

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA



FACULTAD DE INGENIERÍA ENSENADA

INGENIERÍA INDUSTRIAL



MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA Y CIENCIAS

TESIS:

FUERZAS MÁXIMAS PARA PRESIONAR Y JALAR CON AGARRE
PARA LA CIUDAD DE ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO.

MANUEL DANIEL DEL RIO MEJIA

CLAUDIA CAMARGO WILSON

DIRECTOR DE TESIS

ENRIQUE JAVIER DE LA VEGA BUSTILLOS

CO-DIRECTOR

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA A JULIO DEL 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

**FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD ENSENADA**

**FUERZAS MÁXIMAS PARA PRESIONAR Y JALAR CON AGARRE
PARA LA CIUDAD DE ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO**

TESIS

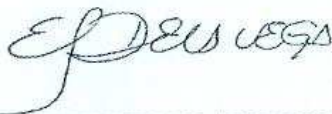
Que para obtener el grado de maestría en ingeniería presenta:

MANUEL DANIEL DEL RIO MEJIA

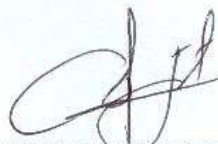
Aprobada por:



M.C. CLAUDIA CAMARGO WILSON
Director de tesis



DR. ENRIQUE JAVIER DE LA VEGA BUSTILLOS
Co-director de tesis



M.C. JESUS EVERARDO OLGUIN TIZNADO
Miembro del comité

Ensenada Baja California, México. Julio 2010.

ÍNDICE

Capítulo	Página
LISTA DE TABLAS.....	iv
LISTA DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN.....	viii
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Ficha metodológica.....	4
1.2 Planteamiento del problema.....	5
1.2.1. Definición del Problema.....	5
1.2.2. Preguntas de Investigación.....	7
1.3. Hipótesis.....	7
1.4 Objetivos.....	8
1.4.1 Objetivo General.....	8
1.4.2. Objetivos específicos.....	9
1.5. Justificación.....	9
1.6 Limitaciones.....	10
2. Marco teórico.....	11
2.1 Ergonomía.....	11
2.2 Sistema hombre-máquina.....	27
2.3 La biomecánica.....	28
2.4 Tareas manuales.....	29
2.5 Estadística.....	34
2.6 Estudio repetibilidad y reproducibilidad (RYR).....	38
2.7 Marco de referencia.....	40
3. Materiales y métodos.....	60
3.1 Materiales.....	60
3.2 Método.....	61
4. Análisis y discusión de resultados.....	71
4.1 Fuerzas de presión hacia enfrente y presión hacia abajo con los dedos índice y pulgar.....	71
4.2 Fuerzas de jalar con agarre tipo pulp y chuck con dispositivo 1 y 2.....	84
4.3 Análisis comparativo de la presente investigación vs Peebles y Norris (2000).....	95
5. Conclusiones y recomendaciones.....	105
5.1 Conclusiones.....	105
5.2 Recomendaciones.....	107
6. BIBLIOGRAFÍA.....	109

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1	Ficha metodológica.....	4
Tabla 2.1	Factores para selección de herramientas.....	31
Tabla 2.2	Tamaño de la muestra, para las mediciones de presión con el dedo, estudio Peebles y Norris (2000).....	53
Tabla 2.3	Resultados de presión hacia enfrente y hacia abajo del dedo índice para el estudio Peebles y Norris (2000).....	54
Tabla 2.4	Resultados de presión hacia enfrente y hacia abajo del dedo pulgar para el estudio Peebles y Norris (2000).....	55
Tabla 2.5	Tamaño de la muestra, para las mediciones de jalar con agarre, estudio Peebles y Norris (2000).....	57
Tabla 2.6	Resultados de jalar con agarre, estudio Peebles y Norris (2000).....	58
Tabla 3.1	Resultados de la medición, presión hacia abajo con el dedo índice para estudio RYR cruzado.....	62
Tabla 3.2	Tabla ANOVA con interacción. Del estudio RYR.....	62
Tabla 3.3	Porcentaje de contribución. De la prueba RYR.....	63
Tabla 3.4	Distribución de los participantes en sus rangos de edad, para el presente trabajo.....	63
Tabla 4.1	Fuerzas de presión hacia enfrente y hacia debajo del dedo índice, presente trabajo.....	72
Tabla 4.2	Diferencias entre hombres y mujeres (prueba t) para el dedo índice, presente trabajo.....	73
Tabla 4.3	ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs Edad, presión hacia enfrente para hombres, presente trabajo.....	75
Tabla 4.4	ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs Edad, presión hacia enfrente para Mujeres, presente trabajo.....	75
Tabla 4.5	ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs Edad, presión hacia abajo para Hombres, presente trabajo.....	76
Tabla 4.6	ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs Edad, presión hacia abajo para Mujeres, presente trabajo.....	76
Tabla 4.7	Fuerzas de presión hacia enfrente y hacia abajo del dedo pulgar, presente trabajo.....	77
Tabla 4.8	Diferencias entre hombres y mujeres (prueba t) para el dedo pulgar, presente trabajo.....	78
Tabla 4.9	ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs Edad, presión hacia enfrente para hombres.....	80
Tabla 4.10	ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs Edad, presión hacia enfrente para mujeres.....	80
Tabla 4.11	ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs Edad, presión hacia abajo para hombres.....	81
Tabla 4.12	ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs Edad, presión hacia abajo para mujeres.....	81
Tabla 4.13	ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs Tipo de presión, para hombres, presente trabajo.....	82

Tabla 4.14	ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs Tipo de presión, para mujeres, presente estudio.....	83
Tabla 4.15	Fuerzas de jalar con agarre con dispositivo 1 y dispositivo 2.	84
Tabla 4.16	Diferencia entre hombres y mujeres para las fuerzas de jalar con agarre tipo Pulp.....	85
Tabla 4.17	ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs Edad, jalar con agarre tipo pulp con dispositivo 1 (Hombres).....	86
Tabla 4.18	ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs Edad, jalar con agarre tipo pulp con dispositivo 1 (Mujeres).....	87
Tabla 4.19	ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs Edad, jalar con agarre tipo pulp con dispositivo 2 (Hombres).....	87
Tabla 4.20	ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs Edad, jalar con agarre tipo pulp con dispositivo 2 (Mujeres).....	88
Tabla 4.21	Diferencia entre hombres y mujeres para las fuerzas de jalar con agarre tipo chuck.....	89
Tabla 4.22	ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs Edad, jalar con agarre tipo chuck con dispositivo 1 (Hombres).....	90
Tabla 4.23	ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs Edad, jalar con agarre tipo chuck con dispositivo 1 (Mujeres).....	91
Tabla 4.24	ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs Edad, jalar con agarre tipo chuck con dispositivo 2 (Hombres).....	91
Tabla 4.25	ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs Edad, jalar con agarre tipo chuck con dispositivo 2 (Mujeres).....	92
Tabla 4.26	ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs tipo de agarre (Hombres).....	93
Tabla 4.27	ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs tipo de agarre (Mujeres).....	94
Tabla 4.28	Resultados de la presente investigación y Peebles y Norris (2000), Fuerzas con el dedo índice presión hacia enfrente...	95
Tabla 4.29	Resultados de la presente investigación y Peebles y Norris (2000), Fuerzas con el dedo índice presión hacia abajo.....	96
Tabla 4.30	Resultados de la presente investigación y Peebles y Norris (2000), Fuerzas con el dedo pulgar presión hacia enfrente...	97
Tabla 4.31	Resultados de la presente investigación y Peebles y Norris (2000), Fuerzas con el dedo pulgar presión hacia abajo.....	98
Tabla 4.32	Resultados de la presente investigación y Peebles y Norris (2000), Fuerza de jalar con agarre pulp con dispositivo 1.....	99
Tabla 4.33	Resultados de la presente investigación y Peebles y Norris (2000), Fuerza de jalar con agarre chuck con dispositivo 1...	100
Tabla 4.34	Resultados de la presente investigación y Peebles y Norris (2000), Fuerza de jalar con agarre pulp con dispositivo 2....	101
Tabla 4.35	Resultados de la presente investigación y Peebles y Norris (2000), Fuerza de jalar con agarre chuck con dispositivo 2...	102

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1	Dispositivo 1.....	60
Figura 3.2	Dispositivo 2.....	60
Figura 3.3	Posturas para fuerza máxima de presión hacia enfrente con el dedo Índice.....	64
Figura 3.4	Postura para fuerza máxima de presión hacia enfrente con el dedo pulgar.....	65
Figura 3.5	Postura para fuerza máxima de presión hacia abajo con el dedo Índice.....	66
Figura 3.6	Postura para fuerza máxima de presión hacia abajo con el dedo pulgar.....	66
Figura 3.7	Postura para fuerza máxima de jalar con agarre pulp.....	67
Figura 3.8	Postura para fuerza máxima de jalar con agarre pulp.....	68
Figura 3.9	Postura para fuerza máxima de jalar con agarre chuck.....	68
Figura 3.10	Postura para fuerza máxima de jalar con agarre chuck.....	69
Figura 4.1	Fuerza media hacia enfrente dedo índice.	74
Figura 4.2	Fuerza media hacia abajo dedo índice.....	74
Figura 4.3	Fuerza vs Edad, presión hacia enfrente dedo índice (Hombres).....	75
Figura 4.4	Fuerza vs Edad, presión hacia enfrente dedo índice (Mujeres).....	75
Figura 4.5	Fuerza vs Edad, presión hacia abajo dedo índice (Hombres).....	76
Figura 4.6	Fuerza vs Edad, presión hacia abajo dedo índice (Mujeres).	76
Figura 4.7	Fuerza media hacia enfrente.	79
Figura 4.8	Fuerza media hacia abajo.....	79
Figura 4.9	Fuerza vs Edad, presión hacia enfrente dedo pulgar (Hombres).....	80
Figura 4.10	Fuerza vs Edad, presión hacia enfrente dedo pulgar (Mujeres).....	80
Figura 4.11	Fuerza vs Edad, presión hacia abajo dedo pulgar (Hombres).....	81
Figura 4.12	Fuerza vs Edad, presión hacia abajo dedo pulgar (Mujeres).	81
Figura 4.13	Fuerza vs Tipo de presión, hombres.	82
Figura 4.14	Fuerza media de presión, hombres.....	82
Figura 4.15	Fuerza vs Tipo de presión, mujeres.	83
Figura 4.16	Fuerza media de presión, mujeres.....	83
Figura 4.17	Fuerza media, dispositivo 1.	86
Figura 4.18	Fuerza media, dispositivo 2.....	86
Figura 4.19	Fuerza vs Edad, con dispositivo 1 (Hombres).....	86
Figura 4.20	Fuerza vs Edad, con dispositivo 1 (Mujeres).....	87
Figura 4.21	Fuerza vs Edad, con dispositivo 2 (Hombres).....	87
Figura 4.22	Fuerza vs Edad, con dispositivo 2 (Mujeres).....	88

Figura 4.23	Fuerza media, dispositivo 1.	90
Figura 4.24	Fuerza media, dispositivo 2.....	90
Figura 4.25	Fuerza vs Edad, con dispositivo 1 (Hombres).....	91
Figura 4.26	Fuerza vs Edad, con dispositivo 1 (Mujeres).....	91
Figura 4.27	Fuerza vs Edad, con dispositivo 2 (Hombres).....	92
Figura 4.28	Fuerza vs Edad, con dispositivo 2 (Mujeres).....	92
Figura 4.29	Fuerza vs Tipo de agarre, hombres.	93
Figura 4.30	Fuerza media jalar con agarre, hombres.....	93
Figura 4.31	Fuerza vs Tipo de agarre, mujeres.	94
Figura 4.32	Fuerza media jalar con agarre, mujeres.....	94

Resumen

La consideración de las fuerzas de la mano y los dedos es esencial durante el diseño industrial de tareas manuales intensivas, así como en el desarrollo de estaciones de trabajo seguras y herramientas manuales ergonómicas, ello con la finalidad de minimizar la disconformidad y el riesgo de heridas de las extremidades superiores en los trabajadores. Por lo cual, deben utilizarse valores de referencia de fuerzas manuales cuando la población de referencia sea similar a la población para la cual los datos son usados. Ya que el uso de grupo de datos normativos internacionales puede crear diseños limitados, los cuales excedan las capacidades de fuerza de la población usuario y subsecuentemente conduzca a lesiones de extremidades superiores y enfermedades. Por lo anterior, en este trabajo de investigación se definió como el principal problema a abordar: la falta de valores de referencia sobre fuerzas manuales para la ciudad de Ensenada, Baja California. Y se estableció como objetivo general de esta investigación: la creación de datos de fuerzas manuales de agarre tipo chuck y pulp y de fuerzas de presión hacia enfrente y hacia abajo con los dedos pulgar e Índice de la población de Ensenada, B.C., ello tanto para hombres como para mujeres en un rango de edad entre 2 a 90 años. La realización de este trabajo tuvo un impacto social positivo ya que proporciona información valiosa sobre fuerzas de agarre y de presión de la mano para la ciudad de Ensenada, B. C. Además, tiene una aportación práctica, ya que brinda información que servirá para preveer lesiones y/o fatiga a causa de una concepción defectuosa del diseño de productos, puestos de trabajo y/o herramientas manuales. Y también servirá como guía a futuros casos de estudio, ya que en México se carece de este tipo de información. Por lo tanto, la realización de este trabajo servirá a estudiantes e investigadores que deseen continuar con investigaciones relacionadas, ya que podrán tomarlo como referencia y la información que en él se encuentra. Los resultados obtenidos de manera general fueron los siguientes: los hombres mostraron mayor fuerza que las mujeres en los 8 tipos de fuerza analizados en esta investigación. Además se puede decir que la fuerza

incrementa conforme a la edad, teniendo las mujeres sus valores más altos como sigue: en el rango de 61-70 años en el caso de las 4 fuerzas de jalar con agarre, en las fuerzas de presión hacia enfrente se encontró en el rango de 51-60 años y para las fuerzas de presión hacia abajo en el rango de 71-80 años. Para el caso de los hombres se encontraron sus valores más altos en el rango de 21-30 años, este comportamiento se muestra en todas las fuerzas medidas. También en las 8 fuerzas que fueron analizadas en este trabajo y comparadas con el estudio realizado por Peebles y Norris (2000), se pudo observar que la fuerza de la muestra del estudio de Peebles y Norris (2000) fue mayor a la muestra de este trabajo de investigación.

Palabras claves: Fuerzas manuales, diseño, valores de referencia, capacidades.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Con el nacimiento de la era industrial surgen los problemas de adaptación del hombre a las nuevas formas y ambientes de trabajo (Abad et al., 1983), esto trae consigo la necesidad de crear una ciencia que estudie estos fenómenos, de ahí la conceptualización de la ergonomía la cual originalmente fue definida y propuesta por el científico polaco B. W. Jastrzebowski en 1857, como una disciplina científica, que se desarrollo principalmente con el fin de adaptar el ambiente y las condiciones de trabajo a las características fisiológicas y psicológicas del trabajador.

Karwowski (2006), nos dice que la ergonomía es un término comúnmente usado como sinónimo de factores humanos, en el que el enfoque central de estos es la aplicación de información relevante acerca de características humanas y actividades para el diseño de objetos, instalaciones industriales y ambientes laborales.

Este trabajo se enfocará en una de las ramas de la ergonomía, la biomecánica la cual trata de evaluar la efectividad en la aplicación de las fuerzas para asumir los objetivos con el menor costo para las personas y la máxima eficacia para el sistema productivo. De la biomecánica se derivan directamente dos aspectos fundamentales en el diseño de puestos de trabajo como causa y efecto de los esfuerzos realizados por los operarios: las herramientas manuales y las patologías que ocasionan (Mondelo, 2000).

Las manos son herramientas necesarias en la mayor parte de las actividades del ser humano, y rara es la tarea que no involucra su funcionamiento, si bien ambas manos juntas representan apenas el 5% de la superficie corporal total, el funcionamiento que tienen es dinámico, complejo y esencial. (López, 2007).

La mecanización que se vive en esta época, significa que millones de manos trabajan y por lo mismo están en riesgo de traumatizarse. Los traumatismos de las manos encabezan la lista de accidentes industriales (Barajas, 2001; López, 2007) y son responsables de gran parte de los gastos de indemnización (Barajas, 2001).

Las lesiones laborales en México representan un problema importante para las pequeñas, medianas y grandes industrias del país. De acuerdo con la información reportada por el Instituto Mexicano del Seguro Social entre el año 1999 y 2003, trastornos de la capsula sinovial, de la sinovia y de los tendones, y los trastornos del túnel carpiano, se encuentran entre los primeros once lugares de mayor incidencia de lesiones relacionadas con el trabajo, mismas que pueden reducirse con la participación de la ergonomía, al intervenir en la evaluación, diseño y rediseño de las actividades y puestos de trabajo. Pérez (2006).

Por tal motivo, en la industria se constituyen equipos de trabajo dedicados al estudio de la ergonomía los cuales están conformados por psicólogos, ingenieros y fisiólogos que estudian las causas de la fatiga y de los accidentes, además planifican y diseñan ambientes, instrumentos, máquinas, horarios, entre otros. Cada vez más adecuados al trabajador (Abad et al., 1983).

Los diseñadores y especialistas en ergonomía incorporan datos antropométricos y biomecánicos de capacidades físicas humanas, información muy básica, necesaria para el diseño “adecuado” de equipo, procedimientos de trabajo, sistemas, equipamiento (incluyendo protección personal), ropa, puestos de trabajo, controles, accesos, herramientas, entre otros. Las características físicas humanas, al contrario que las de las máquinas, no pueden ser diseñadas, debido a esto el estudio de los datos anteriormente mencionados (Mondelo, 2002).

El desarrollo de estaciones de trabajo seguras y herramientas manuales ergonómicas necesita la utilización de valores de referencia de fuerzas manuales y dimensiones antropométricas durante el diseño, ya que al considerar los rangos y

capacidades de la mayor parte de los usuarios en el diseño, ayuda a reducir el esfuerzo y estrés innecesario en los trabajadores, lo que aumenta la seguridad, eficiencia y productividad del trabajador. Además, los valores de referencia para fuerzas manuales deben ser sólo utilizados cuando la población de referencia sea similar a la población para la cual los datos son usados. Ya que el uso de grupo de datos normativos internacionales puede crear diseños limitados, los cuales excedan las capacidades de fuerza de la población usuario y subsecuentemente conduzca a lesiones de extremidades superiores y enfermedades. (Kunelius, 2005)

Cualquier error que se cometa en la fase conceptual y/o diseño de la herramienta, o en la adquisición de las mismas, aparecerá reflejado en el análisis global de la actividad, bien en una baja productividad, en un alto porcentaje de material de desecho, bien en un índice elevado de microtraumatismos repetitivos, entre otros. En el diseño y/o selección de herramientas manuales debemos tener siempre presentes el máximo de parámetros a evaluar si queremos obtener un sistema productivo óptimo que respete las capacidades de actuación de las personas y los ritmos de producción programados (Mondelo, 2000).

