acumulativo (DTA), también denominados lesiones por esfuerzo repetitivo (LER), o trastornos músculo – esqueléticos o TMEs o en inglés *cumulative trauma disorders* (CTD) constituyen un conjunto de enfermedades de los tejidos blandos, caracterizados por molestia, debilidad, incapacidad para ejercer movimiento o trabajo y dolor continuo (Riihimaki, 1998, Niebel y Freivalds, 2009 y otros).

Durante muchos años ha existido bastante controversia sobre la denominación dada a los trastornos musculo esqueléticos (TME) de la extremidad superior. Los australianos, que fueron los primeros en definirlos lo llamaron lesiones por esfuerzo o tensiones repetitivas, "*repetitive strain injuries*"; en los Estados Unidos les llaman trastornos por trauma acumulativo, "*cumulative trauma disorders*" (Viikari-Juntura, 1998); en Japón se refieren a ellos como trastornos cervico-braquiales profesionales, "*occupational cervicobrachial disorders*" y en el Reino Unido les denominan trastornos de la extremidad superior relacionados con el trabajo, "*work-related upper limb disorders*" (I. N. S. H. T., 2011).

Se ha evidenciado mediante muchos estudios que estos problemas primordialmente son causados, precipitados o agravados por una serie de factores ocupacionales como las actividades de fuerza y repeticiones, la carga muscular estática, la postura inadecuada del cuerpo, las vibraciones, y en general, los DTAs están asociados con sobre uso y sobre ejercicio (INSHT, 2011 y otros).

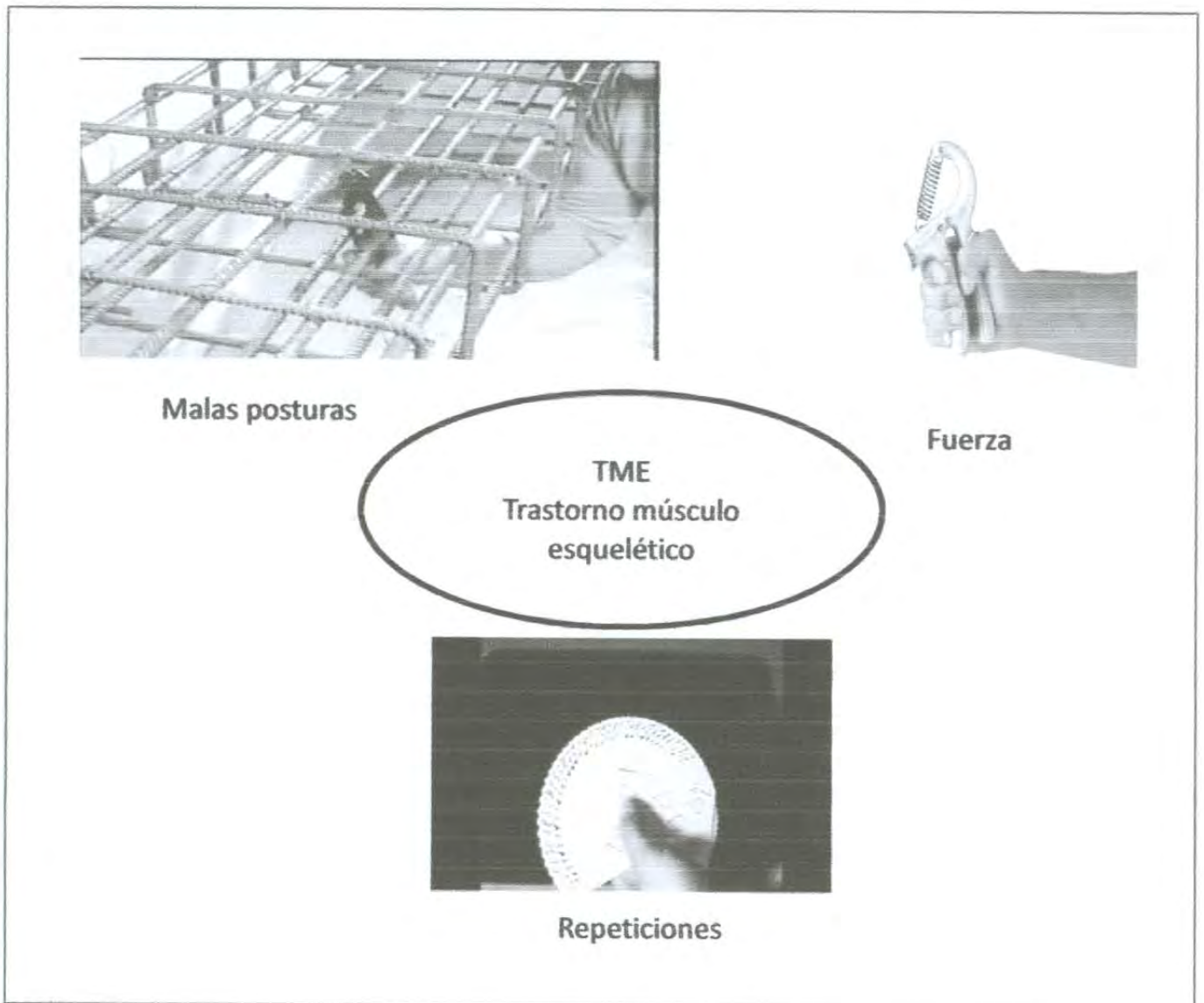
Igualmente se ha evidenciado que hay factores no ocupacionales, como los individuales (tales como peso, talla, sexo, edad, desarrollo muscular, estado de salud, características genéticas, adiestramiento, aptitud física para la ejecución de tareas específicas, acondicionamiento físico, adecuación de ropas, calzado y otros efectos personales llevados por el trabajador, así como factores ambientales tales como las temperaturas extremas, el ruido, la humedad, la iluminación, la organización del trabajo, contribuyen a la etiología de tales desórdenes (De la Vega, 2005 y otros).

El conocimiento científico actual, describe que la causa de los TME se debe a una importante incidencia de factores de riesgos en el trabajo y a elevados niveles de exposición a los mismos. Quienes trabajan en industrias como emparadoras de carne, ensamble de automóviles y manufactura textil corren el riesgo de sufrir estos trastornos y se asocian a movimientos repetitivos. La industria más afectada es la manufacturera y el peor puesto es el de carnicero (Niebel y Freivalds, 2009).

Es importante considerar que una inadecuada relación persona-herramienta y uso inadecuado de la misma puede ser el factor desencadenante de un trastorno musculoesquelético. Las causas por las que se pueden producir los trastornos musculoesqueléticos a nivel de extremidad superior se debe al uso de herramientas. Esto se presenta cuando la herramienta no es la adecuada para desempeñar una actividad o la herramienta no está proporcionalmente diseñada para ejercer la tarea propuesta y la herramienta no fue diseñada para la población específica (Mondelo, 1999, Niebel y Freivalds, 2009).

Los factores que influyen en la creación de un TME, Trastorno Músculo Esquelético, son la fuerza ejercida, la postura de los segmentos implicados, la repetitividad de las acciones y el tiempo de recuperación. Algunos han propuesto la inclusión de otros factores adicionales que, asociados a los anteriores, incrementan el riesgo de TME como la temperatura fría, el uso de guantes que reducen la destreza y el uso de herramientas que transmiten vibraciones al brazo y la mano (Sanders y McCormick, 1993, De la Vega, 2005, Niebel y Freivalds, 2009, I. N. S. H. T., 2011).

Figura 1. Principales factores de riesgo de trastornos músculo esqueléticos.



### DTAs más frecuentes

Entre las enfermedades de trabajo que más se presentan en la industria y que se han registrado por el Instituto Mexicano del Seguro Social en nuestro país se encuentran las lesiones de las extremidades superiores, tales como: sinovitis, tenosinovitis, bursitis y el síndrome de túnel carpiano, (STPS, 2012). Otras lesiones músculo esqueléticas menos reportadas en el ámbito laboral son: la tendonitis, la enfermedad de Quervain, dedo en gatillo, síndrome de vibración, quiste en ganglio (De la Vega, 2005), la epicondilitis y la periartritis (I. C. B. F., 2013).

Lo importante del estudio de los DTAs es el comprender como se pueden evitar o minimizar estos riesgos y saber cuáles son los efectos que podrían presentarse ya que pueden tener un impacto de larga duración en el trabajo de la persona y en su vida personal (De la Vega, 2005).

A continuación retomando a la Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo (Viikari-Juntura, 1998) se describen algunos desórdenes por trauma acumulado de las extremidades superiores.

### **Sinovitis**

La sinovitis consiste en inflamación de la membrana sinovial de las articulaciones, debido a un golpe o traumatismo. Dicha membrana es un tejido muy fino de recubrimiento de la articulación que forma una cavidad semejante a un saco, llena de líquido viscoso y situado en regiones de tejidos donde puede producirse fricción por ejercer un efecto de aceite lubricante sobre la articulación.

### **Tenosinovitis**

La muñeca y mano, los tendones están rodeados por vainas tendinosas, que contienen un líquido que lubrica y protege al tendón. La inflamación de la vaina se le conoce como tenosinovitis. La tenosinovitis también se puede presentar en los dedos. Se ha encontrado una alta incidencia de este DTA en trabajadores de fabricación como procesadores de alimentos, carniceros, envasadores y montadores, empacadores, fabricantes de embutidos, aún en quienes realizan trabajo ligero.

La repetición frecuente de movimientos en el trabajo y la aplicación de fuerza por la mano son factores de riesgo de DTAs sobre todo cuando se presentan simultáneamente (Silverstain, Fine y Armstrong, 1986). Existen algunas pruebas de que las mujeres podrían ser más susceptibles que los varones (Silverstein, Fine y Armstrong, 1996, STPS, 2012).

Los síntomas de tenosinovitis son dolor, movimientos restringidos y prensión débil, a menudo los síntomas empeoran por las mañanas y mejora la capacidad funcional con cierta actividad. Al doblar la muñeca aumenta el dolor. La duración típica de días no laborales por tenosinovitis ha sido registrada de diez. Para prevenir la tenosinovitis se deben evitar los movimientos muy repetitivos y la aplicación de fuerza en el trabajo, además se requiere prestar atención a los métodos de trabajo, factores relacionados con la organización del trabajo como la cantidad y el ritmo de las actividades, las pausas y la rotación de tareas ya que también determinan la carga física local impuesta a las extremidades superiores; por lo que es necesario introducir variabilidad en la ejecución de los trabajos mediante la modificación de estos factores.

### **Bursitis**

La bursitis es la inflamación del saco de la bolsa o bursa. Bursa es una bolsa serosa localizada entre los tendones y el plano óseo que permite el deslizamiento de los músculos para realizar los movimientos de las articulaciones. La bursitis del codo puede presentarse por traumatismos mecánicos repetidos (bursitis traumática o “del estudiante”) como la que se manifiesta en personas que realizan actividades o deportes que demandan energía en exceso, por ejemplo pintar una casa o jugar tenis, o bien exigen contacto físico. La hinchazón se debe a la acumulación de líquido en la bursa.

### **Síndrome del túnel carpiano**

Este síndrome también conocido como “el mal del oficinista” es una patología que afecta la mano. Es una tenosinovitis de los tendones de la cara palmar de la muñeca que puede ejercer presión sobre el nervio mediano a nivel del túnel del carpo.

El túnel carpiano es causado por tener la mano estirada sobre el ratón de la computadora, conducir un vehículo, escribir, etc. por largos periodos de tiempo; produce cambios sensoriales y/o motores en las estructuras del nervio. Los síntomas que se presentan a quienes padecen este síndrome son cosquilleo o adormecimiento en las manos específicamente en los dedos pulgar, índice, medio y mitad del anular, muñecas y algunas veces en el antebrazo (Salazar Vaca, 2013). En la fase aguda, el

síndrome se caracteriza por la acumulación de líquidos y una sustancia, fibrina, en la vaina del tendón, entre otros, después se observa un crecimiento celular (Moore, 1992). En esta fase, es imprescindible la cirugía para aliviar el dolor (Salazar Vaca, 2013).

Los síntomas, si no son severos, pueden mejorar sin recurrir a la cirugía, cambiando las costumbres de usar las manos, manteniendo la muñeca en un posición recta o bien usando una férula por la noche (Salazar Vaca, 2013).

Figura 2. Túnel Carpiano.



### Tenosinovitis de De Quervain

La tenosinovitis de De Quervain es una tenosinovitis constrictora de las vainas tendinosas de los músculos que extienden y separan o abducen el pulgar en la cara externa de la muñeca. El proceso aparece al principio de la niñez y en cualquier edad posterior. Suele ser más frecuente en el sexo femenino. Se han sugerido como causas del síndrome los movimientos repetitivos de la muñeca y los traumatismos, aunque no se ha realizado una investigación epidemiológica.

Los síntomas comprenden dolor en la muñeca y debilidad para la prensión, en ocasiones el dolor se extiende al pulgar o al antebrazo, existe hipersensibilidad y un engrosamiento al palpar el lugar donde se ubica la constricción.

Al doblar la muñeca hacia el meñique con el pulgar flexionado hacia la palma (prueba de Finkelstein) se agudizan los síntomas.

### **Tendinitis**

Una tendinitis es una inflamación de un tendón debido, entre otras causas, a que se mantiene de manera repetida tenso o sometido a vibraciones. Como consecuencia de estas acciones, el tendón se ensancha y se hace irregular. El dolor, la restricción del movimiento de una articulación, la hinchazón de los tejidos blandos y disminución de la destreza son los síntomas que más comúnmente aparecen con la tendinitis.

Los síntomas pueden aparecer de forma aguda en los casos de esfuerzos musculares y articulares bruscos y puntuales, pero generalmente su aparición es lenta y de carácter inofensivo en apariencia, por lo que dichos señales se suelen ignorar hasta que se hacen crónicos y aparece el daño permanente (Neculhueque, 2007).

### **Quistes sinoviales de muñeca y mano**

Los quistes sinoviales representan la mayoría de todos los tumores de los tejidos blandos de la mano. En poblaciones clínicas, los quistes sinoviales se presentan mayormente en las mujeres, y se han incluido tanto niños como los adultos. Existe controversia acerca de las causas de los quistes sinoviales. Algunos autores los consideran congénitos, mientras que otros opinan que en su desarrollo pueden intervenir los traumatismos agudos o repetidos.

Los síntomas de los tumores sinoviales de la muñeca son dolor local durante el esfuerzo, así como posturas desviadas de la muñeca. Los tumores sinoviales de la palma y de los dedos suelen resultar dolorosos durante la prensión.