1.1 Ficha metodológica

Disciplina de estudio	Ingeniería industrial.
Área del conocimiento	Ergonomía.
Especialidad	Biomecánica.
Objeto de estudio	Análisis de fuerzas y elaboración de tablas de información de fuerzas manuales.
Sujeto de estudio	208 personas, 93 hombres y 115 mujeres, todas dentro del rango de edad 2 – 90 años.
Problema abordado	Falta de información y conocimientos de datos biomecánicos.
Finalidad	Brindar información importante para el diseño de puestos de trabajo y herramientas manuales
Tipo de investigación	Explorativa, Experimental y Descriptiva.
Modelo aplicado	Análisis estadístico inferencial
Aportación	Datos biomecánicos de la población de Ensenada, B.C.
Autor	Ing. Manuel Daniel Del Rio Mejia
Director	M.C. Claudia Camargo Wilson
Co-Director	Dr. Enrique Javier De la Vega Bustillos

Tabla 1.1 Ficha metodológica
Fuente: Elaboración Propia.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Definición del problema

Tomando como referencia la revisión de información basada en ergonomía y evaluaciones biomecánicas con fines de diseño, no se encontró evidencia alguna sobre la existencia de valores sobre fuerzas manuales de la ciudad de Ensenada, Baja California. Debido a esto, se definió como el principal problema a abordar en este trabajo la falta de valores de referencia sobre fuerzas manuales para la ciudad de Ensenada, Baja California. Di Dominico (2003) nos dice que la consideración de la fuerza de la mano y los dedos es esencial durante el diseño industrial de tareas manuales intensivas, esto con la finalidad de minimizar la disconformidad y el riesgo de heridas de las extremidades superiores en los trabajadores. Por lo mencionado anteriormente se consideró importante llevar a cabo una investigación en la cual se realice una evaluación a una muestra de los pobladores de la ciudad de Ensenada, Baja California, esto con la finalidad de recabar información útil que lleve a la creación de valores de referencia sobre fuerzas manuales. Ya que al considerar los rangos y capacidades de la mayor parte de los usuarios en el diseño, ayuda a reducir el esfuerzo y estrés innecesario en los trabajadores, lo que aumenta la seguridad, eficiencia y productividad de los mismos.

Los diseñadores utilizan constantemente grupos de datos internacionales, el uso de estos grupos de datos internacionales puede crear diseños limitados, los cuales excedan las capacidades de fuerza de la población usuario y subsecuentemente conduzca a lesiones de extremidades superiores y enfermedades (Kunelius, 2005). Debido a esto, los valores de referencia sobre fuerzas manuales deben ser sólo utilizados cuando la población de referencia sea similar a la población para la cual los datos son usados.

Battíe MC et al (1989). Menciona que actualmente, a la hora de limitar la fuerza a emplear en las operaciones laborales se utilizan criterios establecidos en trabajadores centroeuropeos o en población estadounidense que, debido a ser de diferentes razas y/o de distintas características antropométricas, desarrollan una fuerza muscular que no tiene por qué coincidir con los individuos de la raza latina; y si, como parece lógico, esta fuerza es superior a la nuestra, los valores considerados actualmente sobrepasan las capacidades de nuestros compatriotas y pueden agravar o provocar la aparición de lesiones en nuestra población.

Las fuerzas que serán analizadas en este trabajo de investigación son: 1) Fuerza de presión hacia enfrente con el dedo Índice, 2) Fuerza de presión hacia enfrente con el dedo pulgar, 3) Fuerza de presión hacia abajo con el dedo Índice, 4) Fuerza de presión hacia abajo con el dedo pulgar, 5) Fuerza de jalar con agarre tipo pulp con dispositivo 1, 6) Fuerza de jalar con agarre tipo chuck con dispositivo 1, 7) Fuerza de jalar con agarre tipo pulp con dispositivo 2 y 8) Fuerza de jalar con agarre tipo chuck con dispositivo 2.

Peebles y Norris (2000), describen los tipos de agarre pulp y chuck como sigue:

- ✓ Agarre pulp: La yema del dedo pulgar en oposición a la yema del dedo índice.
- ✓ Agarre chuck: la yema del dedo pulgar en oposición a las yemas del dedo índice y medio.

1.2.2 Preguntas de investigación

1.- ¿Existirá diferencia significativa en las fuerzas de agarre tipo chuck y pulp y fuerzas de presión hacia enfrente y hacia abajo con los dedos pulgar e Índice, entre hombres y mujeres?

2.- ¿Existirá diferencia significativa en la fuerza de agarre tipo check y pulp y fuerzas de presión hacia enfrente y hacia abajo con los dedos pulgar e Índice en hombre y mujeres, en base a sus edades?

3- ¿Existirá alguna diferencia significativa entre los valores de referencia sobre las fuerzas de agarre tipo chuck y pulp y fuerzas de presión hacia enfrente y hacia abajo con los dedos pulgar e Índice del estudio realizado por Peebles y Norris (2000) y los valores de la población de Ensenada, Baja California, desarrollados en esta presente investigación?

4- ¿Cuáles es la fuerza máxima aceptable en las 8 fuerzas analizadas en este trabajo, que hombres y mujeres pueden ejercer con su mano dominante, para la población de la ciudad de Ensenada, Baja California?

1.3 Hipótesis

Las hipótesis presentadas a continuación son establecidas basadas únicamente para los 8 tipos de fuerzas analizados en este trabajo de investigación las cuales fueron mencionadas anteriormente.

- La fuerza media de los hombres es igual a la fuerza media de las mujeres.
- La fuerza media no varía conforme a la edad; tanto en hombres como en mujeres.

- La fuerza media es igual para los cuatro tipos de presión mencionadas anteriormente en el planteamiento del problema.
- La fuerza media es igual para los cuatro tipos de fuerzas de jalar con agarre realizadas en este trabajo, las cuales fueron mencionadas en el planteamiento del problema.
- La fuerza media ejercida por los hombres en el estudio realizado por Peebles y Norris (2000) es igual a la fuerza media ejercida por los hombres en el presente trabajo de investigación para los 8 tipos de fuerza mencionadas anteriormente en el planteamiento del problema y entre todos los rangos de edad establecidos en este trabajo.
- La fuerza media ejercida por las mujeres en el estudio realizado por Peebles y Norris (2000) es igual a la fuerza media ejercida por las mujeres en el presente trabajo de investigación para los 8 tipos de fuerza mencionadas anteriormente en el planteamiento del problema y entre todos los rangos de edad establecidos en este trabajo.

1.4 Objetivos

La realización del presente trabajo de investigación tiene los siguientes objetivos:

1.4.1 Objetivo general.

Este trabajo de investigación tendrá como objetivo general, la creación de datos de fuerzas manuales de agarre tipo chuck y pulp y fuerzas de presión hacia enfrente y hacia abajo con los dedos pulgar e Índice de la población de Ensenada, B.C. Tanto para hombres y mujeres dentro de un rango de edad entre 2 a 90 años.

1.4.2 Objetivos específicos.

Realizar un análisis R y R (Repetitividad y Reproducibilidad), el cual tenga como objeto el dar una validación estadística sobre si existe variación debido al instrumento de medición utilizado para la realización de este trabajo de investigación o los sujetos que realizaran las mediciones.

Examinar mediante un análisis estadístico, el cual incluirá un análisis de prueba de hipótesis y análisis de varianza (ANOVA). El efecto del sexo, edad y tipo de presión o de agarre y la fuerza resultante, ejercida en cada una de las fuerzas evaluadas en este trabajo, las cuales fueron mencionadas en el planteamiento del problema.

Comparar los resultados del presente estudio con los obtenidos en el estudio realizado por Peebles y Norris (2000), esto con la finalidad de ver si existe diferencia significativa entre las medias de las fuerzas de agarre tipo chuck y pulp y fuerzas de presión hacia enfrente y hacia abajo con los dedos pulgar e Índice.

1.5 Justificación

La realización de este trabajo tendrá un impacto social positivo ya que proporcionará información valiosa sobre fuerzas de agarre y de presión de la mano para la ciudad de Ensenada, Baja California. Además, tendrá una aportación práctica ya que brindará información que servirá para preveer lesiones y/o fatiga a causa de una concepción defectuosa del diseño de productos, puestos de trabajo y/o herramientas manuales. Y además, servirá como guía a futuros casos de estudio, ya que en México se carece de este tipo de información. La realización de este trabajo servirá a estudiantes e investigadores que deseen continuar con algún tipo de investigación similar, podrán tomar como referencia este trabajo y la información que en él se encuentra.

1.6 Limitaciones

1. Para la realización de este trabajo se cuenta con un máximo de 2 años.
2. Sólo se tomó información que se encontraba en las bases de datos disponibles en la UABC, CICESE, UNAM y SDSU, para la realización del marco teórico y marco de referencia.
3. Se contó con un sólo equipo de medición (Dinamómetro), lo cual contribuyo a que el tiempo de medición fuera más extenso.
4. La muestra con la que se realizó el trabajo, se encuentra en un rango de edad, de entre 2 y 90 años de edad, además de ser todos residentes de la ciudad de Ensenada. Participaran voluntariamente.
5. El tamaño de la muestra fue definido en base a que se realizara un estudio comparativo, por lo cual se llego a la decisión de tomar a lo menos el tamaño de muestra utilizado por el estudio con el cual se realizara el comparativo, el comparativo se realizara contra el estudio realizado por Peebles y Norris (2000) "Strength Data".
6. Los participantes en la realización del experimento, no deben tener algún tipo malestar o de lesión en las manos, que no les permita aplicar correctamente las fuerzas. Esto se les pregunto de manera verbal y directa.
7. Las mediciones no fueron realizadas en ninguna industria, quedando abierto a futuras investigaciones la implementación de este tópico en particular.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

En este capítulo se hablará sobre los aspectos más importantes relacionados al tema de investigación seleccionado como lo es la ergonomía, la biomecánica, fuerzas manuales y otros. Esto con la finalidad de introducir al lector a las bases en las cuales se está trabajando. Es importante mencionar que la palabra ergonomía tiene varios sinónimos como lo son: ingeniería psicológica, factores humanos, ingeniería de factores humanos, ingeniería humana (Hancock, 1999), entre otros.

2.1 Ergonomía

2.1.1 Definición de ergonomía:

La Asociación Internacional de Ergonomía (IEA, 2000) define *ergonomía* (ó factores humanos) como la disciplina científica concerniente con el entendimiento de la interacción entre humanos y otros elementos de un sistema, y la profesión que aplica teoría, principios, datos y métodos para diseñar en el fin de optimizar el bienestar humano y el rendimiento general del sistema.

Otras definiciones de ergonomía se mencionan a continuación:

Según la Sociedad de Ergonomistas de México A.C. (SEMAC), la palabra ergonomía se deriva de las palabras griegas *ergos*, que significa trabajo, y *nomos*, leyes; por lo que literalmente significa leyes del trabajo, y podemos decir que es la actividad de carácter multidisciplinar que se encarga del estudio de la conducta y las actividades de las personas, con la finalidad de adecuar los productos, sistemas, puestos de trabajo y entornos a las características, limitaciones y necesidades de sus usuarios, buscando optimizar su eficacia, seguridad y confort.

Karl Kroemer, et. al (2001) define ergonomía como “El estudio de las características humanas para el adecuado diseño de la vida y ambiente laboral.” Y nos dice que el objetivo fundamental es que todas las herramientas, aparatos, equipos, máquinas y ambientes deben avanzar, directamente o indirectamente, hacia la seguridad, bienestar y el rendimiento.

Ergonomía: (Del griego *ergon*, trabajo y *nomos*, ley.) Ciencia que estudia las relaciones entre el hombre y el medio ambiente en que trabaja y que, para lograr un mayor rendimiento, intenta adaptar las condiciones de trabajo a las características psicológicas y fisiológicas del trabajador. Se trata de una denominación más amplia que la de la ciencia del trabajo (Abad, 1983).

Según la Real Academia de la Lengua Española (2009) define a la ergonomía como el estudio de datos biológicos y tecnológicos aplicados a problemas de mutua adaptación entre el hombre y la máquina.

2.1.2 Historia de la ergonomía.

2.1.2.1 Orígenes.

En los milenios pasados nuestros ancestros vivían en un esencialmente ambiente “natural” en el cual su existencia virtualmente dependía en que ellos podían hacer directamente con sus manos (como en la obtención de comida) y con sus pies (como perseguir a la presa y escapar de depredadores). Sobre los siglos ellos desarrollaron herramientas simples y utensilios (McCormick, 1983). Como flechas, hachas, arcos, entre otras. En los cuales estaban presentes las capacidades humanas y las características de los materiales. Las variables eran: materiales (hueso, piedra, madera, hierro...), capacidades y limitaciones de las personas (dimensiones de los dedos, de la mano, longitud del brazo, entre otros), efecto buscado (precisión, alcance, movilidad, fuerza, entre otros), las cuales son fácilmente identificables en los restos arqueológicos hallados (Mondelo, 2000).

Además construyeron casas para ellos mismos con el fin de ayudarse y mantenerse con vida, así como hacer una vida un poco más tolerable. Tales desarrollos fueron el inicio de lo que ahora llamamos factores humanos, que es, el diseño de las cosas y las instalaciones a fin de que puedan servir razonablemente bien a las necesidades humanas. (McCormick, 1983).

A través de la historia de la humanidad, la forma de trabajar ha variado según la época y según los pueblos, pero se puede decir que en esta evolución, el trabajo ha tenido siempre dos características fundamentales: la tecnificación y la organización. Por tecnificación entendemos que, el individuo inventa herramientas y máquinas que le permitan llevar acabo esta transformación del medio ambiente de una manera más cómoda. En cuanto a la organización, se afirma que el ser humano vive en la sociedad, esto es que vive con otras personas, y la experiencia le ha enseñado a planificar el trabajo, asignando tareas determinadas a cada individuo para así conseguir el mismo resultado con menos esfuerzo, que actuando por su cuenta. Es así como surge lo que conocemos como: “la división del trabajo” (Rosas, 2000).

2.1.2.2 Antes de la revolución industrial.

Leonardo da Vinci, en sus cuadernos de anatomía (1498), investiga sobre los movimientos de los segmentos corporales, de tal manera que se puede considerar el precursor directo de la moderna biomecánica; los análisis de Durero recogidos en *El arte de la medida* (1512) sobre estudios de movimientos y ley de proporciones sirvió de inicio a la moderna antropometría; Lavoisier, como estudiosos del gasto energético es precursor de los análisis del coste del trabajo muscular; Coulomb analiza los ritmos de trabajo para definir la carga de trabajo óptima, Chauveau plantea las primeras leyes de gasto energético en el trabajo, y Marey pone a punto rudimentarias técnicas de medición. Juan de Dios Huarte, en *Examen de ingenios* (1575), busca la adecuación de las profesiones a las posibilidades de las personas (Tilley, 2002).

2.1.2.3 La revolución industrial.

Zinchenko y Munipov (1989) en McCormick, (1999) dan el crédito a W.B. Jastrzebowski, un científico Polaco, de ser el primero que utilizó la palabra Ergonomía fue en una publicación que hizo en 1857 titulada *“un ensayo en Ergonomía, o ciencia laboral, basado en las leyes de las ciencias naturales”*.

El periodo entre 1750-1890 fue caracterizado principalmente por brillantes investigaciones e inventos.

2.1.2.3.1 Investigaciones.

Ramazzini publica en el siglo XVII el primer libro donde se describen las enfermedades relacionadas con el trabajo: afecciones oculares que padecían los trabajadores que intervenían en la fabricación de pequeños objetos; también realiza estudios muy interesantes sobre la sordera de los caldereros de Venecia. Vauman, en el siglo XVII y Belidor en el siglo XVIII pueden ser considerados pioneros en los planteamientos y el análisis con metodologías ergonómicas, ya que intentan medir la carga de trabajo físico en el mismo lugar donde se desarrolla la actividad.

En el siglo siguiente Tissot se interesa por la climatización de los locales y Patissier preconiza la recopilación de datos sobre mortalidad y morbosidad de los obreros. La universidad de Leningrado crea la Cátedra de Higiene (1871), que dirige Dobroslavin, donde se desarrollan una serie de trabajos sobre los métodos de las investigaciones higiénicas; Erisman (1881) organiza la cátedra de higiene de la universidad de Moscu y efectúa estudios pioneros sobre las condiciones higiénicas del trabajo y vida de los obreros fabriles (Tilley, 2002).

2.1.2.3.1 Inventos.

En la industria textil y en la amplia aplicación del poder con vapor. Jacquard, en Francia, desarrollo el uso de tarjetas perforadoras para programar las máquinas de tejer. En Gran Bretaña, Watt inventó la máquina de vapor, la cual sería el inicio de la automatización. Esta máquina sería usada en manufactura, transporte, y agricultura, incluyendo el desarrollo y uso de poder eléctrico para tales propósitos, como tan bien para comunicaciones (McCormick, 1983).

2.1.2.4 La ergonomía durante la primera y la segunda guerra mundial.

Se podría decir que el surgimiento del interés inicial en la relación existente entre el hombre y su vínculo con el ambiente laboral había comenzado cerca del periodo de la primera guerra mundial. Los trabajadores de las fábricas de municiones eran importantes para mantener los esfuerzos de la guerra, pero al impulsarse una producción de armas más grande, hubo numerosas complicaciones. El intento por resolver algunos de estos problemas, hizo que en 1915 se creara *Health of Munitions Workers Committee*, que incluía a algunos investigadores con entrenamiento en fisiología y psicología. Al finalizar la guerra, este comité fue reconstruido como el *Industrial Fatigue Reserarch Board* (IFRB), principalmente con el fin de llevar acabo investigaciones acerca de problemas de fatiga en la industria.

En 1929, el IFRB tomó el nombre de *Industrial Health Research Board*, que, entre otros objetivos, tenía el de abarcar la investigación de las condiciones generales del empleo industrial, “particularmente en la concerniente a la preservación de la salud entre el trabajador y la ciencia industrial” (Oborne, 1990).

Antes de la segunda guerra mundial, ingenieros y arquitectos tenían algunas pautas físicas (espacio requerido para subir escaleras, espacio para acceso de mantenimiento, espacio para el comedor); éstas eran usualmente basadas en el promedio de los hombres. Mediciones fueron tomadas por el departamento de agricultura de Estados Unidos y medidas de modelos de prendas de vestir fueron consultados, pero la mayoría de estas mediciones no eran usables para la ingeniería humana.

La segunda guerra mundial requería nuevas y complejas máquinas de guerra y el concepto de esas máquinas no personales. Ganar la guerra daba manera a ser más eficiente la relación hombre-máquina. Dentro de poco, muchas disciplinas científicas fueron consultadas: psicología, ingeniería, antropología y fisiología. El departamento de defensa emitió estándares de ingeniería humana para el diseño de equipo militar para la armada e información de factores humanos para la fuerza aérea y la marina; ésta incluyó datos pertinentes para embarcaciones submarinas también. Este trabajo fue basado en el 90% de los hombres adultos aceptables para cierto segmento del servicio militar. Equipo militar diseñado para este segmento podría ser considerado pequeño, con una baja silueta y el más bajo perfil, para grandes combates (Tilley, 2002).

Bajo la presión de la segunda guerra mundial, el “factor humano” como parte de un “sistema hombre-máquina” se convirtió en la mayor preocupación. El desarrollo tecnológico dirigido hacia máquinas y sistemas que ponen una alta demanda en la atención, fuerza y resistencia de los individuos y grupos que pueden reunirse. Por ejemplo, operadores tenían que observar pantalla de radar por periodos de muchas horas, con la intención de detectar y distinguir algunos ecos de otros. En las naves aéreas de alto rendimiento, los pilotos eran sujetos a fuertes aceleraciones, tales experiencias se daban cuando se generaban fuertes giros. En estas instancias, el piloto puede ser deshabilitado para operar los controles manuales propiamente y podía algunas veces perder el conocimiento. Miembros de la tripulación tenían que entrar en las cabinas de tanques y naves aéreas que

eran angostas y bajas, requiere que personas pequeñas sean seleccionadas. Condiciones estresantes hacían difícil el combate para mantener la moral y el buen desempeño. Así, las actividades militares y esfuerzos relacionados generaron la necesidad de considerar la física y psicología humana, resultó en el diseño de tareas, equipos y ambientes (Kroemer, 2001). Según Osborne (1990) nos dice que la ergonomía se originó durante la segunda guerra mundial, tal vez por ello, durante este periodo se escuchaba continuamente decir: “proporcionémos las herramientas y terminaremos el trabajo”. Este “trabajo” era particularmente obvio: la victoria sobre un agresor atemorizante

2.1.2.5 La ergonomía en la postguerra y alrededor del mundo.

Para los 60's, una sistemática recolección de datos estaba en marcha y el departamento de salud, educación y bienestar de los Estados Unidos publico “peso, estatura y dimensiones selectas del cuerpo de adultos.” Estos datos civiles no eran comprensibles como los datos militares, de cualquier manera. Entonces, en los 70's, la sociedad de ingeniería automotriz hizo una muy usable encuesta de niños de 2 meses hasta jóvenes de 18 años.

En los 80's, las personas de la tercera edad fueron medidas cuando empezaba a aparentar que ellos se estaban convirtiendo en un gran segmento de la población. Por consiguiente, en los 90's, los americanos con actos de discapacidad transformaron las leyes y prohibieron la discriminación en los fundamentos de los discapacitados. El grupo de actos trajeron reglas de accesibilidad y protección para ocupantes de sillas de ruedas, para los ciegos y débiles visuales, para los sordos y con problemas auditivos.

Hoy en día los diseñadores deben tener cuidado de la población entera. El diseño de equipo industrial y agrícola ha creado una necesidad por estudios antropométricos de la población mundial.

La sociedad de factores humanos fue fundada en 1956 en los Estados Unidos, 6 años después la fundación, en Gran Bretaña de la sociedad de investigación ergonómica (Tilley, 2002).

2.1.2.5.1 La ergonomía en Europa.

Basado en un fundamento general de anatomía, antropología e investigación psicológica, la aplicación o “trabajo” psicológico tomó gran importancia en Europa, particularmente durante los años asociados con la primera guerra mundial. Las condiciones de vida marginal estimulaban la investigación en los requerimientos mínimos de nutrición requeridos para desarrollar ciertas actividades, el consumo de energía mientras se realizan tareas de agricultura, industriales, militares y domesticas, la relación entre consumo de energía y ritmo cardiaco, el uso de capacidades musculares, posturas del cuerpo durante el trabajo, el diseño de equipo y estaciones de trabajo adaptadas a el cuerpo humano y temas relacionados. Otro desarrollo en los 20's fue “psicotecnología” la cual involucra pruebas de habilidades personales para el desempeño de trabajos físicos y mentales, vigilancia y atención, su habilidad para llevar la carga de trabajo mental y actividades (Kroemer, 2001).

2.1.2.5.2 La ergonomía en Norteamérica.

La Ergonomía nació en los Estados Unidos durante la segunda guerra mundial, de las investigaciones llevadas a cabo en común por la psicología y el ejército, esencialmente los del aire y marina.

Hasta entonces, la psicología aplicada, como se le llamaba en aquella época, se había interesado, sobre todo, por la selección y los cuestionarios. El empleo de las nuevas máquinas bélicas, principalmente los aviones y radares presentaron tales dificultades que - la selección resultaba infructífera y la información demasiado lenta – se considero, por fin, la importancia de la máquina, y se trato de adaptarla

a las características de los operadores humanos. Vino el periodo del *human engineering*, que aún perdura, principalmente en los estudios sobre la instalación de cabinas espaciales. Poco a poco, los equipos más avanzados en este dominio fueron aceptando el concepto de sistema, cuya generalización data de la presente década (Montmollin, 2000).

Actualmente la Ergonomía, bajo el nombre de *human factors engineering* y de *engineering psychology*, posee una base sólida (que suele acrecentarse en las grandes universidades, las cuales firman numerosos contratos con los ejércitos de tierra y aire). En 1962, se estimó en 1300 el número de profesionales que se dedicaban a la Ergonomía, cifra que no parece haberse superado. Tal estabilización se debe, probablemente, a la rapidez misma del crecimiento anterior, así como, tal vez, a ciertas dificultades que presenta la transición del *human engineering*, que constituye ya el pasado, al estudio de los sistemas hombres-máquinas, que todavía no puede considerarse enteramente como el presente (Montmollin, 2000).

El predominio de psicólogos es una de las características de la Ergonomía americana. Ya lo indica la expresión misma de *engineering psychology*. Los numerosísimos artículos dedicados a tales temas figuran a menudo en revistas de psicología, y las obras de Ergonomía forman parte, generalmente, de colecciones de libros de psicología (Montmollin, 2000).

2.1.2.5.3 La ergonomía en México.

En México al contrario de Estados Unidos y Europa, la ergonomía no empezó a causa de centros de investigación industrial, sino a través de las universidades que imparten la carrera de diseño industrial. En México la primera institución superior que impartió el diseño industrial fue la Universidad Iberoamericana, seguida por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), esto en el año de 1969 (Rosas, 2000).

La UNAM, pese de haber sido la segunda que impartió la carrera, fue la primera en introducir en su plan de estudios la materia de Ergonomía, que en un principio se llamaba cibernética. Hasta la fecha, se sigue impartiendo la ergonomía dentro de la licenciatura y el posgrado de diseño industrial de la facultad de arquitectura (Rosas, 2000).

De 1978-1979, se formó la Asociación Mexicana de Ergonomía A.C., que se encargaba de programar sesiones académicas, pláticas, conferencias y publicar una revista; desgraciadamente por falta de difusión y apoyo económico, la asociación paso a formar parte de la Dirección General de Medicina y Seguridad del Trabajo; y la revista desapareció (Rosas, 2000).

En el caso de los planes de estudio de la carrera de Ingeniería Industrial, la ergonomía no se toma como una asignatura completa u obligatoria, sino como complemento de una materia u optativa de algún modulo (Rosas, 2000).

2.1.3 La ergonomía y su relación con otras ciencias

Flores (2001) nos menciona en su libro *"Ergonomía para el diseño"* que la ergonomía debe auxiliarse de todas las áreas del conocimiento que procuren datos e información relacionados al sistema hombre-objeto-entorno para obtener una panorámica general y ofrecer soluciones adecuadas al trinomio ergonómico hombre-objeto-entorno. Podemos dividir estas disciplinas colaboradoras en cuatro grupos básicos del conocimiento:

2.1.3.1 Ciencias médico-biológicas.

En esta área incluimos todas las ciencias que proporcionan información acerca de la composición, estructura, función y dimensión del cuerpo humano, en especial sus capacidades y limitaciones. Las ciencias a las que recurrimos son fisiología,

anatomía, biomecánica, goniometría, antropometría, medicina y medicina del trabajo, entre otras.

2.1.3.2 Ciencias psicológicas.

Las ciencias psicológicas también pertenecen a la rama médico- biológicas, pero están separadas porque la información que ofrecen pertenecen al plano psíquico y mental del ser humano. Nos interesan los fenómenos sensoriales, preceptuales y de comportamiento, por lo que las disciplinas que ubicamos en este renglón son psicología fisiológica, experimental, de la percepción, del comportamiento, psicología ambiental y otras.

2.1.3.3 Ciencias sociales.

El hombre es un ser gregario que vive y se desarrolla en sociedad. Las ciencias sociales nos permiten conocer al hombre como ser social. Las ciencias sociales que nos ayudan son sociología, psicología social, historia, antropología, geografía y otras que nos den herramientas para conocer mejor al grupo para el que diseñamos.

2.1.3.4 Ciencias exactas.

La ergonomía utiliza las ciencias exactas para obtener información técnica y objetiva sobre los objetos, el entorno y las situaciones y los ambientes en que se deberá diseñar. También la utiliza para cuantificar y ordenar datos obtenidos en las investigaciones realizadas. Estas ciencias son: matemáticas, estadística, física, ingeniería industrial, mecánica, electrónica, biomédica, informática, luminotecnia, óptica y muchas más.

2.1.4 Clasificación y definición de las áreas donde interviene la ergonomía

Según la *Sociedad de Ergonomistas de México A.C.* (SEMAC) la ergonomía se divide en 7 áreas las cuales son: antropometría, biomecánica y fisiología, ergonomía ambiental, ergonomía cognitiva, ergonomía de diseño y evaluación, ergonomía de necesidades específicas y ergonomía preventiva; a continuación se presentan las definiciones de cada una de las áreas:

2.1.4.1 Antropometría.

La antropometría es una de las áreas que fundamentan la ergonomía, y trata con las medidas del cuerpo humano que se refieren al tamaño del cuerpo, formas, fuerzas y capacidades de trabajo.

En la ergonomía, los datos antropométricos son utilizados para diseñar los espacios de trabajo, las herramientas, los equipos de seguridad y la protección personal, considerando las diferencias entre las características, capacidades y límites físicos del cuerpo.

Las dimensiones del cuerpo humano han sido un tema recurrente a lo largo de la historia de la humanidad; un ejemplo ampliamente conocido, es el del dibujo de Leonardo da Vinci, donde la figura de un hombre está circunscrita dentro de un cuadro y un círculo, donde se trata de describir las proporciones del ser humano "perfecto". Sin embargo, las diferencias entre las proporciones y dimensiones de los seres humanos no permitieron encontrar un modelo preciso para describir el tamaño y proporciones de los humanos.

Los estudios antropométricos que se han realizado se refieren a una población específica, como lo puede ser hombres o mujeres, y en diferentes rangos de edad.

2.1.4.2 Biomecánica y fisiología.

La biomecánica es el área de la ergonomía que se dedica al estudio del cuerpo humano desde el punto de vista de la mecánica clásica o Newtoniana, y la biología, pero también se basa en el conjunto de conocimientos de la medicina del trabajo, la fisiología, la antropometría y la antropología.

Su objetivo principal es el estudio del cuerpo con el fin de obtener un rendimiento máximo, resolver algún tipo de discapacidad, o diseñar tareas y actividades para que la mayoría de las personas puedan realizarlas sin riesgo de sufrir daños o lesiones.

Algunos de los problemas en los que la biomecánica ha intensificado su investigación han sido el movimiento manual de cargas y los microtraumatismos repetitivos.

Una de las áreas donde es importante la participación de los especialistas en biomecánica es en la evaluación y rediseño de tareas y puestos de trabajo para personas que han sufrido lesiones o han presentado problemas por microtraumatismos repetitivos, ya que una persona que ha estado incapacitada por este tipo de problemas no debe de regresar al mismo puesto de trabajo sin haber realizado una evaluación y las modificaciones pertinentes al área de trabajo, pues es muy probable que el daño que sufrió sea irreversible y se resentirá en poco tiempo. De la misma forma, es conveniente evaluar la tarea y el puesto donde se presentó la lesión, ya que en caso de que otra persona lo ocupe existe una alta posibilidad de que sufra el mismo daño después de transcurrir un tiempo en la actividad.

2.1.4.3 Ergonomía ambiental.

Es el área de la ergonomía que se encarga del estudio de las condiciones físicas que rodean al ser humano y que influyen en su desempeño al realizar diversas actividades, tales como el ambiente térmico, nivel de ruido, nivel de iluminación y vibraciones.

La aplicación de los conocimientos de la ergonomía ambiental ayuda al diseño y evaluación de puestos y estaciones de trabajo, con el fin de incrementar el desempeño, seguridad y confort de quienes laboran en ellos.

2.1.4.4 Ergonomía cognitiva.

Los ergonomistas del área cognoscitiva tratan con temas tales como: el proceso de recepción de señales e información, la habilidad para procesarla y actuar con base en la información obtenida, conocimientos y experiencia previa.

La interacción entre el humano y las máquinas o los sistemas depende de un intercambio de información en ambas direcciones entre el operador y el sistema, ya que el operador controla las acciones del sistema o de la máquina por medio de la información que introduce y las acciones que realiza sobre éste, pero también es necesario considerar que el sistema alimenta de cierta información al usuario por medio de señales, para indicar el estado del proceso o las condiciones del sistema.

El estudio de los problemas de recepción e interpretación de señales adquirieron importancia durante la segunda Guerra Mundial, por ser la época en que se desarrollaron equipos más complejos comparados con los conocidos hasta el momento.

Esta área de la ergonomía tiene gran aplicación en el diseño y evaluación de software, tableros de control y material didáctico.

2.1.4.5 Ergonomía de diseño y evaluación.

Los ergonomistas del área de diseño y evaluación participan durante el diseño y la evaluación de equipos, sistemas y espacios de trabajo; su aportación utiliza como base conceptos y datos obtenidos en mediciones antropométricas, evaluaciones biomecánicas, características sociológicas y costumbres de la población a la que se esta dirigida el diseño.

Al diseñar o evaluar un espacio de trabajo, es importante considerar que una persona puede requerir de utilizar más de una estación de trabajo para realizar su actividad, de igual forma, que más de una persona puede utilizar un mismo espacio de trabajo en diferentes períodos de tiempo, por lo que es necesario tener en cuenta las diferencias entre los usuarios en cuanto a su tamaño, distancias de alcance, fuerza y capacidad visual, para que la mayoría de los usuarios puedan efectuar su trabajo en forma segura y eficiente.

Al considerar los rangos y capacidades de la mayor parte de los usuarios en el diseño de lugares de trabajo, equipo de seguridad y trabajo, así como herramientas y dispositivos de trabajo, ayuda a reducir el esfuerzo y estrés innecesario en los trabajadores, lo que aumenta la seguridad, eficiencia y productividad del trabajador.

El humano es la parte más flexible del sistema, por lo que el operador generalmente puede cubrir las deficiencias del equipo, pero esto requiere de tiempo, atención e ingenio, con lo que disminuye su eficiencia y productividad, además de que puede desarrollar lesiones, microtraumatismos repetitivos o algún otro tipo de problema, después de un periodo de tiempo de estar supliendo dichas deficiencias.

En forma general, podemos decir que el desempeño del operador es mejor cuando se le libera de elementos distractores que compiten por su atención con la tarea principal, ya que cuando se requiere dedicar parte del esfuerzo mental o físico para manejar los distractores ambientales, hay menos energía disponible para el trabajo productivo.

2.1.4.6 Ergonomía de necesidades específicas.

El área de la ergonomía de necesidades específicas se enfoca principalmente al diseño y desarrollo de equipo para personas que presentan alguna discapacidad física, para la población infantil y escolar, y el diseño de microambientes autónomos.

La diferencia que presentan estos grupos específicos radica principalmente en que sus miembros no pueden tratarse en forma "general", ya que las características y condiciones para cada uno son diferentes, o son diseños que se hacen para una situación única y un usuario específico.

2.1.4.7 Ergonomía preventiva.

Es el área de la ergonomía que trabaja en íntima relación con las disciplinas encargadas de la seguridad e higiene en las áreas de trabajo. Dentro de sus principales actividades se encuentra el estudio y análisis de las condiciones de seguridad, salud y confort laboral.

Los especialistas en el área de ergonomía preventiva también colaboran con las otras especialidades de la ergonomía en el análisis de las tareas, como es el caso de la biomecánica y fisiología para la evaluación del esfuerzo y la fatiga muscular, determinación del tiempo de trabajo y descanso, entre otras.

2.2 Sistema hombre-máquina

McCormick (1999) describe el concepto de un sistema hombre-máquina como un conjunto de elementos sirviendo a un propósito común e interconectados por una red de flujo de información, y señala que la salida de un sistema de este tipo, en su conjunto, no sólo depende de las características de sus elementos, sino también en las formas en que los elementos están relacionados e interactúan.

Para Mondelo (2000), un sistema hombre-máquina (P-M) esta constituido por una o más personas y una o más máquinas, interrelacionadas con un objetivo determinado, dentro de una ambiente.

Además nos menciona que el sistema P-M que analiza el ergónomo, y por lo cual se interesa la ergonomía, es el conjunto de elementos (humanos, materiales y organizativos) que interaccionan dentro de un ambiente determinado, persiguiendo un fin común, que evoluciona en el tiempo, y que poseen un nivel jerárquico.

Los objetivos básicos que persigue el ergónomo al analizar y tratar este sistema se podrían concretar en:

- Mejorar la interrelación P-M.
- Controlar el entorno del puesto de trabajo, o del lugar de interacción conductual, detectando las variables relevantes al caso para adecuarlas al sistema.
- Generar interés por la actividad procurando que las señales del sistema sean significativas y asumibles por la persona.
- Definir los límites de actuación de las personas detectando y corrigiendo riesgos de fatiga física y/o psíquica.
- Crear bancos de datos para que los directores de proyectos posean un conocimiento suficiente de las limitaciones del sistema P-M de tal forma que evite los errores en las interacciones.

Mondelo (2000) nos dice que se debe señalar que todas las interacciones de los sistemas P-M ejercen una acción determinante sobre los factores psicosociológicos y fisiológicos residentes de las personas, provocando satisfacción o insatisfacción en el trabajo, desarrollo o involución de la personalidad, potenciando o inhibiendo la creatividad, cohesionando o disgregando el grupo de trabajo, entre otras.

2.3 La biomecánica

Según el diccionario de la real academia de la lengua española (2001) es la ciencia que estudia la aplicación de las leyes de la mecánica a las estructuras y los órganos de los seres vivos.

Según la SEMAC, la biomecánica es el área de la ergonomía que se dedica al estudio del cuerpo humano desde el punto de vista de la mecánica clásica o Newtoniana, y la biología, pero también se basa en el conjunto de conocimientos de la medicina del trabajo, la fisiología, la antropometría y la antropología. Además, tiene como objetivo principal el estudio del cuerpo con el fin de obtener un rendimiento máximo, resolver algún tipo de discapacidad, o diseñar tareas y actividades para que la mayoría de las personas puedan realizarlas sin riesgo de sufrir daños o lesiones.

Mondelo (2000) nos menciona que la biomecánica aplica las leyes de la mecánica a las estructuras del aparato locomotor, ya que el ser humano está formado por palancas (huesos), tensores (tendones), muelles (músculos), elementos de rotación (articulaciones), etc., que cumplen muchas de las leyes de la mecánica, además la biomecánica permite analizar los distintos elementos que intervienen en el desarrollo de los movimientos.

La biomecánica ocupacional es un campo interdisciplinario en el cual información de ambas ciencias biológicas e ingeniería mecánica es usada para cuantificar las fuerzas presentes en el cuerpo humano durante el trabajo (Salvendy, 2006).