### **Epicondilitis**

La epicondilitis también llamada codo de tenista, es la inflamación de los tendones del epicóndilo, localizado en la parte lateral externa del codo. Estos tendones unen



algunos músculos del antebrazo y de la mano, esta musculatura la encargada de controlar los movimientos de la mano. Cuando se usan estos músculos una y otra vez, se producen pequeñas microlesiones en el tendón, lo que con el tiempo lleva a irritación y dolor en la zona afectada, la presión de un objeto con el codo extendido puede ser sumamente doloroso. Cualquier actividad que involucre la torsión repetitiva de la muñeca, como usar un destornillador, puede llevar a esta lesión. La duración de la ausencia en el trabajo por epicondilitis se ha estimado en alrededor de dos semanas o un poco por encima de este tiempo. Los pintores, plomeros, obreros de la construcción, cocineros, carniceros, mujeres fabricantes de embutidos, empaquetadoras, son los más propensos a desarrollar esta lesión laboral.

Enseguida se incluye la estructura anatómica y fisiología de la mano muñeca.

### **Anatomía y fisiología de la mano-muñeca (De la Vega, 2005)**

El sistema músculo esquelético se compone de huesos, que le dan el soporte a los músculos, ligamentos y tendones. Los músculos ejercen la fuerza para crear movimientos, los ligamentos, conectan dos huesos a otro, los tendones fijan los músculos al hueso, el nervio ulnar es el responsable del movimiento del dedo meñique y una mitad del dedo anular, el nervio mediano es el responsable del cerrado del dedo índice y una mitad del dedo anular y el nervio radial es el responsable del movimiento del dedo pulgar.

La postura de la mano muñeca que se debe fomentar es la postura neutral, haciendo esto, se evitan los DTAs causados por malas posturas. Las actividades que demanden fuerza, las posturas riesgosas y movimientos de la mano muñeca deben ser minimizadas. La extensión, flexión, desviación radial, desviación ulnar, pronación y supinación de la mano muñeca son posiciones que deben ser utilizadas lo menos posible.

La extensión es levantar los dedos y mano hacia arriba y hacia atrás. Flexión es doblar los dedos y mano hacia abajo y adelante. Desviación radial es inclinar la mano hacia el dedo pulgar. Desviación ulnar es inclinar la mano hacia el dedo meñique. Pronación es

voltear la mano y la palma hacia abajo. Supinación es voltear la mano y palma hacia arriba.

**Figura 3. Algunas posturas forzadas de la mano muñeca.**



### **La fuerza de agarre**

El acoplamiento entre la mano y los objetos que se toman permite aplicar fuerza para trabajar, así, es frecuente encontrar en la industria tareas que requieran de las manos para aplicar grandes esfuerzos. Una de las principales razones que motivan a los investigadores del área de ergonomía el estudio de la fuerza de agarre es el hecho de que “si la fuerza aplicada al objeto que se agarra excede la fuerza funcional del acoplamiento mano/objeto, la mano se resbalará y puede lesionarse” (Young, 2011). Siendo lo anterior, la razón principal del presente proyecto, a continuación se revisa la literatura sobre este tema.

En ergonomía, el concepto de fuerza generalmente se refiere a la fuerza máxima que puede ejercerse por el cuerpo a un entorno en cierto contexto. Para una tarea, la fuerza funcional se usa para referir la comparación de la capacidad humana y las demandas físicas (Young, 2011).

La fuerza de agarre se ha cuantificado midiendo la habilidad máxima para flexionar los dedos contra un dinamómetro de agarre, sostenido por la palma de la mano y con base en el dedo meñique (Swanson et al., 2004; Shivers, et al., 2002; Armstrong et al., 1987; Mathiowetz et al., 1984 y otros). Varios estudios han encontrado que la fuerza de agarre se ve afectada por varios factores, como es la postura del brazo y la muñeca (McGorry & Lin, 2007; Armstrong et al., 2002; Dempsey & Ayoub, 1996 y otros) y la

variación del diámetro de agarre del objeto (De la Vega et al., 2009; Kong & Lowe, 2005; Swanson et al., 1970 y otros).

Swanson reporta los primeros estudios de la fuerza de la mano. Regnier los analizó a principios de 1800, le siguieron Lewey, Kuhn y Juditski en 1947, Bechtol en 1954 y Mannerfelt en 1966. En 1970, Swanson et al. estudiaron la fuerza de agarre de hombres y mujeres de 17 a 60 años, en diferentes posiciones: fuerza de agarre de mano con y sin apoyo de la extremidad, fuerza de agarre de pellizco de tres dedos, fuerza de agarre de pellizco para cada uno de los dedos y fuerza de agarre de pellizco lateral. Los resultados obtenidos por Swanson et al. mostraron que hubo poca diferencia en la fuerza de agarre y de pellizco cuando los individuos estaban sentados o de pie, o cuando la extremidad tenía apoyo o no, sin embargo, la fuerza de pellizco fue ligeramente menor en posición con apoyo; la fuerza de agarre de la mano dominante fue mayor para los trabajadores con actividades manuales pesadas. La fuerza de agarre del dedo medio fue la mayor para ambas manos en hombres y mujeres. De acuerdo a la edad, los estudios de estos investigadores, reportan que el grupo de hombres, con una edad de 20 a 60 años, mostró una fuerza constante entre 45.2 y 45.9 kg. con mano dominante y entre 42.6 y 43.5 kg. con mano no dominante. En el grupo de mujeres, la máxima fuerza de agarre se registró entre los 30 y 40 años, 30.8 kg. con mano dominante y 28.0 kg. con mano no dominante. Con respecto al agarre de pellizco la fuerza de agarre en el grupo de hombres se registró entre 14.5 y 6.0 kg. con mano dominante y en el grupo de mujeres entre 9.0 kg. y 4.0 kg. (Swanson et al., 1970).

Mathiowetz et. al. (1984) realizaron un estudio a fin de establecer estándares clínicos de la fuerza de agarre con la mano y la fuerza de agarre de pellizco. Se midió la fuerza de agarre de pellizco en tres posiciones en 310 hombres y 328 mujeres entre los 20 a 90 años de edad. Se utilizaron dinamómetros de agarre de mano y de pellizco para realizar las mediciones. Los resultados indicaron que la fuerza máxima de agarre registrada ocurrió en los grupos de 25 a 39 años de edad. La fuerza máxima de agarre que encontraron en el grupo de hombres fue de  $121.8 \pm 22.4$  lbs., en el grupo de edad de 30 a 34 años, y  $78.7 \pm 19.2$  lbs. en mujeres, en el mismo grupo de edad. En el

En 2003, DiDomenico and Nussbaum, señalaron la escasez de información sobre la fuerza de agarre, lo que se llevó a hacer un estudio de la fuerza máxima de diferentes tipos de agarre: fuerza de dedos de empuje (*poking finger strength*), pellizco lateral, pellizco palmar, dedo pulgar-índice-medio-anular, y agarre de mano. Los autores concluyeron que la fuerza de agarre de la población femenina fue de aproximadamente el 70% de la fuerza de la población masculina, mientras que no se encontró diferencia en los grupos de edad. Los resultados de regresión lineal indicaron que se puede predecir la fuerza de agarre a partir de otras fuerzas de agarre y de las variables antropométricas, sin embargo la precisión de la predicción es moderada.