Según Chaffin, et. al. (1999) nos menciona que los objetivos de la Biomecánica ocupacional son los siguientes:

- Obtener datos cuantitativos sobre el estrés que actúa en el organismo.
- Controlar el gasto energético.
- Mejorar el desempeño e incrementar la eficiencia y productividad del trabajador.
- Identificar los riesgos de lesión.
- Crear un ambiente de trabajo seguro.

El uso de los datos antropométricos y biomecánicos se utilizan principalmente para el diseño sistemas, equipamiento (incluyendo protección personal), ropa, puestos de trabajo, controles, accesos, herramientas, entre otros (Mondelo, 2002).

De la biomecánica se derivan directamente dos aspectos fundamentales en el diseño de puestos de trabajo como causa y efecto de los esfuerzos realizados por los operarios: las herramientas manuales y las patologías que ocasionan.

2.4 Tareas manuales

La mano humana permite desempeñar una larga variedad de actividades, que van de esas que requieren control fino a otras que demandan mucha fuerza (Kroemer, 2001), como se muestra a continuación.

- Manipulación fina de objetos, con pequeño desplazamiento y fuerza. Ejemplo: escribir, ensamblar partes pequeñas y ajustar controles.
- Movimientos rápidos hacia un objeto, requiere una exactitud moderada para alcanzar el objetivo, pero un esfuerzo bastante pequeño de fuerza. Un ejemplo es alcanzar un interruptor y operarlo.

- Actividades de fuerza con desplazamientos pequeños o moderados (tal como las que son requeridos para muchas actividades de ensambles o reparación. Ejemplo: cuando giras una herramienta manual contra la resistencia.
- Actividades de fuerza con desplazamientos largos (cuando martillas).

2.4.1 Herramientas manuales

Las herramientas de mano son artefactos que ayudan al trabajo, y que caracterizan por amplificar o reducir alguna de las funciones propias de la mano, aumentando la funcionalidad de las mismas; ya sea incrementando la fuerza, la precisión, la superficie, generando mayor potencia a la torsión y al impacto, mayor resistencia a la temperatura, etc.

La negligencia en el diseño de las herramientas manuales provoca problemas físicos que se manifiestan en accidentes, lesiones, golpes, microtraumatismos repetitivos, excesivo cansancio, actuaciones deficientes, errores, etc.

Cualquier error que cometamos en la fase conceptual y/o diseño de la herramienta, o en la adquisición de las mismas, aparecerá reflejado en el análisis global de la actividad, bien en una baja productividad, en un alto porcentaje de material de desecho, bien en un índice elevado de microtraumatismos repetitivos, etc.

En el diseño y/o selección de herramientas manuales debemos tener siempre presentes el máximo de parámetros a evaluar si queremos obtener un sistema productivo óptimo que respete las capacidades de actuación de las personas y los ritmos de producción programados. (Mondelo, 2000)

2.4.2 Selección de herramientas manuales

Según Karwowski (2006), la selección de herramientas debe ser basada en:

- 1.- Requerimientos de procesos de ingeniería,
- 2.- Limitaciones de los operadores, y
- 3.- Estaciones de trabajo y factores de tareas.

Algunos factores considerados para cada uno de estos requerimientos están resumidos en la siguiente tabla.

Tabla 2.1 Factores para selección de herramientas.

Requerimientos de los procesos de ingeniería	Requerimientos específicos en términos del proceso de producción, tales como que tan rápido una broca debe de girar, o cuantos torques deben ser aplicados para que un tornillo este apretado.
Identificación de las limitaciones de los operadores	Considera cual proceso y requerimientos de la estación de trabajo afectan la habilidad del operador con la herramienta para desarrollar la tarea. Capacidades humanas son limitadas por fuerza, fatiga, antropometría, y destreza manual.
Estaciones de trabajo y factores de tareas	Considera las tareas particulares y estaciones de trabajo donde la herramienta esta siendo usada. Requerimientos pueden incluir localización de trabajo, orientación de trabajo, herramientas de formas, peso de la herramienta, guantes, frecuencia de la operación, accesorios de las herramientas, métodos de trabajo y estándares.

Los ingenieros de manufactura muy frecuentemente especifican los requerimientos del proceso con poca consideración de los operadores y las estaciones de trabajo. La selección de herramientas manuales debería por lo tanto considerar como las tareas y las estaciones de trabajo están relacionadas con las

capacidades y limitaciones de los operadores para un particular diseño de herramientas. El proceso no es siempre simple y seguido envuelve un enfoque iterativo, considerando características de diseño en herramientas individuales y sus roles en mitigar el estrés físico. (Karwowski, 2006).

2.4.3 Patologías y microtraumatismos repetitivos

Los Desordenes de Trauma Acumulativo (DTA's) se pueden definir como las lesiones físicas que se desarrollan gradualmente como consecuencia de estrés biomecánico y fisiológico repetido en una parte determinada del cuerpo (Ayoub, 1989). Los DTA's también se conocen como desordenes músculo-esqueléticos y desórdenes de trauma crónicos.

Teniendo en cuenta que los trabajadores normalmente sólo utilizan la mano en que tienen destreza, se hipertrofia la musculatura de ese hemicuerpo, y aunque no haya fatiga, se ocasionan molestias oseomusculares, semejantes a las de la práctica del deporte que son asimétricos. Además desde hace mucho tiempo se conoce en mecánica la teoría de la fatiga de los materiales, que explica que una pequeña fuerza aplicada muchas veces puede producir el efecto de rotura del material.

Podemos decir que la suma de postura, fuerza y repetitividad configuran el círculo de fatiga de la persona que acaba en el traumatismo repetitivo. De ahí que las soluciones óptimas pasen por corregir posturas, reducir esfuerzos y bajar las cadencias de la actividad mediante el diseño de puestos de trabajo y de herramientas adaptables a los usuarios (Mondelo, 2000).

2.4.4 Control de desordenes musculoesqueléticos

Varias intervenciones estratégicas han sido empleadas en un intento por controlar desordenes musculoesqueléticos. Estas estrategias de intervención pueden ser divididas como se muestra a continuación.

Controles de ingeniería. Diseño físico de áreas de trabajo para reducir la exposición a peligros por maquinaria o equipo. Ejemplos de controles de ingeniería son: automatización, mecanización, diseño de herramientas manuales, y cambios en la distribución del área de trabajo.

Controles administrativos. Cambios de factores organizacionales en el lugar de trabajo. Tales cambios pueden incluir programación del trabajo, rotación de trabajo, y la ampliación de puestos de trabajo.

Controles de actividades. Designar cambios en las actividades de los empleados. Estos controles pueden incluir capacitación en concientización sobre peligros laborales, entrenamiento en métodos de trabajo, o actividades basadas en programas seguros.

De estas categorías de control, sólo los controles de ingeniería direccionan los trabajos expuestos a factores de riesgos musculoesqueléticos desde el control de la fuente del factor de riesgo. Ejemplos de controles de ingeniería incluyen el ajuste de la altura de la superficie de trabajo para permitir al trabajador una posición neutral, automatización para reducir fuerzas y movimientos repetitivos, ayuda en manipulación de materiales para reducir fuerzas asociadas con levantamientos, y herramientas que reduzcan vibración y fuerzas en la mano (Karwowski, 2006).

2.5 Estadística

Población y muestra

Spiegel (2002) menciona que al recolectar datos que determinan las características de un grupo de individuos u objetos, muchas veces es imposible o impráctico observar a todo el grupo, especialmente si éste es grande. En lugar de revisar a todo el grupo, llamado población ó universo, se examina a una pequeña parte del grupo, a la que se llama muestra.

2.5.1 Definición

La estadística se ocupa de los métodos científicos para recolectar, organizar, resumir, presentar y analizar datos, así como de sacar conclusiones validas y tomar decisiones con base en este análisis (Spiegel, 2002).

Montgomery (2003) nos dice que el campo de la estadística trata de la recolección, presentación, análisis y uso de datos para tomar decisiones, solucionar problemas y diseñar productos y procesos.

Hines et al. (2005) nos dice que la estadística trata de la recopilación, presentación, análisis y uso de la información para resolver problemas, tomar decisiones, desarrollar estimaciones, y diseñar y desarrollar productos y procedimientos.

2.5.2 Ramas de la estadística y definiciones

Quevedo (2008) nos menciona que la estadística se clasifica en dos grandes rubros: Estadística descriptiva y estadística inferencial.

2.5.2.1 Estadística descriptiva

Quevedo (2008) define a la estadística descriptiva como un conjunto de métodos que se utilizan para organizar, clasificar y presentar la información contenida en los datos por medio de gráficas o tablas, así como el conjunto de medidas para indicar su dispersión y su localización. Esta rama de la estadística presenta una descripción de la información contenida en los datos.

A la parte de la estadística que busca únicamente describir y analizar un grupo determinado, sin sacar conclusiones o inferencias acerca de un grupo más grande, se le conoce como estadística descriptiva o deductiva (Spiegel, 2002).

Góngora (1999) nos dice que la estadística descriptiva se relaciona principalmente con la recopilación, presentación y descripción de datos.

2.5.2.2 Estadística inferencial

Cuando una muestra es representativa de una población, del análisis de ésta se pueden inferir conclusiones importantes acerca de la población, a la parte de la estadística que se ocupa de las condiciones bajo las cuales tales inferencias son validas se le llama estadística inductiva o inferencial. Debido a que tales inferencias no llegan a ser precisas por completo, para sacar conclusiones se usa el lenguaje de la probabilidad (Spiegel, 2002).

Freund (1994) nos menciona que la estadística descriptiva comprende cualquier actividad relacionada con los datos y esta diseñada para resumir o describir los mismos sin factores pertinentes adicionales; esto es, sin intentar inferir nada que vaya más allá de los datos, como tales.

Góngora (1999) nos dice que la estadística inferencial, se refiere a la técnica de interpretar y usar algunos valores resultantes de la estadística descriptiva para

responder preguntas que sólo requieren del análisis directo de la información de un conjunto de datos, sino de la inducción o inferencia para alcanzar conclusiones más generales acerca de grupos más grandes de objetos o personas.

Quevedo (2008) define a la estadística inferencial como el conjunto de métodos que se utilizan para deducir alguna característica de la población con únicamente información parcial. Con esta rama de la estadística se infiere como es la población de donde se obtuvo un conjunto de datos.

2.5.3 Prueba de hipótesis

Montgomery (2003) en muchos problemas de ingeniería es necesario decidir si se acepta o se rechaza un enunciado acerca de algún parámetro. Al enunciado se le llama hipótesis, y al procedimiento para tomar decisiones acerca de la hipótesis se le llama prueba de hipótesis. Se trata de uno de los aspectos más útiles de la inferencia estadística, ya que muchos problemas de toma de decisiones, pruebas o experimentos en el mundo de la ingeniería pueden formularse con pruebas de hipótesis.

Hines et al. (2003) señala que muchos problemas requieren decidir si se acepta o se rechaza una afirmación acerca de algún parámetro. Tal afirmación suele llamarse hipótesis, y el procedimiento de toma de decisiones en torno a ella recibe el nombre de prueba de hipótesis. Este es uno de los aspectos más útiles de la inferencia estadística, puesto que muchos tipos de problemas de decisión pueden formularse como problemas de pruebas de hipótesis.

Quevedo (2008) la prueba de hipótesis es una parte de la inferencia estadística que consiste en decidir cual de dos posibles conjeturas sobre la población es verdadera, basándose en la información proporcionada por una muestra aleatoria.

Montgomery (2005) menciona la manera tradicional de reportar los resultados de una prueba de hipótesis, es decir que la hipótesis nula fue rechazada o no con un valor α (nivel de significancia especificado).

2.5.4 Otras definiciones

Spiegel (2002) define al nivel de significancia como la posibilidad máxima con la que estaría dispuesto a arriesgarse a cometer un error tipo I se llama nivel de significancia de la prueba. Esta probabilidad, con frecuencia denotada por α , por lo general se especifica antes de seleccionar cualquier muestra para qué los resultados obtenidos no influyan en la decisión.

Montgomery (2005) menciona que el valor p es el nivel de significancia menor que llevaría al rechazo de la hipótesis nula H_0 .

Quevedo (2008) Valor p (p-value): el valor de p de una prueba de hipótesis se define como el valor más pequeño de α que llevará al rechazo de la hipótesis nula.

Errores tipo I y II; si se rechaza una hipótesis cuando debe aceptarse, se dice que se cometió un error tipo I. Si, por el contrario, se acepta una hipótesis cuando debe rechazarse, se dice que se cometió un error tipo II. Para que las pruebas de hipótesis sean buenas, tienen que diseñarse de tal manera que se minimicen los errores de decisión (Spiegel, 2002).

2.5.5 Análisis de varianza

Quevedo (2008) menciona que al método utilizado para comparar varios promedios se llama análisis de varianza o simplemente ANOVA. En su forma más simple, el análisis de varianza compara varios tratamientos para determinar la igualdad de los promedios. En contraste con las pruebas de z o de t que estudia la igualdad de dos poblaciones, el análisis de varianza estudia más de dos

distribuciones, y usa la estadística F . Específicamente, el modelo ANOVA simple estudia las pruebas de hipótesis de la forma $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_n$ contra μ_i es diferente de las otras.

Spiegel (2002) menciona que el análisis de varianza se utiliza en situaciones en que existe la necesidad de demostrar la significancia de las diferencias entre tres o más medias muestrales o, de manera equivalente, la hipótesis nula de que todas las medias muestrales son iguales.

2.6 Estudio Repetibilidad y Reproducibilidad (RZR)

Gutierrez (2004) menciona que en los estudios de RZR se trata de evaluar en forma experimental que parte de la variabilidad total observada en los datos es atribuible al error de medición y cuantificar si este error es mucho o poco, comparado con la variabilidad del producto y con las tolerancias de la característica de calidad que se mide. Además nos menciona que las fuentes de variabilidad que se pueden evaluar en un estudio de repetibilidad y reproducibilidad son: variabilidad del producto, variabilidad del instrumento y variabilidad de los operadores.

Montgomery (2005) menciona que es posible diseñar estudios de capacidad de instrumentos para investigar dos componentes del error de medición, llamados comúnmente la repetibilidad y la reproductibilidad del instrumento. La reproductibilidad se define como la variabilidad debida a diferentes operadores que usan el instrumento (o diferentes periodos de tiempo, o diferentes medios ambientes o, en general, diferentes condiciones) y la repetibilidad como una indicación de la exactitud inherente básica del instrumento en sí. Es decir,

$$\sigma^2_{\text{Error de medición}} = \sigma^2_{\text{instrumento}} = \sigma^2_{\text{repetibilidad}} + \sigma^2_{\text{reproductibilidad}}$$

Escalante (2006) menciona que la evaluación de los sistemas de medición (SM) consiste en determinar su capacidad y estabilidad por medio de estudios de los cinco tipos de error de un sistema de medición, los cuales son: estabilidad, repetibilidad, reproducibilidad, linealidad y sesgo. Además menciona que un SM es la colección de instrumentos, estándares, operaciones, métodos, equipos de sujeción (fixtures), software, personal, medio ambiente y suposiciones para cuantificar una unidad de medida o para asignar una evaluación a la característica que esta siendo medida.

Escalante (2006) menciona que al método de repetitividad y reproducibilidad (RZR) se le conoce como medias y rangos o método largo. Es la combinación de los estudios de reproducibilidad y repetibilidad. Y agrega que existe un método alternativo al estudio largo de RZR, el cual es el análisis de Varianza (ANOVA). Y señala que las ventajas del ANOVA con respecto al método largo son: a) las varianzas pueden ser estimadas con mayor exactitud, y b) se puede obtener mayor información (como la interacción entre las piezas y los operadores).

Escalante (2006) define a la repetitividad (precisión) como la variación interna (pieza, instrumento, método, etc.) del SM en las mediciones hechas por un sólo operador en la misma pieza y con el mismo instrumento de medición.

Escalante (2006) dice que la reproducibilidad es la variación entre sistemas (métodos, condiciones, equipos, piezas, etc.) entre las medias de las mediciones hechas por varios operadores con las mismas piezas y con el mismo instrumento de medición.

Los criterios de aceptación para el estudio RYR Cruzado, establecidos por Gutiérrez y De la vara (2004), para el porcentaje de variación son:

Debajo de 10% - Excelente proceso

De 10% a 20% - Bueno, aceptable

De 20% a 30% - Marginablemente aceptable

Arriba de 30% - Inaceptable y debe ser corregido

2.7 Marco de referencia

En esta parte del trabajo se hablará sobre las investigaciones hechas más recientemente, sobre nuestro tema de interés, la medición de fuerzas de los dedos de la mano. Para esto tendremos que describir anteriormente dos puntos importantes, como lo son las evaluaciones hechas mediante la utilización del dinamómetro, el cual será el instrumento de medición utilizado en este trabajo de investigación, además de las evaluaciones de fuerzas manuales en general, esto con la intención de comprender mejor el entorno de nuestro tema en particular.

2.7.1 Evaluación utilizando dinamómetro como instrumento de medición.

Diversos son los tipos de investigaciones que se han realizado, en el cual el instrumento de medición ha sido el dinamómetro, resaltando mayormente tres áreas de investigación en las cuales se encuentra la medicina, muy particularmente el área de rehabilitación, así como el área de deportes y el área de nuestro interés la ergonomía.

Kolber y Cleland (2005) muestran una gran cantidad de estudios que se han realizado utilizando dinamómetros como instrumento de medición.

Dentro de la ciencia de la medicina, el área de terapia y rehabilitación destacan en la utilización del dinamómetro como instrumento de medición, en evaluaciones realizadas en dichas áreas (Kolber et al., 2007; O'Leary et al., 2005; Bohannon, 2004; Van den Beld, 2006; entre otros).

Lund, (2005) realizó un estudio, en el cual evaluó 4 tipos diferentes de fuerza (flexión y extensión, de la rodilla y codo), además utilizó dos dinamómetros diferentes, esto con la finalidad de comparar los resultados obtenidos con ambos. Algo importante que nos dice el autor en este trabajo es que cuando consideramos rehabilitación de pacientes con enfermedades reumatológicas, como osteoartritis y artritis reumatoide es necesario observar la función de los músculos relevantes. La función muscular es típicamente medida por la fuerza, y un tipo de medición de fuerza, es la fuerza muscular isocinética, la cual ha sido ampliamente considerada en la medición de fuerzas.

Bohannon (2004) realizó un estudio sobre la fuerza de agarre manual en pacientes hospitalizados que sufrieron accidentes cerebrovasculares agudos, utilizó un dinamómetro como instrumento de medición.

O'Leary et al. (2005) midió por medio de un dinamómetro la fuerza de contracción de los músculos flexores cardiocervicales y las fuerzas que estos ejercieron en el cráneo alrededor del cruce cardiocervical.

Van den Beld (2006) llevó a cabo un estudio que tenía como objetivo evaluar la validez y la reproducibilidad de un dinamómetro manual, se evaluaron 11 diferentes grupos musculares en 61 pacientes, todos niños entre 4-11 años. Llegó a la conclusión de que el rendimiento del dinamómetro manual varió ampliamente en los 11 grupos musculares y que el mayor rendimiento se observó en los flexores del codo. Se obtuvo más fiabilidad del valor medio de 2 esfuerzos, ya que fue en general, superior al valor máximo.

En el trabajo realizado por Kolber et al., 2007, menciona que la evaluación del desempeño muscular es un componente fundamental de la examinación de la terapia física, además que exámenes de desempeño muscular son usados en una variedad de pacientes para determinar la presencia de deficiencias y habilidad para producir movimientos que son requeridos por función. La evaluación de desempeño muscular puede lograrse utilizando una serie de pruebas, incluyendo exámenes musculares manuales, dinamometría isocinética y dinamometría manual. En su trabajo analizó por medio de un dinamómetro las fuerzas isométricas del músculo del hombro en 30 sujetos, así como realizó un análisis estadístico de las mismas.

Koutedakis (2004) realizó un estudio con 22 bailarinas profesionales, el cual tenía como propósito evaluar el efecto de 12 semanas de entrenamiento en los cuádriceps y músculos isoquiotibiales, las mediciones de fuerza y una selección de parámetros antropométricos se realizaron antes y después de un entrenamiento por medio de dinamometría isocinética.

Ladeira (2005) realizó un estudio en el cual midió la fuerza abdominal con un dinamómetro, además menciona que una fuerza abdominal adecuada previene heridas relacionadas con el deporte, ya que estabiliza la columna vertebral para actividades atléticas.

Abdalla et al., en el 2007 examinó la fuerza y actividad electromiografía siguiendo la máxima contracción voluntaria llevada en diferentes regiones del torso, se utilizó un dinamómetro y una electrografía para medir el esfuerzo y el tiempo máximo antes de llegar a un estado de fatiga.

Kruger et al., en 1992 llevó a cabo un estudio en el cual se realizó una prueba donde se midió la fuerza de 536 hombres, mientras hacían una serie de 5 movimientos consecutivos de flexión y extensión de la rodilla. Igualmente el instrumento de medición fue el dinamómetro.

2.7.2 Evaluación de fuerzas manuales utilizando dinamómetro como instrumento de medición.

Un gran número de investigaciones sobre fuerzas manuales han sido realizadas. Predominando como se mencionará posteriormente las investigaciones sobre fuerzas de agarre manual y poca información se ha encontrado sobre medición de fuerzas de los dedos de la mano. Dentro de los estudios encontrados, a continuación se presentan los trabajos más relacionados al tema de investigación a tratar en este trabajo.

El estudio realizado por Imrham y Rahman en 1995 (USA), donde se tuvo la participación de 17 Hombres (22-30 años), el cual tenía como objetivo el examinar el efecto de la altura de agarre con la fuerza de agarre, usando una variedad de agarraderas y técnicas de agarre que se asemejen a tareas industriales más cercana que los exámenes con técnicas tradicionales. Así mismo, el método bajo el cual realizaron su experimento consto de tres diferentes agarres fueron investigadas: Lateral, chuck y pulp, los tipos de agarre fueron medidos a un rango de apertura de 2.0-14.0 cm con incrementos de 1.2 cm, tan lejos como los sujetos pudieran mantener un agarre efectivo. Aperturas debajo de 2.0 cm no pueden ser tomadas en cuenta por problemas de diseño de las agarraderas y muy pocos pudieron mantener un agarre efectivo con los dedos separados 14.0 cm. Los resultados obtenidos fueron para la fuerza de agarre tipo chuck la máxima fuerza tomada fue de 18.4 kgf; esta obtenida con una apertura de 4.4 cm; para el agarre lateral la fuerza máxima registrada fue de 14.2 kgf; en las aperturas de 2.0 y 3.2 cm; para el agarre pulp la máxima fuerza obtenida fue de 11.7 kgf; en las aperturas de 3.2 y 4.6 cm; Todas las fuerzas se encontraron dentro del rango 5.7-18.4 kgf, también las fuerzas fueron decreciendo conforme la apertura fue aumentando, esto para los tres tipos de agarre.

En el estudio hecho por Dempsey y Ayoub en 1996 (USA), donde participaron 8 hombres y 8 mujeres, tuvo como objetivos el determinar si la altura del agarre con la mano, afecta a las capacidades de fuerza de la misma, y así proveer lineamientos cuantitativos para diseño de productos, herramientas manuales, diseño de equipos y control general de diseño. Además de proveer un grupo de datos que reflejen las capacidades de fuerzas. El Método empleado en este estudio fue el siguiente: se realizaron mediciones antropométricas de los sujetos de estudio las cuales son: largo de la mano, ancho de la mano, grueso de la mano y profundo de la mano, altura y peso. Además el experimento contaba con 80 tratamientos los cuales fueron divididos en dos sesiones de 40 tratamientos. Los cuales resultaban de las siguientes combinaciones: 4 tipos de agarres, 4 alturas del agarre y 5 posiciones de la muñeca. Todos los tratamientos fueron aleatorios para cada participante, la posición en la que se deberían de encontrar al momento de realizar la medición es el brazo abducido de manera que quedara pegado al cuerpo, el codo fue flexionado 90 grados y el antebrazo en posición neutral la muñeca debería de estar en posición como lo indica el experimento. Se le dio un segundo a todos los participantes para alcanzar su máxima fuerza y durante los dos segundos posteriores mantenerla, con fines del experimento se tomó la media de la fuerza durante esos 2 segundos, los participantes utilizaron la mano que ellos desearan, el descanso entre cada medición fue entre 1.25 y 1.50 minutos, los sujetos realizaron por lo menos tres veces cada tratamiento, el promedio de los tres intentos fue utilizado como el resultado final. Los resultados del estudio fueron los siguientes: en el caso de las mujeres no hubo una correlación significativa entre ninguna de las medidas antropométricas y ninguno de los valores medios de fuerza; en cambio en los hombres se encontró una fuerte correlación entre las mediciones antropométricas y los valores de fuerza media. De las cuales se encontró una fuerte y estadística significancia en la correlación entre el peso, largo de la mano con respecto a los valores de fuerza media. El espesor de la mano fue la medida más fuertemente relacionada con la fuerza y de ahí el largo de la mano. La interacción entre el tipo de agarre y el género indicó que los hombres tienden a tener una capacidad de fuerza mayor que las mujeres. La interacción entre la

posición de la muñeca y tipo de agarre no parecen tener ninguna implicación práctica. El aspecto más significativo para la interacción entre el género y la posición de la muñeca, es que la flexión y extensión de la muñeca parecen resultar en un decremento en la fuerza, siendo este más grande en las mujeres que en los hombres. El género y la altura del agarre no tuvieron una interacción significativa. El efecto principal de la posición de la muñeca fue significativo, resultando en arriba de 24% la reducción en la fuerza del agarre, la posición neutral de la muñeca fue óptima y la flexión de la misma resultó en un gran decremento de la fuerza.

Häger-Ross y Rösblad (2002) llevaron a cabo un estudio en Suecia, el cual consto de una muestra de 267 hombres y 263 mujeres (todos dentro del rango de 4-16 años), en el cual tenían como objetivo del estudio proporcionar normas para la fuerza de agarre para los niños. Y en el cual se realizó el siguiente método: los niños se sentaron en una silla enfrente del instrumento de medición, el cual estaba sobre una mesa. Los pies fueron apoyados y el brazo fue mantenido en el soporte del instrumento, mientras sujetaba la agarradera, adoptaron la siguiente postura: su hombro abducido y en rotación natural, el codo fue flexionado 90 grados y el antebrazo y muñeca en posición neutral. A los participantes se les permitió familiarizarse con el instrumento mediante algunos ensayos. Una vez listos los participantes apretaron tan fuerte como les fuera posible durante 10 segundos, esto se realizo en tres ocasiones para cada mano, alternando la mano y siempre iniciando con la mano dominante. Los participantes tomaron un receso de 2 minutos entre cada prueba. Los resultados obtenidos en este estudio fueron los siguientes: se encontró que tanto en hombres como en mujeres hubo un incremento gradual conforme fue aumentando la edad, aunque los niños fueron generalmente más fuertes que las niñas, no hubo diferencia significativa en la fuerza de agarre entre los géneros hasta alrededor de los 10 años. La correlación de la edad y género con respecto a la fuerza de agarre se hizo más evidente en los niños año con año. De los 530 participantes, 476 su mano dominante fue la mano derecha (90%) y 54 su mano dominante fue la mano izquierda (10%),

igualmente distribuidos entre niños y niñas. La fuerza de agarre fue significativamente mas grande en la mano derecha que con la mano izquierda, mientras que con respecto al efecto de mano dominante no hubo diferencia significativa. De cualquier manera hubo una interacción entre la mano no dominante y la mano dominante, los participantes de mano derecha dominante cerca del 80% fueron más fuertes con su mano dominante mientras que el 60% de los de mano izquierda dominante produjeron el pico más alto de fuerza con su mano no dominante.

En el 2003, Ertem et al., llevaron a cabo en Turquía un estudio el cual tenía como objetivo del estudio examinar el efecto de la mano dominante, el índice de masa corporal y edad en la fuerza de agarre. Este estudio contó con una muestra de 365 Hombres (19-33 años), el método empleado en este estudio fue que los sujetos se sentaron y colocaron su hombro de manera que el brazo quedara pegado al cuerpo, el codo fue flexionado 90 grados y el antebrazo y muñeca en posición neutral. El analista tomó tres mediciones consecutivas de cada mano y tomó la máxima fuerza de agarre y pinza para el análisis, se les dio al menos un minuto de descanso entre las mediciones para minimizar la fatiga. Los resultados vistos en este trabajo fueron los siguientes: Hubo una buena significancia estadística entre la edad y fuerza de agarre, especialmente para los de mano derecha dominante. No se encontró correlación entre el índice de masa corporal y las mediciones de fuerza. Se encontró que la mano dominante es 10% más fuerte que la no dominante, sólo para los de mano izquierda dominante. Por otra parte la fuerza de agarre y fuerza tipo pinza debe de ser considerada equivalente para ambas manos.

En el estudio llevado a cabo por DiDomenico en el 2003 (USA), donde tuvo como principal objetivo aumentar y complementar la literatura ya existente. Así como también evaluar las diferencias entre los tipos de agarres, el género y los grupos de edad. Este estudio constó con una muestra de 50 Hombres y 50 Mujeres. El método bajo el cual se realizó este trabajo fue el siguiente: Este trabajo evaluó 7 tipos de agarre o presión con la mano y dedos:

- 1.- Con la yema del dedo índice se ejerció una presión hacia enfrente, de manera que el dedo estuviera en línea con el antebrazo.
2. Con el dedo índice en forma de gatillo, se engancho con el dinamómetro y se ejerció una fuerza de jalar.
3. Con la yema del dedo índice, la fuerza fue ejercida hacia abajo, el dedo en línea recta con el antebrazo.
4. La fuerza fue ejercida con los dedos índice y pulgar, este último haciendo una fuerza en posición con la falange media del dedo índice.
5. La fuerza ejercida con la yema del dedo índice en opción con la yema del dedo pulgar
6. La fuerza fue ejercida entre los dedos índice y medio en oposición con el dedo pulgar.
7. La fuerza de agarre con toda la mano. Todas las fuerzas fueron ejercidas con la mano dominante y en posición sentada (la silla se ajustaba en la altura). Con la siguiente posición: pies en el piso, su hombro abducido y en rotación natural, el codo fue flexionado 90 grados y el antebrazo y muñeca en posición neutral. Los participantes realizaron tres pruebas para cada tipo de agarre o presión, el valor medio fue tomado como el valor para el experimento, cabe recalcar que los participantes descansaban un mínimo de dos minutos entre cada medición. Los resultados obtenidos en este estudio fueron los siguientes: Se encontró una diferencia considerable con lo que respecta al género, siendo la fuerza máxima de los hombres mayor que la de las mujeres, ello en los 7 tipos de mediciones. Las fuerzas medias generales para los 7 tipos de mediciones fueron: 45.95N, 43.05N, 60.09N, 80.93N, 79.75N, 54.16N y 370.67N respectivamente. Las medias para la

fuerza de los hombres fueron: 52.58N, 50.90N, 70.84N, 97.02N, 95.37N, 62.88N y 452.44N. Las fuerzas para las mujeres fueron: 39.31N, 35.20N, 49.33N, 64.84N, 64.13N, 45.45N y 288.91N. No hubo una diferencia significativa entre los grupos de edades, aunque hubo una tendencia ligera a ascender en los grupos con edades mayores.

Ertem et al. En el 2005 (Turquía) tomó en consideración a una muestra de 877 Hombres (19-40 años) para su estudio el cual tenía como principales objetivos: Examinar la diferencia entre la máxima fuerza de agarre y el promedio de tres mediciones consecutivas de fuerzas, examinar si existe una correlación entre la fuerza ejercida, el índice de masa corporal, peso, estatura y edad y por último examinar si existe diferencia de fuerza entre la mano dominante y la no dominante. El método llevado para este trabajo fue el siguiente: los sujetos se sentaron y colocaron su hombro de manera que el brazo quedara pegado al cuerpo, el codo fue flexionado 90 grados y el antebrazo y muñeca en posición neutral. El analista tomó tres mediciones consecutivas de cada mano y saco un promedio y tomó también la máxima fuerza de agarre, cabe recalcar que los participantes descansaban un mínimo un minuto entre las mediciones ello para minimizar la fatiga. Ertem et al. (2005) Obtuvieron los siguientes resultados: hubo buena correlación entre el Índice de Masa Corporal y la fuerza de agarre. Así como entre la edad y los tipos de mediciones. Se encontró que para los participantes que su mano dominante fue la mano derecha es 10% más fuerte que la no dominante (mano izquierda); fue encontrado que para los participantes que su mano dominante fue la mano izquierda únicamente fue del 7% más fuerte que la no dominante. La diferencia entre la máxima fuerza de agarre y el promedio de tres mediciones consecutivas fue significativamente diferente para ambas manos, siendo el promedio de tres mediciones consecutivas la más consistente para evaluaciones de fuerza con la mano.

El trabajo realizado por Bao y Silverstein en USA en el 2005, tomó un tamaño de muestra de 63 hombres y 71 mujeres (Edad media mujeres fue de 41 años y la edad media hombres fue de 38 años) y el cual tenía como objetivo el estudio: Recabar datos normativos de agarre y de agarre con pinza con un dinamómetro digital nuevo, así como estudiar la relación entre la fuerza de agarre de la mano y la actividad muscular en el antebrazo y mano. El método empleado en este trabajo fue el siguiente: El estudio constó de dos experimentos en el primer experimento participaron 64 mujeres y 56 hombres, los cuales realizaron las siguientes tareas: realizaron la fuerza de agarre con pinza (usando tres dedos; pulgar, medio e índice), el examen fue repetido 3 veces y se consideró para el experimento el resultado más alto. Realizaron la fuerza de agarre con toda la mano, como si se sujetara las agarraderas de unas pinzas, de igual manera se tomó la medición más alta de tres consecutivas para el experimento. La segunda parte del experimento se llevo a cabo con 7 hombres y 7 mujeres, a los cuales se les colocaron electrodos en el antebrazo y mano con la finalidad de ver la respuesta que se tenía al realizar las tareas de agarre del experimento 1. Los participantes utilizaron sólo la mano dominante. Los resultados obtenidos en este trabajo fueron: la fuerza media de agarre con pinza para hombres fue de 125.1 N y para mujeres de 89.2 N. La fuerza media de agarre con toda la mano para hombres fue de 470 N y para mujeres de 294 N. En general los hombres tienen significativamente más fuerza en los dos tipos de agarres que las mujeres. En promedio, la fuerza de agarre con pinza es 40% más alta en hombres que en mujeres y la diferencia en agarre con toda la mano es de un 60%.

Lapiedra et al. (2006) realizaron en España un experimento con el objetivo de medir las fuerzas ejercidas por una población laboral durante la realización de distintas acciones con el fin de determinar las fuerzas máximas de referencia para el sistema mano-brazo. El tamaño de la muestra de este trabajo fue de 1927 Hombres (edad media 46 años), el método empleado en este estudio fue: Las fuerzas que se han incluido en el estudio han sido las siguientes: Fuerza pulgar, pinza término lateral, pinza término-terminal, fuerza dedos, fuerza agarre, fuerza

palma, fuerza empuje y fuerza tracción. Se determinó que cada acción a medir debía repetirse un mínimo de tres veces y que entre acción y acción debían transcurrir al menos 10 segundos con la finalidad de evitar fatiga. Las acciones se realizaron con la mano dominante y la no dominante. Algunas mediciones se realizaron a la altura de 100, 120 y 140 cm. Y otras sólo en las dos primeras alturas. Los resultados del estudio fueron los siguientes: los valores siguientes son la fuerza media y la altura donde se registro la mayor fuerza. Fuerza pulgar 276N y 120cm, Pinza termino-lateral 43N y 120cm, Pinza termino-terminal 49N y 100cm, Fuerza dedos 397N y 140cm, Fuerza agarre 416N y 120cm, Fuerza palma 399N y 140cm, Fuerza empuje 94N y 120cm y Fuerza tracción 208N y 140cm

Ana Kunelius et al. (2007) realizaron un estudio en Australia, el cual tenía como objetivo desarrollar valores normativos sobre un grupo de fuerzas manuales y medidas antropométricas de trabajadores de la línea de producción de una empresa automotriz. Examinar la relación entre las medidas antropométricas, sexo, edad, tiempo de experiencia y las fuerzas de la mano del grupo de mediciones realizadas. Este estudio fue realizado contemplando un tamaño de muestra de 254 hombres y 35 mujeres. El Método desarrollado para este estudio: se tomaron medidas antropométricas como: altura, peso, largo de la mano y ancho de la mano. La altura y peso fueron tomadas sin zapatos. Los participantes ejercieron tres tipos de agarres (grip, lateral y palmar). Los participantes debían de mantener la fuerza máxima de agarre durante 3 segundos, para evitar la fatiga entre las mediciones se realizaron alternadamente entre las manos, para cada mano se realizaron tres mediciones de las cuales la media fue registrada. Y los resultados obtenidos en este estudio fueron los siguientes: para la fuerza de agarre con la mano completa, la mano dominante produjo una fuerza mayor que con la mano no dominante, al igual que para el agarre lateral. En contraste, no se encontró diferencia significativa entre la mano dominante y no dominante para el agarre palmar. La mano derecha fue más fuerte que la izquierda para todas las mediciones. Para el análisis de la edad contra la fuerza de la mano, se dividieron los participantes entre dos grupos; uno de los participantes con edad menor a la

media de edad y otro con la edad mayor a la media. El grupo de jóvenes tuvo significativamente más fuerza en los agarres de mano completa y palmar, al igual que no hubo diferencia entre los dos grupos para el agarre lateral. La diferencia fue únicamente significativa para la mano derecha. No se encontró diferencia entre los trabajadores novatos con menos de 5 meses de experiencia y los de más de 20 años de experiencia.