En México, De la Vega et al. (2009) llevó a cabo un experimento en el cual se buscaba identificar el diámetro de agarre con el cual se lograra la mayor fuerza de agarre, y en función de ello se diseñó un segundo experimento en el cual se determinó la fuerza máxima de agarre en dichas condiciones. El instrumento utilizado fue un dinamómetro de agarre marca Jamar. En el experimento participaron solamente 21 sujetos de investigación, 11 hombres y 10 mujeres. En la primer investigación se encontró que el tamaño de la abertura ideal o donde la mayoría de los sujetos, masculinos y femeninos, obtuvieron la máxima fuerza de agarre es de 1 7/8 pulgada o 4.7625 cm. En el segundo experimento se encontró que la máxima fuerza de agarre en el grupo de hombres, se presentó en la mano dominante con  $44.29 \pm 8.84$  kg. y  $42.58 \pm 9.07$  kg., con guante y sin guante, respectivamente; en el grupo de mujeres la máxima fuerza de agarre, también se encontró en la mano dominante,  $25.417 \pm 5.156$  kg. y  $24.479 \pm 5.556$  kg., con guante y sin guante, respectivamente. En esta investigación se utilizó una postura libre y el dinamómetro se sostuvo ligeramente para evitar su caída; se registró sólo la fuerza máxima de hombres y mujeres de cada prueba, es decir, si la primera prueba de agarre resultó mayor de las subsecuentes sería la fuerza máxima registrada, y en los casos de si la segunda prueba o tercera resultase mayor, la mayor de ellas fue la registrada.

Peters et al. (2011) hicieron una revisión de los valores para la fuerza de agarre empleando para ello un dinamómetro marca Jamar. Se analizaron 720 sujetos de 20 a 96 años de edad, de diferentes profesiones: empleados universitarios, de hospitales y

de escuelas secundarias, entre otros. Los autores concluyeron que los hombres poseen una mayor fuerza que las mujeres. Se efectuó un análisis multivariado, que no indicó alguna relación significativa con el peso o profesión en el percentil 5 de la población femenina analizada.

En la revisión de la literatura se aprecia que la máxima fuerza de agarre se encuentra en la mano dominante en hombres y mujeres y que los hombres tienen mayor fuerza de agarre que las mujeres (Swanson et al., 1970; Mathiowetz et al., 1984; Armstrong et al., 2002; Peters et al., 2011 y De la Vega et al., 2009) y que la fuerza máxima de agarre varía de acuerdo al diámetro del objeto que se agarra (De la Vega et al., 2009).

Con respecto al procedimiento para valorar la fuerza máxima de agarre, Baker (1993) y Mathiowetz et al., (1984) coinciden que es necesario realizar un mínimo de tres esfuerzos, separados entre ellos con un tiempo mínimo necesario para que los músculos se recuperen del esfuerzo. Por otro lado, Svensson (2009), quien estudió la función de la mano en niños y en personas con desórdenes neurológicos, plantea que es igualmente confiable, el obtener la media aritmética de tres intentos de fuerza máxima de agarre ó el registrar sólo un valor de la fuerza máxima de tres intentos.

Enseguida se revisa la literatura para conocer como diseñar el trabajo a fin de evitar desórdenes por trauma acumulado de la mano-muñeca.

#### **Diseño del trabajo para evitar DTAs de la mano-muñeca (De la Vega, 2005)**

Los principios ergonómicos que se aplican para evitar lesiones de la mano-muñeca incluyen, además de adoptar la postura correcta de la muñeca, la cantidad de fuerza requerida para hacer el trabajo y la tasa de repetición.

Deben eliminarse siempre las posturas no deseables; se deberán evitar las combinaciones de posiciones repetitivas, por ejemplo desviación ulnar y flexión; se diseñará la altura del punto de operación para que se permita la posición neutral de la muñeca y siempre el trabajo deberá mantenerse frente al trabajador.

Siempre se deberá de reducir el número de posiciones peligrosas repetidas en el ciclo de trabajo y se recomienda además de aplicar controles administrativos como rotación de los trabajos para variar la tensión de los tendones, el fomentar que el trabajador realice ejercicios de relajamiento.

Para reducir esfuerzos excesivos, es conveniente distribuir la carga sobre músculos/tendones, es preferible usar el apretón de mano en lugar de dedos, se debe: evitar el uso de la mano como pinza biológica, proporcionar herramienta o asistencia mecánica, seleccionar un buen agarre y reducir los requerimientos de fuerza de agarre.

El diseño de la herramienta es primordial para evitar o agravar lesiones en la mano-muñeca. Siempre se debe aplicar el principio ergonómico: doblar la herramienta y no la muñeca, además la herramienta debe tener mangos con diámetros manejables, redondos, los suficientemente largos para minimizar la presión en la palma de la mano; sin filos, de peso mínimo, con diseño equilibrado, debe minimizar la vibración y se le debe proporcionar el mantenimiento apropiado.

Los guantes deberán usarse sólo cuando sean necesarios, tendrán ajuste apropiado, no se deslizarán en la mano, deben favorecer la circulación y la transpiración.

### **III. MÉTODO Y MATERIALES**

Para obtener resultados válidos es necesario seguir una metodología adecuada. En este capítulo se especifica cómo se realiza el estudio a fin de lograr el objetivo que se busca. Primeramente se especifica lo relacionado con los sujetos, instrumentos, recursos y método utilizados, y se concluye con los conceptos teóricos aplicados. Las mediciones obtenidas se analizaron aplicando estadística descriptiva.

#### **Sujetos**

Se realiza este estudio exploratorio y transversal, con un tamaño de muestra de 640 alumnos del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Sonora, en la ciudad de Hermosillo, Sonora, quienes accedieron voluntariamente a participar en el estudio. Todos los sujetos estaban sanos, sin enfermedad o lesión alguna que pudiera afectar su fuerza de agarre de las extremidades superiores.

#### **Materiales**

Los recursos que se utilizaron fueron: un formato de recolección de datos con las copias necesarias, una computadora y un software de estadística (Minitab 15.0).

Además, para el experimento se utilizaron guantes de algodón 100%, tejido especial tipo japonés de 45 gr. Con puño elástico ajustable a la mano, unitalla, mismos que se muestran en la figura siguiente.

Figura 5. Guantes de algodón usados en el experimento.



### **Instrumentos**

Para medir la máxima fuerza de agarre se utiliza el dinamómetro electrónico de mano, estándar, marca CAMRY modelo número EH101, con capacidad de 90 kilogramos o 198 libras, con mango ajustable. Mientras se tomaron las mediciones, el dinamómetro se sostuvo ligeramente por el examinador.

Figura 6. Dinamómetro Camry modelo número EH101.



### **Procedimiento**

Primeramente, se diseñó el experimento, se definió la postura del tipo de agarre y el número de esfuerzos a medir. Se solicitó apoyo al Departamento de Ingeniería Industrial y a los profesores adscritos a él para que facilitaran la participación de sus



alumnos al experimento. Además se entrenó a alumnos, posibles tesisistas, en el manejo de instrumento.

Se realiza la recolección de la información durante los meses de febrero a diciembre del año 2012. La localización de los alumnos fue a través de los maestros del departamento. Se pidió a los alumnos que se asistieran al laboratorio de salud ocupacional donde se les dieron las instrucciones del experimento y se registraron los valores obtenidos en el experimento.

Con respecto al diseño del experimento, se tomó en cuenta las sugerencias de la Sociedad Americana de Terapistas de la Mano en relación a que es recomendable estandarizar la postura de las extremidades superiores ya que dicha posición puede influir en las mediciones; además recomienda la permanencia sentada de los sujetos al momento de la medición, mantener el codo flexionado a 90° y la postura neutral del antebrazo y muñeca (Mathiowetz et al., 1984).

Mathiowetz et al. son los primeros que reportan datos y procedimientos estandarizados para medir la máxima fuerza de agarre, dicha estandarización se relaciona con la postura del sujeto e instrucciones, para medir la confiabilidad y validar la medición del agarre de la mano. La mayor confiabilidad de la prueba se registró cuando se utiliza el promedio de las tres mediciones (Mathiowetz et al., 1984).

El presente estudio se realizó con los sujetos sentados de manera cómoda, con el codo cercano al cuerpo y apoyado en la mesa (Swanson et al., 1970), manteniendo la posición neutral de la muñeca. el experimento se realizó a una temperatura confortable  $24^{\circ} \pm 2^{\circ}$  C. Se midieron tres esfuerzos máximos de agarre sucesivos, alternando cada mano, con intervalos de un mínimo de tiempo de recuperación entre cada prueba para minimizar los efectos de la fatiga (Escalona et al., 2009; Incel et al., 2002; Bohannon, 1997). Cada esfuerzo se mantuvo por lo menos tres segundos (DiDomenico y Nussabaum, 2002). Las mediciones se registraron para la mano dominante y no dominante, sin guante y con guante.

## **Análisis estadístico**

Se analizaron los datos obtenidos aplicando estadística descriptiva, los resultados se incluyen en el siguiente capítulo.

## **IV. RESULTADOS**

En este capítulo se presentan los resultados de la investigación. Se aplicó estadística descriptiva para calcular frecuencias para un tamaño de muestra de 635, sujetos que accedieron de manera voluntaria a participar en el estudio.

### **Estadística descriptiva**

La tabla 4.1 muestra el número de mujeres y hombres que integran la muestra; el número de individuos, distribuidos por sexo y según su lateralidad se presenta en la tabla 4.1. La fuerza de agarre promedio sin guante distribuida por grupo de edad de la población femenina se muestra en la tabla 4.2, mientras que los resultados obtenidos para la población masculina se exhiben en la tabla 4.3. La fuerza de agarre promedio con guante distribuida por grupo de edad de la población femenina se presenta en la tabla 4.4 y la correspondiente a la población masculina se exhibe en la tabla 4.5. La fuerza de agarre promedio del sin guante del total de la muestra, distribuida por sexo se presenta en la tabla 4.6; así mismo, en la tabla 4.7 se muestra la fuerza de agarre promedio con guante de la muestra estudiada.

Tabla 4.1. Distribución de la muestra por grupo de edad y sexo.

Grupo de edad	Género	Número	Edad Promedio	Mano dominante	
				Derecha	Izquierda
18-19	Mujeres	53	18.6	49	4
	Hombres	104	18.5	96	8
20-24	Mujeres	125	21.0	118	7
	Hombres	300	21.3	274	26
25-29	Mujeres	4	24.8	4	0
	Hombres	44	25.5	39	5
30-34	Mujeres	0	0	0	0
	Hombres	5	31.0	5	0
TOTAL	Mujeres	182	20.4 ± 1.6	171	11
	Hombres	453	21.2 ± 2.4	414	39
Tamaño de la muestra		635			

Tabla 4.2. Fuerza máxima de agarre, en libras, sin guante de la población femenina.

Grupo de Edad	Mano Dominante	Mujeres							
		Fuerza de agarre Mano derecha	Desviación estándar	Min.	Máx.	Fuerza de agarre mano izquierda	Desviación estándar	Min.	Máx.
18-19	Derecha	54.7	11.9	33.0	86.7	48.4	10.4	29.1	71.7
	Izquierda	53.9	9.1	41.9	61.7	56.8	12.9	42.0	68.0
20-24	Derecha	57.9	12.2	32.6	93.3	52.0	12.2	26.4	91.7
	Izquierda	48.9	13.7	22.5	63.3	49.6	16.5	26.0	68.0
25-29	Derecha	61.5	17.1	48.3	86.7	56.3	20.5	42.0	87.0
	Izquierda	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	Derecha	55.7	12.3	32.6	93.3	50.9	12.0	26.4	91.7
	Izquierda	50.7	11.9	22.5	63.3	52.2	15.1	26.0	68.0

Tabla 4.3. Fuerza máxima de agarre, en libras, sin guante de la población masculina.

Grupo de Edad	Mano Dominante	Hombres							
		Fuerza de agarre Mano derecha	Desviación estándar	Mín.	Máx.	Fuerza de agarre mano izquierda	Desviación estándar	Mín.	Máx.
18-19	Derecha	97.5	18.1	54.5	153.1	91.5	16.6	50.1	138.3
	Izquierda	92.9	23.6	59.5	138.0	93.6	14.9	68.1	121.3
20-24	Derecha	98.3	18.9	36.9	148.3	91.0	19.1	35.3	143.3
	Izquierda	99.0	22.3	47.8	150.6	94.8	23.0	40.1	137.8
25-29	Derecha	103.3	20.0	62.5	142.3	99.0	17.9	59.8	133.0
	Izquierda	86.6	18.5	62.6	114.0	88.1	11.6	75.0	103.9
30-34	Derecha	100.2	14.9	76.7	111.9	94.5	18.4	73.0	115.0
	Izquierda	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	Derecha	98.6	18.8	36.9	153.1	91.9	18.5	35.3	143.3
	Izquierda	96.2	22.0	47.8	150.6	93.7	20.2	40.1	137.8

Tabla 4.4. Fuerza máxima de agarre, en libras, con guante de la población femenina.

Grupo de Edad	Mano Dominante	Mujeres							
		Fuerza de agarre Mano derecha	Desviación estándar	Mín.	Máx.	Fuerza de agarre mano izquierda	Desviación estándar	Mín.	Máx.
18-19	Derecha	51.2	12.1	29.1	89.3	50.3	12.8	25.3	89.3
	Izquierda	49.1	4.5	54.3	44.2	50.8	2.7	47.7	54.3
20-24	Derecha	54.4	13.2	27.3	83.3	53.8	13.5	27.3	83.3
	Izquierda	49.3	8.3	41.7	59.3	47.9	10.1	33.4	59.3
25-29	Derecha	61.7	21.3	41.9	91.7	61.7	21.3	41.9	91.7
	Izquierda	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	Derecha	52.9	13.2	27.3	97.9	52.6	13.7	25.3	83.3
	Izquierda	49.2	6.9	41.7	59.3	49.0	8.1	33.4	59.3

Tabla 4.5. Fuerza máxima de agarre, en libras, con guante de la población masculina.

Grupo de Edad	Mano Dominante	Hombres							
		Fuerza de agarre Mano derecha	Desviación estándar	Min.	Máx.	Fuerza de agarre mano izquierda	Desviación estándar	Min.	Máx.
18-19	Derecha	96.0	16.3	52.4	141.1	95.6	16.5	52.4	141.1
	Izquierda	88.2	16.6	65.1	115.3	86.9	15.9	65.1	115.3
20-24	Derecha	95.9	18.3	35.4	145.0	95.6	18.4	35.4	145.0
	Izquierda	93.6	19.6	42.8	123.4	89.7	25.1	11.4	123.4
25-29	Derecha	99.1	18.7	53.1	131.7	99.0	18.9	53.1	131.7
	Izquierda	81.8	17.0	64.7	102.0	83.3	15.4	64.7	102.0
30-34	Derecha	102.5	8.5	89.3	110.7	103.1	8.7	89.3	110.7
	Izquierda	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	Derecha	96.4	17.8	35.4	145.0	96.0	17.9	35.4	145.0
	Izquierda	90.9	18.7	42.8	123.4	88.3	22.2	11.4	123.4

Tabla 4.6. Fuerza máxima de agarre, en libras, sin guante de mujeres y hombres.