Lázaro et al. (2008) llevo a cabo un estudio en España, donde contó con un tamaño de muestra de 1113 hombres y 1157 mujeres (ambos mayores a 20 años), con una media para hombres de 62 años y para mujeres de 55 años. Y tuvo como objetivo de estudio, construir tablas de valores teóricos de fuerza de la mano para la población adulta del área sanitaria de Teruel. El método empleado para este trabajo fue el siguiente: se midieron y pesaron descalzos, con tórax desnudo y se calculo el índice de masa corporal. La fuerza de la mano se mide con dinamómetro con el brazo en extensión, paralelo al cuerpo y sin apoyo. Se hacen dos mediciones para cada mano dejando descansar unos segundos entre estas y anotando el valor máximo para cada mano. Donde los resultados obtenidos fueron: Se encontró que la fuerza es mayor con la mano derecha que con la izquierda, en ambos sexos con una media de 27.5 kgf para hombres y de 16.7 kgf para mujeres. Los valores máximos se encuentran entre los 20 y 40 años comenzando a descender más de un 8% por década. Se encontró relación entre la fuerza media y el índice de masa corporal ($r=0.179$, $p=0.0003$) para hombres y ($r=0.095$, $p=0.0001$) para mujeres.

Bandyopadhyay (2008) llevo a cabo un trabajo de investigación en Malasia con una muestra de 152 Hombres y tuvo como objetivo el evaluar la composición corporal y la fuerza de agarre entre los trabajadores de una empresa de ladrillos y habitantes sedentarios de la región. El método empleado por Bandyopadhyay fue el siguiente: la composición corporal de los participantes fue determinada por mediciones de pliegues de la piel de ciertas partes del cuerpo y estas fueron medidas con un calibrador de pliegues, la cantidad total de grasa determina el

contenido de grasa del cuerpo, en valor absoluto, mientras que el porcentaje de grasa determina el contenido de grasa del cuerpo como un porcentaje del peso corporal. La fuerza de agarre de la mano fue determinada mediante la máxima contracción voluntaria de la mano. El valor más alto de tres intentos fue tomado, se tomó 3 minutos entre cada intento. La resistencia de agarre de la mano fue determinada pidiéndole al sujeto que mantuviera $\frac{1}{3}$ de su máxima fuerza de agarre tanto como le fuera posible. Todas las mediciones fueron tomadas con el brazo recto y el ángulo del codo a 0 grados. Además fueron tomadas las mediciones a lo largo de todo el día empezando a la 5h00 y terminando a las 17h00. En este trabajo se consiguieron los siguientes resultados: los trabajadores de la empresa de ladrillos tuvieron significativamente más fuerza de agarre en ambas manos, a lo largo de todo el día que el grupo de personas de la región, además el porcentaje de grasa fue significativamente menor en los trabajadores de la fábrica de ladrillos. Además se encontró una diferencia significativa en la resistencia al agarre de mano entre los dos grupos siendo los de mayor resistencia, el grupo de los trabajadores de la fábrica de ladrillos.

Muñoz et al. (2009) realizó un estudio en México, en el cual se contó con una muestra de 10 hombres y 11 mujeres. El objetivo del estudio fue: determinar la fuerza máxima de agarre que pueden ejercer hombres y mujeres con mano dominante y no dominante usando o no guantes para la población de Hermosillo, Sonora. Y el método empleado fue el siguiente: el experimento contó con dos etapas. En la primera etapa se manejaron 10 pruebas con cada mano, se utilizaron las cinco diferentes medidas de asa que tiene el dinamómetro con y sin guante. Para la segunda etapa se manejaron dos pruebas con cada mano, utilizando la apertura donde se obtuvo mayor fuerza en la primera etapa. Se tomaron tres mediciones para cada sujeto y se tomó la fuerza de agarre mayor para el análisis. Los resultados del estudio fueron los siguientes: se obtuvo que la máxima fuerza de agarre se conseguía con una apertura de $1 \frac{7}{8}$ pulgadas. La fuerza de agarre aumenta con la utilización de guantes, con respecto a hacerlo sin ellos. Se obtuvo que la fuerza media máxima de agarre (kgf) para la población

masculina fue de: sin guante/Mano Dominante 42.58; sin guante/Mano No Dominante 39.8; Con guante/Mano Dominante 44.29; Con guante/Mano No Dominante 41.53; La fuerza máxima media de agarre (kgf) para la población femenina fue de: Sin guante/Mano Dominante 24.47; Sin guante/Mano No Dominante 23.04; Con guante/Mano Dominante 25.41; y Con guante/Mano No Dominante 23.22.

Dentro de las mediciones llevadas a cabo por Peebles y Norris (2000) se encuentran varias mediciones realizadas sobre las fuerzas del dedo pulgar e índice, así como la descripción de dichas tareas, métodos de medición y análisis estadístico de la información recabada. A continuación se describen algunas mediciones realizadas en este estudio:

1. Fuerza de presión de dedo

Tabla 2.2 Tamaño de la muestra, para las mediciones de presión con el dedo, estudio Peebles y Norris (2000).

Edad (años)	Hombres	Mujeres	Total
2-5	9	9	17
6-10	5	10	15
11-15	12	5	17
16-20	6	8	14
21-30	10	7	17
31-50	7	16	23
51-60	5	6	11
61-70	3	8	11
71-80	8	11	19
81-90	0	4	4
Total	65	83	148

Descripción.

La máxima fuerza de presión estática hacia enfrente y hacia abajo del dedo índice y pulgar, ejercida en 5 segundos, en Newton (N).

Método.

El sujeto permanece parado enfrente del instrumento de medición (dinamómetro) y adoptara una posición libre. Una fuerza estática de presión es ejercida con la yema del dedo índice o pulgar de la mano dominante. Sobre una superficie plana (dispositivo 40mm x 40mm x 20mm), el cual permanece sujeto al dinamómetro (este sin movimiento al ejercer la fuerza sobre él). Los analizados presionan en dirección hacia enfrente y hacia abajo. Los analizados son instruidos para realizar su máxima fuerza en los primeros segundos y mantenerla en los segundos restantes.

Tabla 2.3 Resultados de presión hacia enfrente y hacia abajo del dedo índice para el estudio Peebles y Norris (2000).

Edad (años)	Sexo	No.	Presión hacia enfrente (N)			Presión hacia abajo (N)		
			Media	DE	Rango	Media	DE	Rango
2-5	H	9	20.32	5.22	16.00-35.00	21.82	7.01	14.70-35.00
	M	8	24.92	9.56	15.90-38.60	24.49	8.07	12.40-35.10
6-10	H	5	51.50	13.38	30.80-61.80	43.32	16.58	15.30-57.10
	M	10	43.99	17.32	23.40-70.30	42.00	17.20	22.80-76.80
11-15	H	12	64.32	17.75	35.90-92.10	66.65	22.56	35.90-102.70
	M	5	64	18.42	33.20-80.00	63.02	19.44	31.00-78.40
16-20	H	6	121.37	36.80	82.20-163.30	113.93	38.49	60.90-162.00
	M	8	84.69	23.17	61.90-122.60	76.12	22.18	53.60-115.90
21-30	H	10	118.57	28.57	76.00-155.60	111.29	26.19	71.70-142.50
	M	7	78.87	15.36	55.90-98.40	76.47	15.57	61.90-106.60
31-50	H	7	122.17	27.53	85.80-174.20	127.64	28.70	98.20-176.80
	M	16	87.12	13.61	66.40-111.80	85.95	18.62	82.90-119.00
51-60	H	5	104.12	32.47	55.40-137.50	105.28	23.74	71.20-124.80
	M	6	67.82	10.04	53.80-79.00	74.33	9.26	58.00-84.70
61-70	H	3	101.00	24.62	73.50-121.00	122.10	48.59	93.00-178.20
	M	8	65.78	4.37	59.00-73.20	65.45	8.17	55.00-75.10
71-80	H	8	83.52	15.61	58.60-103.30	90.00	17.64	64.70-118.20
	M	11	58.29	14.09	41.10-84.60	62.03	12.40	37.50-79.20
81-90	M	4	60.87	11.06	44.40-68.10	54.25	7.05	44.40-60.70

Tabla 2.4 Resultados de presión hacia enfrente y hacia abajo del dedo pulgar para el estudio Peebles y Norris (2000).

Edad (años)	Sexo	No .	Presión hacia enfrente (N)			Presión hacia abajo (N)		
			Media	DE	Rango	Media	DE	Rango
2-5	H	9	28.07	9.99	17.30-41.60	28.920	18.85	23.50-53.80
	M	8	30.92	8.66	16.80-42.80	34.40	14.99	13.60-53.90
6-10	H	5	88.80	28.55	53.40-126.60	85.08	34.18	51.40-132.10
	M	10	70.22	24.61	38.70-107.70	71.14	33.56	27.80-119.50
11-15	H	12	135.18	71.26	54.40-315.40	115.09	40.01	67.90-209.10
	M	5	97.02	26.94	51.30-119.70	94.34	36.16	39.10-139.60
16-20	H	6	189.17	49.04	119.70-253.00	195.78	51.50	113.90-247.50
	M	8	142.75	45.71	100.00-234.60	125.46	24.26	86.20-161.40
21-30	H	10	177.00	51.35	114.90-290.60	184.14	52.19	109.30-290.10
	M	7	116.08	28.22	70.50-147.90	135.17	30.35	84.70-180.70
31-50	H	7	188.38	30.80	147.10-224.40	201.40	23.64	173.70-248.20
	M	16	133.51	33.39	79.40-220.40	133.36	29.36	86.90-187.20
51-60	H	5	171.88	51.42	91.20-228.60	166.34	61.27	76.30-248.70
	M	6	105.98	35.36	59.60-155.00	124.48	26.38	85.60-142.80
61-70	H	3	159.33	82.54	68.80-230.40	172.73	67.13	103.80-237.90
	M	8	92.16	11.41	73.60-109.00	94.53	13.97	72.80-119.30
71-80	H	8	140.85	27.93	114.40-184.90	145.45	46.89	91.60-211.80
	M	11	86.39	20.84	58.10-113.20	89.83	18.94	61.50-123.30
81-90	M	4	86.6	24.41	56.40-116.20	80.57	25.37	56.50-109.90

Análisis de tabla 2.3 y 2.4.

Efecto del sexo

Para las cuatro mediciones (presionar hacia enfrente y hacia abajo con el dedo índice y pulgar), no se encontró diferencia significativa entre niños y niñas de 2 a 15 años. Sin embargo, en todos los grupos de adulto y adultas mayores (16-80 años), los hombres fueron significativamente más fuertes que las mujeres.

Efecto de la edad

La fuerza de presión de los dedos incrementa con la edad a través de la infancia, y alcanza el pico más alto en la edad adulta y empieza a decrecer con la edad alrededor de los 50 años. A lo largo de la infancia, cada grupo sucesivo de edad (2-5, 6-10, 11-15 años) fue encontrado significativamente más fuerte que el anterior para las cuatro mediciones. No fue encontrada diferencia significativa dentro de los grupos de adultos (16-20, 21-30, 31-50 años) o adultos mayores (51-

60, 61-70, 71-80, 81-90 años). No obstante fue encontrada diferencia significativa entre los grupos, los adultos (16-50 años) fueron encontrados significativamente más fuerte que los adultos mayores (51-90), quien a su vez fueron más fuertes que los niños.

Efecto del tipo de dedo usado y dirección de la fuerza

La dirección de la aplicación de la fuerza parece tener poco o ningún efecto en la máxima fuerza de presión de los dedos, ninguna diferencia significativa fue encontrada entre presión hacia enfrente y abajo (ya sea con el dedo índice o pulgar). El dedo usado, sin embargo, sí; la presión con el dedo pulgar generó significativamente más fuerza que la presión con el dedo índice. De las cuatro mediciones, los niños (2-15 años) ejercieron la fuerza más grande cuando presionaron hacia enfrente con el dedo pulgar. Mientras que los adultos (16-50 años) y adultos mayores (51-90 años) generalmente ejercieron la fuerza más grande cuando presionaron hacia abajo con el dedo pulgar.

Fuerza de jalar con agarre.

Tabla 2.5 Tamaño de la muestra, para las mediciones de jalar con agarre, estudio Peebles y Norris (2000).

Edad (años)	Hombres	Mujeres	Total
2-5	8	5	13
6-10	7	9	16
11-15	10	7	17
16-20	11	7	18
21-30	8	9	17
31-50	5	13	18
51-60	5	6	11
61-70	4	9	13
71-80	8	11	19
81-90	0	4	4
Total	66	80	146

Descripción.

La máxima fuerza estática de jalar mientras sujetas y jalas con los dedos pulgar, índice y medio, ejercida en un periodo de 5 segundos. En Newton (N)

Método.

El sujeto permanece parado enfrente del aparato de medición (dinamómetro) y adopta una posición libre. Una fuerza estática de jalón es ejercida mientras que se agarra una serie de dispositivos con la yema del dedo pulgar en oposición a) la yema del dedo índice (*pulp pinch*) y b) las yemas del dedo índice y medio (*chuck pinch*). Los analizados son instruidos para realizar su máxima fuerza en los primeros segundos y mantenerla en los segundos restantes.

Tipo de dispositivos y medidas.

Dos dispositivos: 1) 40mm x 40mm x 20mm y 2) 40mm x 40mm x 40mm, posicionados a la altura del codo.

Tabla 2.6 Resultados de jalar con agarre, estudio Peebles y Norris (2000).

Edad (años)	Sexo	No.	Tipo agarre	Dispositivo 1			Dispositivo 2		
				Media	DE	Rango	Media	DE	Rango
2-5	H	8	Pulp	19.69	4.96	12.20-27.70	21.10	5.14	15.10-27.60
			Chuck	24.83	5.62	16.00-31.40	26.56	4.44	17.10-32.70
	M	5	Pulp	15.00	8.94	6.90-30.30	11.36	6.67	3.60-28.30
			Chuck	19.32	10.81	9.00-36.70	17.38	8.53	11.10-32.20
6-10	H	7	Pulp	42.78	14.68	23.60-64.80	49.51	17.79	26.30-60.70
			Chuck	55.18	21.05	31.10-95.30	62.26	25.15	31.70-99.80
	M	9	Pulp	33.18	9.80	21.50-62.30	37.05	13.21	22.90-46.60
			Chuck	45.69	15.73	31.60-77.00	48.14	15.55	32.60-79.00
11-15	H	10	Pulp	60.89	17.77	36.60-92.90	52.01	17.99	44.30-97.60
			Chuck	78.06	29.22	50.00-135.00	82.41	21.21	55.50-118.40
	M	7	Pulp	58.36	14.06	33.40-80.30	53.38	8.48	46.50-68.10
			Chuck	60.91	12.90	43.40-81.20	68.48	13.90	48.40-86.10
16-20	H	11	Pulp	79.34	20.14	53.60-105.70	81.60	21.93	46.70-106.10
			Chuck	99.44	18.75	62.60-129.20	105.30	20.83	73.60-141.00
	M	7	Pulp	70.81	13.88	52.40-115.50	75.27	15.76	63.00-121.40
			Chuck	81.40	11.25	72.80-109.20	92.40	12.82	77.10-116.39
21-30	H	8	Pulp	81.92	16.06	59.00-113.60	88.01	17.59	53.20-116.50
			Chuck	89.82	20.33	58.00-121.40	105.50	21.66	75.10-138.90
	M	9	Pulp	60.96	12.36	35.90-73.50	62.49	10.47	40.10-74.50
			Chuck	68.91	13.22	49.00-91.71	75.62	14.95	51.00-94.70
31-50	H	5	Pulp	87.54	11.18	72.80-100.30	108.00	19.88	62.20-130.60
			Chuck	108.6	8.31	96.30-120.70	118.6	9.65	106.10-130.10
	M	13	Pulp	71.55	22.26	41.90-109.50	73.86	21.98	44.30-117.70
			Chuck	76.79	19.51	53.60-111.10	69.09	21.73	57.70-128.00
51-60	H	5	Pulp	68.86	8.95	58.80-77.40	77.32	19.51	56.30-105.20
			Chuck	84.00	16.75	74.50-113.70	92.60	20.86	69.80-120.30
	M	6	Pulp	63.22	14.94	43.30-79.90	67.85	19.36	51.20-90.20
			Chuck	62.82	14.80	52.00-91.30	75.07	18.03	58.10-99.30
61-70	H	4	Pulp	83.87	13.00	67.00-97.70	90.57	19.79	63.50-109.00
			Chuck	83.05	13.89	68.00-95.40	92.15	4.74	85.40-96.50
	M	9	Pulp	51.05	9.59	35.00-68.90	56.74	10.78	38.60-68.30
			Chuck	53.91	7.95	44.10-71.90	54.83	7.87	55.70-80.90
71-80	H	8	Pulp	66.72	17.11	42.30-92.20	70.59	18.94	46.00-96.20
			Chuck	82.90	17.18	57.10-104.60	94.61	24.75	60.80-109.60
	M	11	Pulp	48.07	10.66	34.40-57.90	49.53	11.12	36.40-72.10
			Chuck	50.30	11.17	37.00-73.70	52.70	7.67	37.40-72.30
81-90	M	4	Pulp	52.17	6.73	45.00-60.90	57.40	9.68	44.90-68.50
			Chuck	54.22	8.21	48.00-66.30	60.38	9.16	47.50-69.20

Análisis de la tabla 2.6

Efecto del sexo

No fue encontrada diferencia significativa en la máxima fuerza de jalar con agarre entre hombres y mujeres en las edades superiores a 20 años. Sin embargo, los hombres de entre 21-80 años fueron significativamente más fuertes que las mujeres para la mayor parte de las mediciones de jalon con agarre.

Efecto de la edad

Para todas las cuatro mediciones de jalón con agarre (2 tipos de agarre y 2 tamaños de agarre), la máxima fuerza incrementa a través de la infancia (2-15 años). El máximo pico fue en la edad adulta, y decrece con la edad alrededor de los 50 años. No fue encontrada diferencia significativa entre los adultos (16-20, 21-30, 31-50 años) o en los adultos mayores (51-60, 61-70, 71-80, 81-90 años). Sin embargo fue encontrada diferencia significativa entre los grupos de niños (2-5, 6-10, 11-15), con cada grupo sucesivo fue significativamente más fuerte que los anteriores para todas las cuatro mediciones.

Efecto del tipo de agarre y tamaño de agarre

Ambos tipo de agarre y el tamaño del agarre parecen tener un efecto en la máxima fuerza. Para ambos hombres y mujeres, presionar y jalar con la yema del pulgar en oposición a las yemas de los dedos índice y medio (Chuck pinch) generan significativamente fuerzas más altas que agarrar con la yema del dedo pulgar en oposición sólo a la yema de el dedo índice (Pulp pinch). Para ambos tipos de agarre (pulp y chuck), las fuerzas de jalar fueron en gran medida por el tamaño del agarre. Eso es, con la medida del tamaño del agarre incrementa la fuerza máxima.

CAPÍTULO III. MATERIALES Y METODOS

En este capítulo se describirá la metodología que se realizó para desarrollar este trabajo de investigación, además como la descripción del equipo utilizado para llevar acabo el experimento. Cabe mencionar además que el método como se realizará este experimento es similar al realizado por Peebles y Norris (2000) en la universidad de Nottingham, Inglaterra; considerando que las mediciones realizadas en ese trabajo fueron tomadas en un laboratorio, donde los sujetos tenían que asistir para que se les tomarán las mediciones, además de que el instrumento de medición fue colocado en una base fija a la pared, mientras que las mediciones que se tomaron en el presente trabajo fueron tomadas en varias partes de la ciudad (Donde se pudieran encontrar los sujetos a medir, por ejemplo jardín de niños, primarias, secundarias, preparatoria, asilos, etc.) y el dinamómetro fue colocado en una base móvil (como se mostrará más adelante), la cual permitiera el traslado del instrumento de medición hacia los participantes del experimento. Importante es recordar que uno de los objetivos de este estudio es realizar una comparación entre los resultados obtenidos de ambos trabajos.

3.1 Materiales.

Para la realización de este trabajo se utilizaron dos dispositivos de aluminio, los cuales cuentan con las siguientes medidas (ancho, largo, espesor):

1) 40mm x 40mm x 20mm y 2) 40mm x 40mm x 40mm.

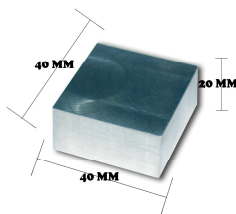


Figura 3.1 Dispositivo 1

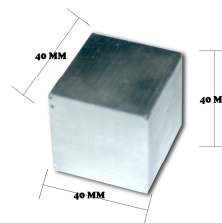


Figura 3.2 Dispositivo 2

Además se utilizó un dinamómetro de la marca Mark-10, de la serie BG, modelo BG 500. El cual tiene una capacidad de 500 x 0.2 lb, 250 x 0.1 kgF, 2500 x 1 N, 110V. Además de una computadora HP con procesador Pentium IV, así como el software MINITAB 14 con el cual se realizaron las pruebas estadísticas para la elaboración de esta investigación.

3.2 Método.

A continuación se describe la metodología empleada para la realización de este trabajo de investigación.

Paso 1. Estudio RYR cruzado

Se realizó un estudio RYR cruzado, el cual tiene como objeto identificar la variación debido al sistema de medición (repetitividad) y la variación debido al operador que realiza las mediciones (reproducibilidad). Para este estudio se contó con 2 operadores, los cuales realizaron 3 mediciones a 10 personas (Total 30 mediciones).

Tabla 3.1 Resultados de la medición, presión hacia abajo con el dedo índice para estudio RYR cruzado.

	OSCAR			DANIEL		
Rango	Hombre			Hombre		
(años)	1	2	3	1	2	3
2-5	31	24	23	30	25	26
6-10	27	21	18	21	23	21
11-15	48	40	42	48	40	37
16-20	75	84	79	73	77	66
21-30	60	55	64	57	57	65
31-50	61	56	52	78	81	69
51-60	91	91	94	93	86	95
61-70	46	63	62	52	49	59
71-80	75	84	84	55	67	62
81-90	91	90	100	92	97	91

Tabla 3.2 Tabla ANOVA con interacción. Del estudio RYR.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	P
Parte	9	32642.4	3626.93	26.2719	0.000
Operador	1	25.3	25.35	0.1836	0.678
Parte * operador	9	1242.5	138.05	5.5555	0.000
Repetitividad	40	994.0	24.85		
Total	59	34904.2			

Con un nivel de significancia del 0.05

Tabla 3.3 Porcentaje de contribución. De la prueba RYR.

Fuente	Componentes de variación	% Contribución (De los componentes de variación)
Total Prueba RyR	62.585	9.72
Repetitividad	24.850	3.86
Reproducibilidad	37.735	5.86
Operador	0.000	0.00
Operador * Parte	37.735	5.86
Parte a Parte	581.479	90.28
Total	644.064	100.00

Conclusión del estudio RYR.

Como se puede observar en la tabla 3.2, el p-value es mayor a 0.05, con lo cual se puede concluir que no existe una variación entre los operadores que realizaron las mediciones. Tomando en consideración los criterios de aceptación mencionados en el capítulo anteriormente por Gutiérrez y De la vara, (2004) y analizando los porcentajes de contribución de la tabla 3.3, se puede decir que tanto como los operadores como el sistema de medición son aceptables.

Paso 2. Determinación del tamaño de la muestra

Se determinó el tamaño de la muestra, el cual fue de 93 hombres y 115 mujeres, distribuido en 10 categorías como se muestra en la tabla 3.4. Todos los participantes declararon que no cuenta con ninguna lesión en el brazo o en la mano, la cual no les permita participar en este experimento. Los sujetos no fueron seleccionados para ser representativo de los criterios socioeconómicos.

Tabla 3.4 Distribución de los participantes en sus rangos de edad, para el presente trabajo.

Edad (Años)	2-5	6-10	11-15	16-20	21-30	31-50	51-60	61-70	71-80	81-90
Sexo	H M	H M	H M	H M	H M	H M	H M	H M	H M	H M
Cantidad	11 10	10 10	12 16	12 12	10 10	13 16	5 13	5 11	10 12	5 5

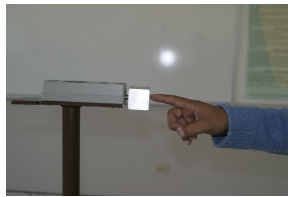
Paso 3. Método y proceso empleado para las mediciones.

La descripción del método y proceso para la toma de mediciones se describe a continuación:

3.2.3.1 Fuerza de presión con el dedo índice hacia enfrente.

Descripción.

La máxima fuerza de presión estática hacia enfrente del dedo índice, ejercida en 5 segundos, en Newtons (N). Ver figura 3.3, a) y b).



a) Posición del dedo Índice



b) Postura del cuerpo

Figura 3.3 Posturas para fuerza máxima de presión hacia enfrente con el dedo Índice.

Método.

Una fuerza estática de presión hacia enfrente es ejercida con la yema del dedo índice sobre una superficie plana (dispositivo 2), la cual permanece sujeta al dinamómetro (sin movimiento al ejercer la fuerza sobre el).

3.2.3.2 Fuerza de presión con el dedo pulgar hacia enfrente.

Descripción.

La máxima fuerza de presión estática hacia enfrente del dedo pulgar, ejercida en 5 segundos, en Newtons (N). Ver figura 3.4, a) y b).



a) Posición del dedo pulgar b) Postura del cuerpo

Figura 3.4 Postura para fuerza máxima de presión hacia enfrente con el dedo pulgar.

Método.

Una fuerza estática de presión hacia enfrente es ejercida con la yema del dedo pulgar. Sobre una superficie plana (dispositivo 2), el cual permanece sujeto al dinamómetro (sin movimiento al ejercer la fuerza sobre el).

3.2.3.3 Fuerza de presión con el dedo índice hacia abajo.

Descripción.

La máxima fuerza de presión estática hacia abajo del dedo índice, ejercida en 5 segundos, en Newtons (N). Ver figura 3.5, a).



a) Postura del cuerpo

Figura 3.5 Postura para fuerza máxima de presión hacia abajo con el dedo Índice.

Método.

Una fuerza estática de presión hacia abajo es ejercida con la yema del dedo índice sobre una superficie plana (dispositivo 2), el cual permanece sujeto al dinamómetro (sin movimiento al ejercer la fuerza sobre el).

3.2.3.4 Fuerza de presión con el dedo pulgar hacia abajo.

Descripción.

La máxima fuerza de presión estática hacia abajo del dedo pulgar, ejercida en 5 segundos, en Newtons (N). Ver figura 3.6, a).



a) Postura del cuerpo

Figura 3.6 Postura para fuerza máxima de presión hacia abajo con el dedo pulgar.

Método.

Una fuerza estática de presión hacia abajo es ejercida con la yema del dedo pulgar sobre una superficie plana (dispositivo 2), el cual permanece sujeto al dinamómetro (sin movimiento al ejercer la fuerza sobre el).

3.2.3.5 Fuerza de jalar con agarre pulp, con dispositivo 1.

Descripción.

La máxima fuerza estática de jalar mientras se sujeta con el dedo pulgar e índice (agarre pulp), ejercido en un periodo de 5 segundos. En Newtons (N) Ver figura 3.7, a) y b).



a) Postura del dedo índice b) Postura del dedo pulgar

Figura 3.7 Postura para fuerza máxima de jalar con agarre pulp.

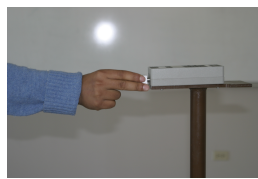
Método.

Una fuerza estática de jalon es ejercida mientras que se agarra el dispositivo 1, con la yema del dedo pulgar en oposición a la yema del dedo índice (agarre pulp).

3.2.3.6 Fuerza de jalar con agarre chuck, con dispositivo 1.

Descripción.

La máxima fuerza estática de jalar mientras se sujeta con el dedo pulgar, índice y medio (agarre chuck), ejercido en un periodo de 5 segundos. En Newtons (N), Ver figura 3.8, a) y b).



a) Postura de los dedos índice y medio b) Postura del dedo pulgar

Figura 3.8 Postura para fuerza máxima de jalar con agarre pulp.

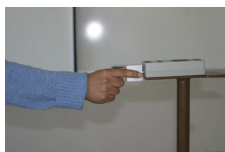
Método.

Una fuerza estática de jalon es ejercida mientras que se agarra el dispositivo 1, con la yema del dedo pulgar en oposición a las yemas del dedo índice y medio (agarre chuck).

3.2.3.7 Fuerza de jalar con agarre pulp, con dispositivo 2.

Descripción.

La máxima fuerza estática de jalar mientras se sujeta con el dedo pulgar e índice (agarre pulp), ejercido en un periodo de 5 segundos. En Newtons (N) Ver figura 3.9, a) y b).



a) Postura del dedo índice b) Postura del dedo pulgar

Figura 3.9 Postura para fuerza máxima de jalar con agarre chuck.

Método.

Una fuerza estática de jalon es ejercida mientras que se agarra el dispositivo 2, con la yema del dedo pulgar en oposición a la yema del dedo índice (agarre pulp).

3.2.3.8 Fuerza de jalar con agarre tipo chuck, con dispositivo 2.

Descripción.

La máxima fuerza estática de jalar mientras se sujeta con el dedo pulgar, índice y medio (agarre chuck), ejercido en un periodo de 5 segundos. En Newtons (N) Ver figura 3.10, a) y b)



a) Postura de los dedos índice y medio b) Postura del dedo pulgar

Figura 3.10 Postura para fuerza máxima de jalar con agarre chuck.

Método.

Una fuerza estática de jalon es ejercida mientras que se agarra el dispositivo 2, con la yema del dedo pulgar en oposición a las yemas del dedo índice y medio (agarre chuck).

Proceso

Los participantes del experimento fueron instruidos para que ejercieran su máxima fuerza durante todas las mediciones, la cual pudieran ejercer sin que les causara algún daño o lesión. Además previamente fueron instruidos para realizar su máxima fuerza en los primeros segundos y mantenerla en los segundos restantes. Las 8 mediciones fueron tomadas únicamente con la mano dominante. A los participantes se les dio 2 minutos de descanso entre cada medición. Al momento de realizar las mediciones los participantes debían de estar de pie frente al instrumento de medición, con las piernas juntas y con la espalda lo más recta posible, esto con la finalidad de que al momento de ejercer la fuerza sobre el dinamómetro no utilizaran el peso del cuerpo como apoyo, lo cual contribuiría a ejercer una mayor fuerza. El instrumento de medición fue ajustado y posicionado a la altura del codo de cada participante.

Paso 4. Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos (mediciones), así como la interpretación, conclusiones y recomendaciones en base a los resultados encontrados y el comparativo contra el estudio anteriormente mencionado, se mostrarán en el siguiente capítulo de análisis de resultados.

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se mostraran los resultados obtenidos al realizar las mediciones de fuerza mencionadas en el capítulo anterior, así como un análisis estadístico de los mismos el cual nos permita apreciar con claridad el efecto del sexos, edad y tipo de agarre o presión, con respecto a la fuerza ejercida. Además se realizara un comparativo de estos resultados con los obtenidos en el trabajo realizado por Peebel y Norris en el año 2000.

4.1 Fuerzas de presión hacia enfrente y presión hacia abajo con los dedos índice y pulgar.

A continuación se presenta los resultados obtenidos para los tipos de fuerzas de presión hacia enfrente y presión hacia abajo con el dedo índice y pulgar. En las dos siguientes tablas se puede observar la media, desviación estándar y rango, tanto para hombres como para mujeres en los 10 rangos de edad.

4.1.1 Fuerza de presión con el dedo índice

Tabla 4.1. Fuerzas de presión hacia enfrente y hacia debajo del dedo índice, presente trabajo.

Edad (Años)	Sexo	No.	Presión hacia enfrente (N)			Presión hacia abajo (N)		
			Media	DE	Rango	Media	DE	Rango
2-5	H	11	16	4.49	11-24	20.63	3.98	14-25
	M	10	12.1	4.14	7-19	14.9	3.47	10-23
6-10	H	10	28.2	9.75	12-39	38.3	8.27	27-56
	M	10	29.5	6.48	20-39	31.3	3.56	29-37
11-15	H	12	58.58	15.17	37-87	57.16	15.8	34-87
	M	16	46	12.31	31-76	44.56	9.2	27-61
16-20	H	12	66.5	15.75	39-96	82.33	23.15	32-120
	M	12	42.42	13.72	25-73	50.75	13.22	30-69
21-30	H	10	96	41.37	30-150	84.9	37.93	27-135
	M	10	48.4	17.88	28-84	43.5	12.34	29-62
31-50	H	13	66.15	33.51	33-145	73.53	25.52	38-129
	M	16	48.75	12.76	34-82	55	11.53	39-77
51-60	H	5	73.4	10.43	57-84	76.8	13.55	65-100
	M	13	59.07	14.03	24-76	58	13.79	33-93
61-70	H	5	71	22.24	40-82	65	14.57	48-85
	M	11	56.09	11.7	38-75	57.63	6.15	46-64
71-80	H	10	65.7	18.09	33-90	69.1	23.55	42-122
	M	12	55.08	13.37	26-73	58.08	9.92	33-73
81-90	H	5	38.2	8.98	29-52	45.6	9.6	34-59
	M	5	47.2	4.65	42-53	41.6	8.64	30-53

Tabla 4.2. Diferencias entre hombres y mujeres (prueba t) para el dedo índice, presente trabajo.

Edad (Años)	Sexo	No.	Hacia enfrente			Hacia abajo		
			T	gl	Sig	T	gl	Sig
2-5	H M	11 10	2.07	18	0.053	3.52	18	0.002*
6-10	H M	10 10	-0.35	15	0.730	2.46	12	0.030*
11-15	H M	12 16	2.35	20	0.029*	2.47	16	0.025*
16-20	H M	12 12	3.99	21	0.001*	4.10	17	0.001*
21-30	H M	10 10	3.34	12	0.006*	3.28	10	0.008*
31-50	H M	13 16	1.77	14	0.098	2.42	15	0.028*
51-60	H M	5 13	2.36	9	0.043*	2.62	7	0.034*
61-70	H M	5 11	1.41	5	0.217	1.09	4	0.338
71-80	H M	10 12	1.54	16	0.144	1.38	11	0.195
81-90	M	5 5	-1.99	6	0.094	0.69	7	0.511

T= valor de la prueba t, gl= grados de libertad, Sig= nivel de significancia estadística, *= denota diferencia significativa a un nivel de 0.05.

4.1.1.1 Análisis efecto del sexo para el dedo índice.

Como se puede observar en la tabla 4.2, el efecto del sexo es significativo en el tipo de presión hacia abajo durante los primeros 7 rangos de edad los cuales comprenden desde los 2 años hasta los 60 años, donde los hombres muestran una mayor fuerza que las mujeres; de ahí en adelante no se puede observar una diferencia muy significativa entre hombres y mujeres. En el caso del tipo de presión hacia enfrente se puede observar otro tipo de comportamiento entre los sexos y rangos de edad, ya que no es sino hasta los 11 años donde se empieza a mostrar una diferencia entre hombres y mujeres, la cual termina en los 30 años y vuelve a hacerse evidente esta diferencia hasta los 51 años para culminar en los 60 años, des pues de esta edad no existe diferencia alguna en la fuerza de

presión hacia enfrente con el dedo índice entre hombres y mujeres. Esto se puede apreciar de una mejor manera en las graficas 4.1 y 4.2.

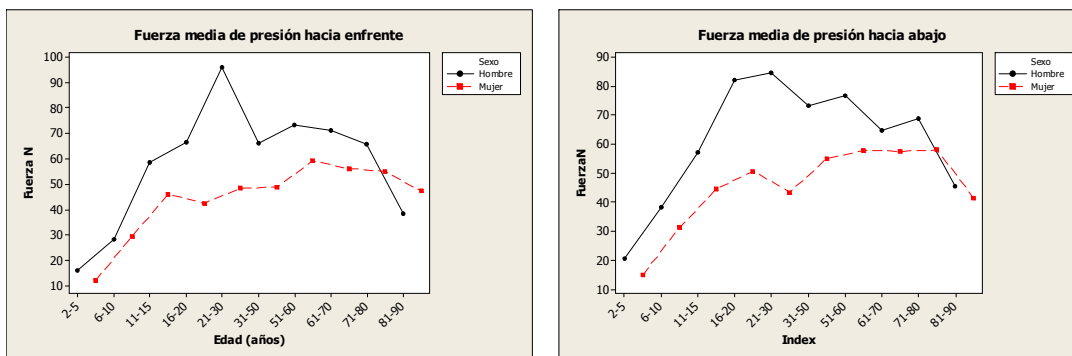


Figura 4.1 Fuerza media hacia enfrente. Figura 4.2 Fuerza media hacia abajo.

4.1.1.2 Análisis efecto de la edad para el dedo índice.

Como se puede ver en las tablas 4.3, 4.4, 4.5 y 4.6. Existe evidencia a favor de que la fuerza media tanto en los hombres como en las mujeres varia conforme a la edad; esto para los 2 tipos de presión con el dedo índice; se pueden observar claramente estos resultados en las graficas 4.3, 4.4, 4.5 y 4.6. En la grafica 4.3, para el caso de la fuerza de presión hacia enfrente para hombres nos indica que la fuerza va en incremento conforme a la edad teniendo esta su pico más alto en el rango de edad de los 21-30 años, y empezando a decrecer a partir de ese punto. En el caso de la fuerza de presión hacia enfrente para mujeres (grafica 4.4), podemos observar un comportamiento similar donde la fuerza va en incremento conforme a la edad, el punto máximo de fuerza se encuentra entre los 51-60 años. Para la fuerza de presión hacia abajo; en el caso de los hombres nos indica que la fuerza igualmente va en incremento conforme a la edad teniendo esta su pico más alto en la edad de 21-30 años, y empezando a decrecer a partir de ese punto; para las mujeres en este tipo de fuerza su punto máximo de fuerza es entre los 71 y 80 años.

Tabla 4.3. ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs Edad, presión hacia enfrente para hombres, presente trabajo.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	P
Edad (años)	9	51467	5719	11.75	0.000
Error	83	40405	487		
Total	92	91872			

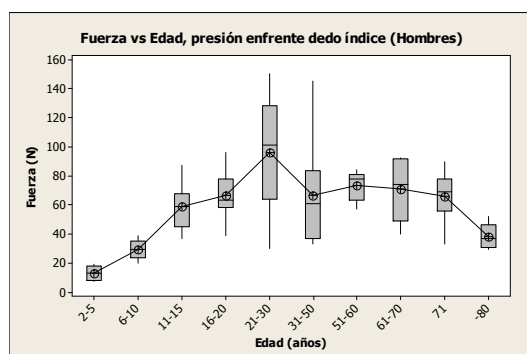


Figura 4.3 Fuerza vs Edad, presión hacia enfrente dedo índice (Hombres).