Mano dominante	Mujeres				Hombres			
	FA mano derecha	D. E.	FA mano izquierda	D. E.	FA mano derecha	D. E.	FA mano izquierda	D. E.
Derecha	55.7	12.3	50.9	12.0	98.6	18.8	91.9	18.5
Izquierda	50.7	11.9	52.2	15.1	96.2	22.0	93.7	20.2

Tabla 4.7. Fuerza máxima de agarre, en libras, con guante de mujeres y hombres

Mano dominante	Mujeres				Hombres			
	FA mano derecha	D. E.	FA mano izquierda	D. E.	FA mano derecha	D. E.	FA mano izquierda	D. E.
Derecha	52.9	13.2	52.6	13.7	96.4	17.8	96.0	17.9
Izquierda	49.2	6.9	49.0	8.1	90.9	18.7	88.3	22.2

Tabla 4.8. Comparación de resultados, de la fuerza de agarre sin guante, con los obtenidos por De la Vega et al. (2009).

<i>De la Vega et al. (2009)</i>		<b>Mujeres</b> <i>FA en libras fuerza</i>				<b>Hombres</b> <i>FA en libras fuerza</i>			
<b>Edad</b>	<b>M. D.</b>	<b>Media</b>	<b>D. E.</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>	<b>Media</b>	<b>D. E.</b>	<b>Min.</b>	<b>Max</b>
19-24	Derecha	55.34	11.37	22.05	88.18	97.6	21.35	48.5	154.32
	izquierda	50.66	10.79	33.07	90.39	88.74	20.05	44.09	136.69
25-29	Derecha					87.09	10.91	79.37	94.8
	izquierda					77.16	9.35	70.55	83.77
En este estudio		<b>Mujeres</b>				<b>Hombres</b>			
<b>Edad</b>	<b>M. D.</b>	<b>Media</b>	<b>D. E.</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>	<b>Media</b>	<b>D. E.</b>	<b>Min.</b>	<b>Max</b>
18-19	Derecha	54.7	11.9	33.0	86.7	97.5	18.1	54.5	153.1
	Izquierda	56.8	12.9	42.0	68.0	93.6	14.9	68.1	121.3
20-24	Derecha	57.9	12.2	32.6	93.3	98.3	18.9	36.9	148.3
	Izquierda	49.6	16.5	26.0	68.0	94.8	23.0	40.1	137.8
25-29	Derecha	61.5	17.1	48.3	86.7	103.3	20.0	62.5	142.3
	Izquierda					88.1	11.6	75.0	103.9
30-34	Derecha					100.2	14.9	76.7	111.9
	Izquierda								

Tabla 4.9. Comparación de resultados, de la fuerza de agarre de la población femenina, sin guante y con guante, con los obtenidos por De la Vega et al. (2009).

<i>De la Vega et al. (2009)</i>			<i>En este estudio</i>	
<i>FA en kg. Fuerza</i>	Media	D. E.	Media	D. E.
Sin guante MD	24.479	5.336	25.3	5.6
Sin guante MND	23.042	5.153	23.7	6.8
Con guante MD	25.417	5.156	24.0	6.0
Con guante MND	23.229	4.628	22.2	3.7

Tabla 4.10. Comparación de resultados, de la fuerza de agarre de la población masculina, sin guante y con guante, con los obtenidos por De la Vega et al. (2009).

<i>De la Vega et al. (2009)</i>			<i>En este estudio</i>	
<i>FA en kg. Fuerza</i>	Media	D. E.	Media	D. E.
Sin guante MD	42.58	9.07	44.7	8.5
Sin guante MND	39.8	10.59	42.5	9.2
Con guante MD	44.29	8.84	43.7	8.1
Con guante MND	41.53	9.14	40.1	10.1



## DISCUSIÓN

Este estudio comprende una muestra de 635 sujetos que se encuentran en edad laboral, de 18 a los 33 años. A continuación se incluye el perfil demográfico de los sujetos estudiados, la lateralidad y los resultados obtenidos para la fuerza máxima de agarre, distribuidos por sexo y por grupo de edad.

### **Perfil demográfico de la muestra**

En la distribución por sexo, se encuentran 182 (27.9%) mujeres y 453 (72.1%) hombres. La edad de las mujeres participantes va desde 18 hasta 29 años y de los hombres de 18 hasta 34 años. Se obtuvo que la edad promedio de las mujeres es de 20.5 años, con una desviación estándar de 1.9 años, mientras que los hombres tienen una edad promedio de 21.3 años con una desviación estándar de 2.5 años.

### **Lateralidad de los participantes**

De la población de mujeres estudiadas, 171 (93.9%) son de lateralidad derecha; 49 (28.7%) están en el grupo de edad de 18 a 19 años, 118 (69.0%) tienen de 20 a 24 años y 4 (2.3%) se encuentran entre 25 y 29 años.

De las mujeres 11 (6.1%) manifiestan ser de lateralidad izquierda; 4 (36.3%) están en el grupo de edad de 18 a 19 años y en el grupo de 20 a 24 años se encuentran 7 (63.6%) mujeres.

La población de hombres de lateralidad derecha comprende un total de 414 (91.3%), de los cuales 96 (23.1%) están en el grupo de edad de 18 a 19 años, entre 20 y 24 años están 274 (66.1%) sujetos, entre 25 y 29 años están 39 (9.4%), de 30 a 34 años se encuentran 5 sujetos (1.2%).

En el presente este estudio participó una total de 39 (8.6%) hombres de lateralidad izquierda, de los cuales 8 (20.5%) están en el grupo de edad de 18 a 19 años, 26 (66.6%) de 20 a 24 años y 5 (12.8%) tienen de 25 a 29 años de edad.

### **Fuerza máxima fuerza de agarre en lateralidad derecha**

La fuerza máxima de agarre sin guante en mujeres cuya mano dominante es la derecha, se encontró de los 25 a los 29 años (61.5 lbs.), le siguen quienes tienen de 20 a 24 años (57.9 lbs.) y quienes mostraron menor fuerza de agarre fue el grupo de edad de 18 a 19 años (54.7 lbs.).

En la población masculina con lateralidad derecha la fuerza máxima de agarre sin guante se encontró en el grupo de edad de 25 a 29 años (103.3 lbs.), le sigue el grupo de edad de 30 a 34 años (100.2 lbs.), en tercer lugar quienes tienen de 20 a 24 años (98.3 lbs.) y por último se encuentran quienes tienen de 18 a 19 años (97.5 lbs.).

La fuerza máxima de agarre con guante en mujeres cuya mano dominante es la derecha, se encontró de los 25 a los 29 años (61.7 lbs.), le siguen quienes tienen de 20 a 24 años (54.4 lbs.) y quienes mostraron menor fuerza de agarre fue el grupo de edad de 18 a 19 años (51.2 lbs.).

En la población masculina con la mano derecha como mano dominante, la fuerza máxima de agarre con guante se encontró en el grupo de edad de 35 a 39 años (107.0 lbs.), le sigue el grupo de edad de 30 a 34 años (102.5 lbs.), en tercer lugar quienes tienen de 25 a 29 años (99.1 lbs.), le sigue el grupo de 18 a 19 años (96.0 lbs.) y por último el grupo de 20 a 24 años mostró la menor fuerza de agarre con guante (95.9 lbs.).

### **Fuerza máxima de agarre en lateralidad izquierda**

La fuerza máxima de agarre sin guante en mujeres, cuya mano dominante es la izquierda, se encontró en el grupo de edad de 18 a 19 años (56.8 lbs.) y les siguen quienes tienen de 20 a 24 años (49.6 lbs.).

En la población masculina con la izquierda como mano dominante, la fuerza máxima de agarre sin guante se encontró en las edades de 20 a 24 años (94.8 lbs.), le sigue el grupo de edad de 18 a 19 años (93.6 lbs.) y por último quienes mostraron la menor fuerza de agarre en estas condiciones fue el grupo de edad de 25 a 29 años (88.1 lbs.).

La máxima fuerza de agarre con guante en mujeres cuya mano dominante es la izquierda, se encontró en las participantes de 18 a 19 años (50.8 lbs.) y les siguen quienes tienen de 20 a 24 años (47.9 lbs.).

En la población masculina con la mano izquierda como mano dominante, la máxima fuerza de agarre con guante se encontró en el grupo de edad de 20 a 24 años (89.78 lbs.), le sigue el grupo de edad de 18 a 19 años (86.9 lbs.) y en tercer lugar están quienes tienen de 25 a 29 años (83.3 lbs.).

### **Comparación con otros estudios**

Los resultados, de la fuerza máxima de agarre sin guante, registrados en este estudio se encontró en hombres, de 20 a 24 años, son ligeramente superiores a los reportados por De la Vega et al. (2009), sin embargo, ambos estudios coinciden en que la máxima fuerza de agarre se ubica en el mismo grupo de edad. En cuanto al grupo de mujeres, se presenta la misma situación, los resultados obtenidos en esta investigación son un poco más altos que los reportados por De la Vega et al. (2009), y se localizan en el mismos grupos de edad.

La fuerza máxima de agarre sin guante de hombres con mano dominante derecha, de 18 a 34 años,  $98.6 \pm 18.8$  lbs. ( $44.7 \pm 8.5$  kg.), es similar al reportado por Armstrong (2002),  $100 \pm 15$  lbs. y por Swanson et al. (1970), entre 45.2 y 45.9 kg., en un grupo de hombres de 20 a 60 años. Sin embargo, la fuerza máxima de agarre de la población masculina cuya mano izquierda es dominante,  $93.7 \pm 20.2$  lbs. ( $42.5 \pm 9.2$  kg.) es inferior a los valores citados por Armstrong (2002).

La fuerza máxima de agarre sin guante obtenida del grupo de mujeres con mano derecha dominante, de 18 a 29 años,  $55.7 \pm 12.3$  lbs. ( $25.3 \pm 5.6$  kg.), es similar al reportado por

Armstrong (2002),  $55 \pm 11$  lbs, e inferiores a los de Swanson et al. (1970), 67.8 lbs (30.8 kg.), de un grupo de mujeres con mano derecha dominante entre los 30 y 40 años. En cuanto a los resultados obtenidos para la población femenina con lateralidad izquierda,  $52.2 \pm 15.1$  lbs. ( $23.7 \pm 6.8$  kg.) son inferiores a los reportados por Armstrong (2002) y los de Swanson et al. (1970). Al realizar la comparación de los registrados de este estudio para la fuerza máxima de agarre sin guante del grupo de mujeres de lateralidad derecha,  $55.7 \pm 12.3$  lbs. ( $25.3 \pm 5.6$  kg.) y  $52.2 \pm 15.1$  lbs. ( $23.7 \pm 6.8$  kg.) las de lateralidad izquierda, ambos, son mayores que los reportados por De la Vega et al. (2009):  $24.47 \pm 5.3$  kg. lateralidad derecha y  $23.04 \pm 5.15$  kg. para el grupo de mujeres de lateralidad izquierda.

Los valores obtenidos para la fuerza máxima de agarre con guante del grupo de hombres ( $96.4 \pm 17.8$  lbs., lateralidad derecha y  $88.3 \pm 22.2$  lbs. lateralidad izquierda) y del grupo de mujeres ( $52.9 \pm 13.2$  lbs., lateralidad derecha y  $49.0 \pm 8.1$  lbs., lateralidad izquierda) de ambas lateralidades son ligeramente menores que los valores obtenidos al medir la fuerza de agarre sin guante de los grupos de ambos sexos, tal y como se muestra en las tablas 4.9 y 4.10.

Estos resultados contradicen los resultados reportados por De la Vega et al. (2009) y apoyan los obtenidos por Hertzberg (1955) y Rock, K. M. et al. (2001), en cuanto a que "el sujeto pierde ... fuerza al utilizar guantes"; debido a que en este estudio, la fuerza máxima de agarre con guantes disminuyó del 2.2% al 6.0%. Una posible interpretación de la diferencia de resultados obtenidos en este estudio y los que arrojó el estudio de De la Vega et al. (2009) puede ser el hecho de que se utilizaron diferentes instrumentos de medición.

En este estudio se encontró que en individuos diestros la mano dominante es la más fuerte, situación que no se presenta con los individuos cuya mano dominante es la izquierda, por lo que se apoya lo publicado por Incel et al. (2002). Una posible interpretación puede ser que por factores culturales las personas de lateralidad izquierda se ven obligadas al desarrollo de mayor fuerza de la mano derecha, debido a que por lo general, el mobiliario, herramientas, etc. se diseña para personas de lateralidad derecha.

Con frecuencia, durante la infancia, principalmente en el ámbito escolar se exige a los niños a escribir con la mano derecha, aún más, los mesa bancos que utilizan están diseñados para la población de lateralidad derecha.

Con respecto al grupo que tiene la menor fuerza de agarre es el de mujeres, debido a que en el grupo de hombres se encontró la mayor fuerza de agarre. Estos resultados coinciden con los obtenidos en otras investigaciones consultadas (Armstrong et al., 2002; De la Vega et al., 2009; Peters et al., 2011 y otros).

## V. CONCLUSIONES

En este último capítulo se mencionan, primeramente las diferentes conclusiones a las que se llegó en el presente estudio para después citar algunas recomendaciones a considerar en estudios subsecuentes.

En esta investigación se cumplió con el propósito de evaluar la fuerza máxima de agarre de la población de estudiantes del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Sonora, Unidad Centro y se hicieron comparaciones con los resultados obtenidos en otras investigaciones.

Se puede inferir que los resultados de esta investigación son representativos de los sujetos sonorenses de las edades incluidas de 18 a 25 años y servirán como estándares para establecer una guía de los niveles de fuerza máxima de agarre que se pueden ejercer en actividades laborales que utilizan el mismo tipo de agarre.

Los hallazgos del presente estudio ratifican lo planteado en uno de los principios ergonómicos "adaptar el trabajo a las capacidades y limitaciones de la población de interés", para asegurar la realización de los trabajos en condiciones seguras.

### **Recomendaciones**

Es deseable continuar con el estudio actual e incluir más individuos de ambos sexos, de edades menores de 18 y mayores de 25 años. Otra propuesta sería realizar un estudio del mismo tipo de agarre sin apoyo.

Para los casos en que se desee llevar a cabo un estudio comparativo con otros realizados en poblaciones diferentes, se propone, además de seguir un protocolo de medición estandarizado, el utilizar un mismo instrumento de medición.

También, es deseable que se continúe con la presente investigación, para hacer estudios de seguimiento a fin de conocer el proceso de desarrollo de la fuerza de agarre en la población estudiada.

Otras propuestas serían extender esta investigación a individuos que ejecutan trabajos en diferentes áreas técnicas y/o profesionales, para que se realicen estudios comparativos e interprofesionales.

Además se sugiere realizar una investigación en la industria para conocer los tipos de agarres que con mayor frecuencia se presentan, para así extender el estudio en aquellos tipos de agarre no considerados en la presente investigación.

## REFERENCIAS

- Armstrong, Thomas, 2002. *Biomechanics of Hand Work: Force*. EUA: Universidad de Michigan. Diapositivas 1 – 72.
- Bridger, R. S., 2003. *Introduction to Ergonomics*. Londres, R. U. y Nueva York, U. S. A.: Taylor & Francis Group.
- Cerda, Eduardo, Cubillos, Nicolas, Medina, Oscar y Rodríguez, Carolina, 2011. Estudio piloto de medidas antropométricas de la mano y fuerzas de presión, aplicables al diseño de herramientas manuales. *Ciencia y Trabajo*, año 13, número 39.  
Disponible en:  
Visto: 21 noviembre de 2012.
- Comisión de Salud Pública, 2000. *Movimientos repetidos de miembro superior*. España: Ministerio de Sanidad y Consumo. Disponible en:  
  
Visto: 21 noviembre de 2012.
- De la Vega, Enrique, 2005. *Ergonomía*. Hermosillo, Sonora: Instituto Tecnológico de Hermosillo.
- DiDomenico, A. y Nussbaum, M., 2003. Measurement and Prediction of Single and Multi-digit Finger Strength. *Ergonomics*, volumen 46, 15, páginas 1531-1548.
- Diego-Mas, Asensio Cuesta, 2008 citados por Araña Suárez, Santiago Mario, 2009. *Trastornos Músculo esqueléticos, psicopatología y dolor*. España: Secretaria de Estado de Seguridad Social.
- Diez de Ulzurum et al., 2007 citados por Araña Suárez, Santiago Mario, 2009. *Trastornos Músculo esqueléticos, psicopatología y dolor*. España: Secretaria de Estado de Seguridad Social.
- Hagberg, 1995 citado por Riihimaki, Hilikka y Viikari-Juntura, Eira, 1998. Sistema músculo esquelético. *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*. Disponible en:  
  
Visto: 21 noviembre de 2012.



Escalona D'A, Naranjo O., Jeannette, Pamela al., 2009; Lagos S., Verónica y Solís F., Fresia, 2009. Parámetros de Normalidad en Fuerzas de Prensión de Mano en Sujetos de Ambos Sexos de 7 a 17 Años de Edad. *Revista Chilena de Pediatría*, vol. 80 (5), pág. 435-443.

Guillén Fonseca, Martha, 2006. Ergonomía y la relación con los factores de riesgo en salud ocupacional. *Revista Cubana de Enfermería* [online]. Disponible en:

Visto: 21 noviembre de 2012.

Esma,

y

Yorgancioglu Z. Rezan, 2002. Grip strength: effect of hand dominance.

, vol. 43(5), pág. 234-237.

Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (I. C. B. F.), 2013. Programa de vigilancia epidemiológica ocupacional, prevención del riesgo ergonómico. Disponible en:

Visto: 18 de agosto de 2013.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España (I. N. S. H. T.), 2007 citado por Araña Suárez, Santiago Mario, 2009. *Trastornos Músculo esqueléticos, psicopatología y dolor*. España: Secretaria de Estado de Seguridad Social.

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España (I. N. S. H. T.), 2011. *Tareas repetitivas I: Identificación de los factores de riesgo para la extremidad superior*. España: Ministerio de trabajo e Inmigración.

Malchaire, Jacques, 2004. *Toda condición de trabajo y toda exposición profesional son necesariamente multifactoriales*. Disponible en:

Visto: 8 de octubre de 2012.

Mathiowetz, Virgil, Kashman, Nancy, Volland, Gloria, Weber, Karen, Dowe, Mary y Rogers, Sandra, 1. Grip and Pinch Strength: Normativa Data for Adults. *Occupational Therapy Program*.

Mondelo, P. R., Torada, E. G. y Bombardo, P. B., 2010. *Ergonomía: Fundamentos*. 1. Web ebooks de UPC.

Moore, 1992, citado por Riihimaki, Hilikka y Viikari-Juntura, Eira, 1998. Sistema músculo esquelético. *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*. Disponible en:

Visto: 21 noviembre de 2012.

Neculhueque, Ximena Z., Moyano, Á., & Paolinelli, C., 2007. Neuropatías por Atrapamiento. *Reumatología*, 23(1), 7-11.

Niebel, Benjamín y Freivalds, Andris, 2009. *Ingeniería Industrial, Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo*. 12ª. Edición, editorial McGraw Hill, México, cap. 5, p. 160.

NIOSH, 2010. *Trastornos músculo-esqueléticos en el sector manufacturero*. Disponible en:

Visto: 20 de mayo de 2013.

Secretaría de Salud en México (SSA), 2013. Norma Oficial Mexicana NOM-048-SSA1-1993. Disponible en:

Visto: 21 de octubre de 2013.

Organización Internacional del Trabajo (OIT), 1999. *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*. Oficina Internacional del Trabajo. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, Instituto Nacional del Seguridad e Higiene del Trabajo. Ginebra: OIT.

Ortega Villalobos, Joel, 1999. Costo e impacto de los riesgos del trabajo. Disponible en:

Visto: 16 de Octubre del 2012.

Plog, Barbara A. y Quinlan, J., eds. 2002. *Fundamentals of Industrial Hygiene*. 5a. ed. Occupational Safety y Health Series: National Safety Council Press.

Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo (RFSHMAT), 1997. Disponible en:

Visto: 21 noviembre de 2012.

Riihimaki, Hilikka y Viikari-Juntura, Eira, 1998. Sistema músculo esquelético. *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*. Disponible en:

Visto: 21 noviembre de 2012.

Rock, K. M., Mikat, R. P., & Foster, C., 2001. The effects of gloves on grip strength and three-point pinch. *Journal of hand therapy*, 14(4), 286-290.

Romero Hernández, Omar, Muñoz Negrón, David y Romero Hernández, Sergio, 2006. *Introducción a la ingeniería. Un enfoque industrial*. México: International Thomson Editores S. A. de C. V.

Salazar Vaca, Carla Elizabeth, 2013. Elaboración de una guía de ergonomía para el mejor desempeño laboral del personal de secretariado de las instituciones públicas y privadas de la ciudad de Pujilí, período 2012 – 2013. Disponible en:

Visto: 21 de octubre de 2013.

Sanders, M. S., y McCormick, E. J., 1993. *Human factors in engineering and design*. EUA: McGraw-Hill book Company.  
SEMAC. Ergonomía. Disponible en:

Visto: 10 de febrero de 2012.

Silverstain, B. A., Fine L. J. y Armstrong, T. J., 1986. Hand wrist cumulative trauma disorders in industry. *British Journal of Industrial Medicine*; 43:779-784  
doi:10.1136/oem.43.11.779

STPS, 2012. Información sobre accidentes y enfermedades de trabajo Nacional 2002 - 2011. Disponible en:

Visto: 20 de mayo de 2013.

STPS, 2011. Información sobre accidentes y enfermedades de trabajo Sonora 2002-2010. Disponible en:

Visto: 20 de mayo de 2013.

- Swanson, Alfred B, Matev, Ivan B. y de Groot, G., 1970. The Strength of the Hand. *The Journal of Human Factors and Ergonomics Society*. Bulletin of Pospethics. E. U. A.
- Viikari-Juntura, 1999 citado por DiDomenico Astin, Angela y Nussbaum, Maury A., 2003. Measurement and Prediction of Single and multi-digt finger strength. *Ergonomics*, 2003, vol. 46 no. 15, pág. 1531-1548.
- Villaseñor, Benjamín, 2013. Salud laboral: Trastornos músculo-esqueléticos. Disponible en:

Visto: 20 de mayo de 2013.

- Young, Justin Gregory, 2011. Biomechanics of Hand/Handhold Coupling and Factors Affecting the Capacity to Hang On. Disertación para Ph D Industrial and Operations Engineering in the University of Michigan. Disponible en:

Visto: 25 de mayo de 2013.

RBC-T-140128