Tabla 4.4. ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs Edad, presión hacia enfrente para Mujeres, presente trabajo.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	P
Edad (años)	9	18828	2092	13.74	0.000
Error	105	15991	152		
Total	114	34819			

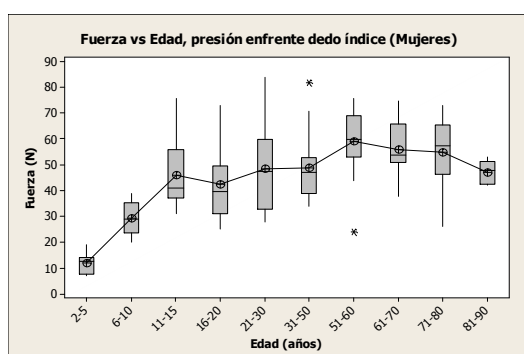


Figura 4.4 Fuerza vs Edad, presión hacia enfrente dedo índice (Mujeres).

Tabla 4.5. ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs Edad, presión hacia abajo para Hombres, presente trabajo.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	P
Edad (años)	9	39617	4402	9.84	0.000
Error	83	37138	447		
Total	92	76755			

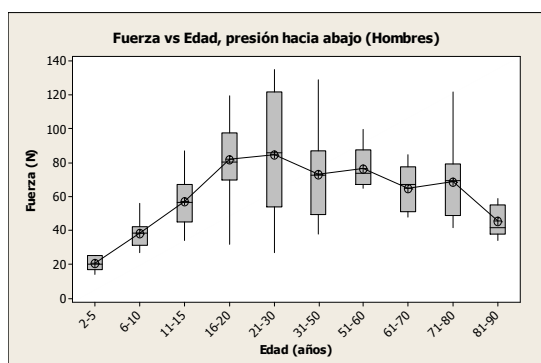


Figura 4.5 Fuerza vs Edad, presión hacia abajo dedo índice (Hombres).

Tabla 4.6. ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs Edad, presión hacia abajo para Mujeres, presente trabajo.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	P
Edad (años)	9	18615	2068	20.06	0.000
Error	105	10828	103		
Total	114	29444			

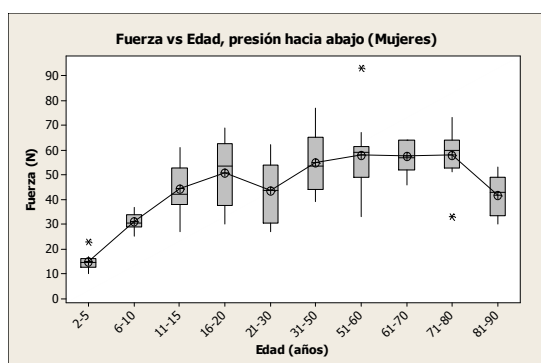


Figura 4.6 Fuerza vs Edad, presión hacia abajo dedo índice (Mujeres).

4.1.2 Fuerza de presión con el dedo pulgar.

Tabla 4.7. Fuerzas de presión hacia enfrente y hacia abajo del dedo pulgar, presente trabajo.

Edad (Años)	Sexo	No.	Presión hacia enfrente (N)			Presión hacia abajo (N)		
			Media	DE	Rango	Media	DE	Rango
2-5	H	11	19.72	8.12	11-38	26.18	7.67	14-39
	M	10	16.2	5.28	7-24	21.3	7.95	9-35
6-10	H	10	35.5	12.92	21-55	50.9	12.37	37-74
	M	10	30.3	9.34	16-46	38.3	12.29	18-53
11-15	H	12	78.25	17.67	53-112	75.75	13.88	55-98
	M	16	52.44	17.22	30-82	60.63	22.40	32-111
16-20	H	12	80.58	20.62	44-113	107.08	30.44	72-172
	M	12	48.5	13.15	29-74	59.67	13.87	43-77
21-30	H	10	118	50.51	34-179	111.9	41.50	37-152
	M	10	45.4	13.99	31.67	50.3	16.10	30-77
31-50	H	13	84.3	40.94	35-178	98.84	40.48	46-171
	M	16	59.25	16.78	37-96	62.25	13.58	41-85
51-60	H	5	88.6	17.09	62-103	98	17.98	84-126
	M	13	62.15	14.4	40-89	63.15	15.11	43-101
61-70	H	5	80.6	25.57	53-114	73.8	15.08	51-93
	M	11	59.09	13.41	39-86	59	4.79	51-68
71-80	H	10	82.9	25.37	64-129	88.4	27.95	54-146
	M	12	59.16	11.10	41-79	65.75	15.09	47-106
81-90	H	5	52	12.58	38-72	56.2	17.41	36-80
	M	5	49.4	4.72	43-56	55	10.12	42-68

Tabla 4.8. Diferencias entre hombres y mujeres (prueba t) para el dedo pulgar, presente trabajo

Edad (Años)	Sexo	No.	Hacia enfrente			Hacia abajo		
			T	gl	Sig	T	gl	Sig
2-5	H	11	1.19	17	0.251	1.43	18	0.171
	M	10						
6-10	H	10	1.03	16	0.318	2.28	17	0.036*
	M	10						
11-15	H	12	3.87	23	0.001*	2.20	25	0.038*
	M	16						
16-20	H	12	4.54	18	0.000*	4.91	15	0.000*
	M	12						
21-30	H	10	4.38	10	0.001*	4.38	11	0.001*
	M	10						
31-50	H	13	2.07	15	0.056	3.12	14	0.008*
	M	16						
51-60	H	5	3.07	6	0.022*	3.84	6	0.009*
	M	13						
61-70	H	5	1.77	5	0.136	2.14	4	0.099*
	M	11						
71-80	H	10	2.75	11	0.019*	2.30	13	0.039*
	M	12						
81-90	M	5	0.43	5	0.683	0.13	6	0.898
		5						

T= valor de la prueba t, gl= grados de libertad, Sig= nivel de significancia estadística, *= denota diferencia significativa a un nivel de 0.05.

4.1.2.1 Análisis efecto del sexo para el dedo pulgar.

Como se puede observar en la tabla 4.8, el efecto del sexo es significativo en el tipo de presión hacia abajo casi para todas las edades, donde los hombres muestran una mayor fuerza que las mujeres; a excepción de los rangos de edad de 2-5 y 81-90 años donde no existe diferencia significativa entre los sexos. En el caso del tipo de presión hacia enfrente podemos notar que hay diferencias en la fuerza entre hombres y mujeres de los rangos de edad de 11-15, 16-20, 21-30, 51-60 y 71-80. Para los demás rangos no existe significancia entre los sexos de la fuerza de presión hacia abajo con el dedo pulgar. Esto se puede apreciar de una mejor manera en las graficas 4.7 y 4.8.

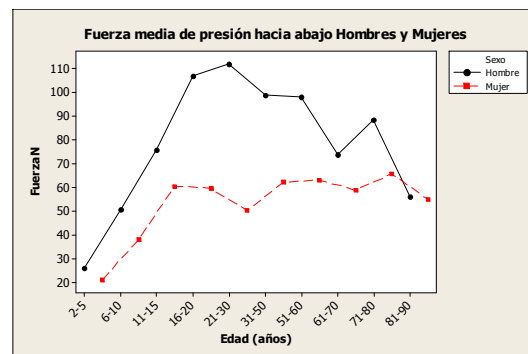
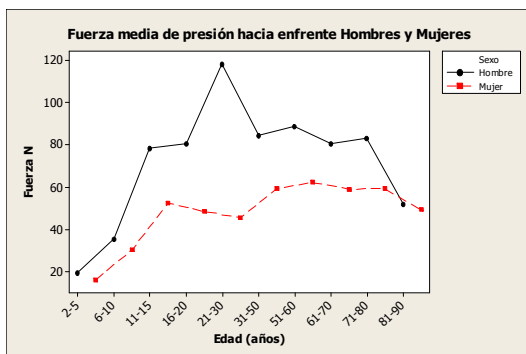


Figura 4.7 Fuerza media hacia enfrente Figura 4.8 Fuerza media hacia abajo

4.1.2.2 Análisis efecto de la edad para el dedo pulgar.

Como se puede ver en las tablas 4.9, 4.10, 4.11 y 4.12. Existe evidencia a favor de que la fuerza media tanto en los hombres como en las mujeres varia conforme a la edad; esto para los 2 tipos de presión con el dedo pulgar; se pueden observar claramente estos resultados en las graficas 4.9, 4.10, 4.11 y 4.12. En la grafica 4.9, para el caso de la fuerza de presión hacia enfrente para hombres nos indica que la fuerza va en incremento conforme a la edad teniendo esta su pico más alto en el rango de edad de los 21-30 años, y empezando a decrecer a partir de ese punto. En el caso de la fuerza de presión hacia enfrente para mujeres (grafica 4.10), podemos observar un comportamiento similar donde la fuerza va en incremento conforme a la edad, el punto máximo de fuerza se encuentra entre los 51-60 años. Para la fuerza de presión hacia abajo; en el caso de los hombres nos indica que la fuerza igualmente va en incremento conforme a la edad teniendo esta su pico más alto en la edad de 21-30 años, y empezando a decrecer a partir de ese punto; para las mujeres en este tipo de fuerza su punto máximo de fuerza es entre los 71 y 80 años.

Tabla 4.9. ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs Edad, presión hacia enfrente para hombres.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	P
Edad (años)	9	72797	8089	10.56	0.000
Error	83	63584	766		
Total	92	136380			

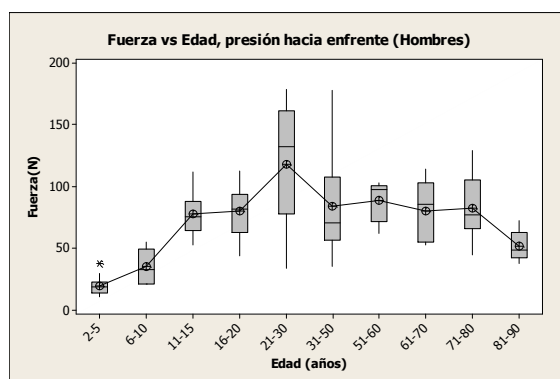


Figura 4.9 Fuerza vs Edad, presión hacia enfrente dedo pulgar (Hombres).

Tabla 4.10. ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs Edad, presión hacia enfrente para mujeres.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	P
Edad (años)	9	20828	2314	12.71	0.000
Error	105	19114	182		
Total	114	39942			

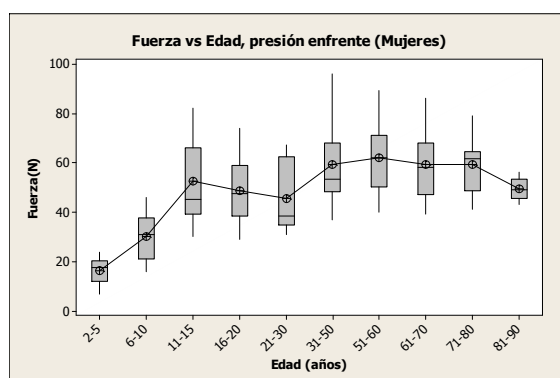


Figura 4.10 Fuerza vs Edad, presión hacia enfrente dedo pulgar (Mujeres).

Tabla 4.11. ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs Edad, presión hacia abajo para hombres.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	P
Edad (años)	9	69766	7753	10.89	0.000
Error	83	59101	712		
Total	92	128877			

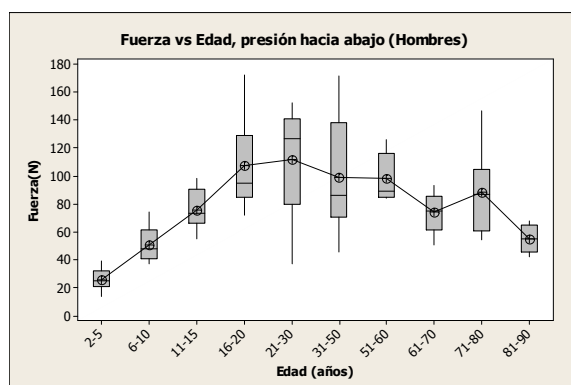


Figura 4.11 Fuerza vs Edad, presión hacia abajo dedo pulgar (Hombres).

Tabla 4.12. ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs Edad, presión hacia abajo para mujeres.

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	P
Edad (años)	9	18401	2045	9.15	0.000
Error	105	22568	215		
Total	114	40969			

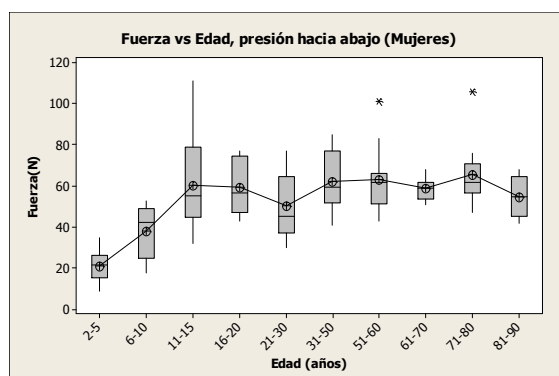


Figura 4.12 Fuerza vs Edad, presión hacia abajo dedo pulgar (Mujeres).

4.1.3 Análisis efecto tipo de presión

En el caso del efecto que tiene el tipo de presión sobre la fuerza resultante ejercida, podemos observar que tanto para hombres como para mujeres no es significativo o dicho de otra manera no existe diferencia significativa entre los tipos de presión con respecto a la fuerza resultante ejercida. En el caso de los hombres $p= 0.252$ y para las mujeres $p=0.489$, ambos mayores al coeficiente de confianza de 0.05.

Nota: las notaciones mostradas en las graficas 4.13 y 4.15 son: AI (Presión hacia abajo con el dedo índice), AP (Presión hacia enfrente con el dedo pulgar), EI (Presión hacia enfrente con el dedo índice) y AP (Presión hacia abajo con el dedo pulgar).

Tabla 4.13. ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs Tipo de presión, para hombres, presente trabajo

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	P
Tipo de presión	3	2750	917	1.42	0.252
Error	36	23167	644		
Total	39	25916			

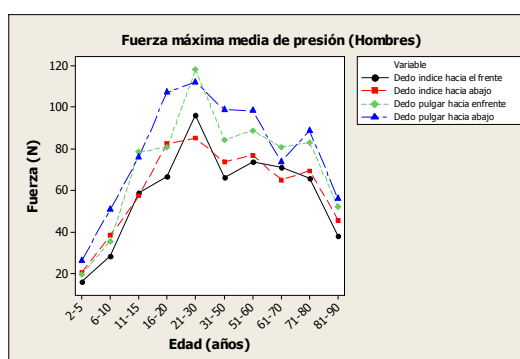
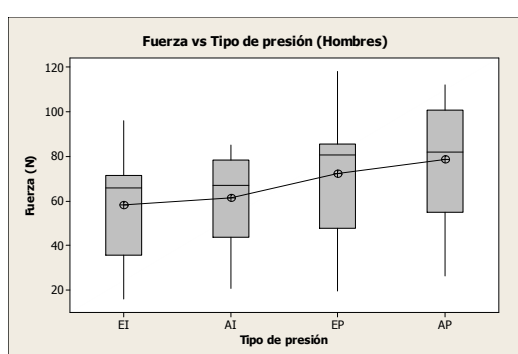


Figura 4.13 Fuerza vs Tipo de presión Figura 4.14 Fuerza media de presión

Tabla 4.14. ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs Tipo de presión, para mujeres, presente estudio

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	P
Tipo de presión	3	493	164	0.83	0.489
Error	36	7164	199		
Total	39	7657			

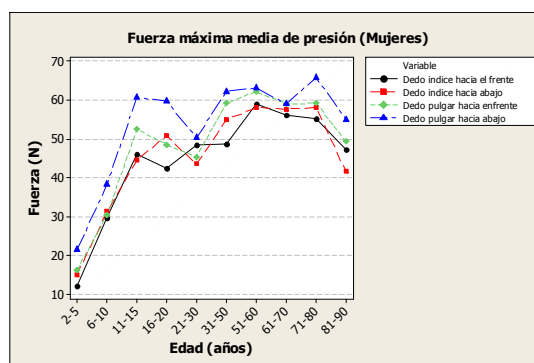
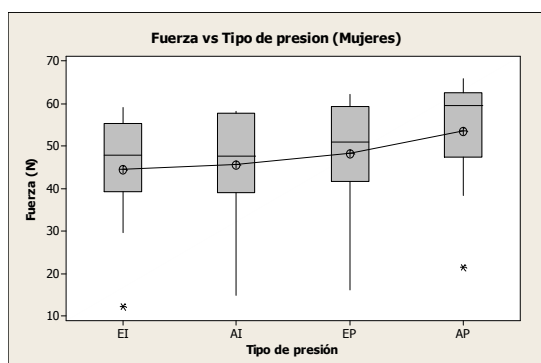


Figura 4.15 Fuerza vs Tipo de presión Figura 4.16 Fuerza media de presión

4.2 Fuerzas de jalar con agarre tipo pulp y chuck con dispositivo 1 y 2.

Tabla 4.15. Fuerzas de jalar con agarre con dispositivo 1 y dispositivo 2.

Edad (Años)	Sexo	No.	Agarre	Dispositivo 1			Dispositivo 2		
				Media	DE	Rango	Media	DE	Rango
2-5	H	11	Pulp	16.45	5	8-22	13.63	4.41	7-19
			Chuck	19.36	6.71	10-27	16.72	6.11	8-27
	M	10	Pulp	12.7	3.09	10-21	11.1	3.03	8-18
			Chuck	15.7	4.52	11-27	14.9	5.21	10-27
6-10	H	10	Pulp	40.2	10.49	20-53	37.4	10.79	23-54
			Chuck	45.6	11.24	25-58	44.4	12.9	27-68
	M	10	Pulp	32.5	5.06	29-43	28	5.43	18-34
			Chuck	33.3	7.88	21-43	35.6	9.02	21-48
11-15	H	12	Pulp	53.33	18.69	33-93	53	15.63	37-82
			Chuck	65.75	12.35	42-86	63.58	10.28	48-83
	M	16	Pulp	40.13	11.11	21-61	41.44	14.6	21-63
			Chuck	47.13	13.36	27-70	50.25	16.02	24-77
16-20	H	12	Pulp	53.83	13.18	31-77	55.91	14.3	33-83
			Chuck	62.75	13.11	37-89	61.83	14.26	36-90
	M	12	Pulp	41	4.69	33-51	43.5	10.47	30-66
			Chuck	44.67	9.43	30-59	46.33	8.46	37-66
21-30	H	10	Pulp	66.3	19.9	33-94	67.2	16.11	42-89
			Chuck	76.1	17.58	40-100	86.7	26.17	37-116
	M	10	Pulp	39.5	11.4	24-55	46.3	12.38	32-68
			Chuck	47.3	15.38	23-66	47.3	17.77	27-75
31-50	H	13	Pulp	61.38	19.08	36-97	68.46	22.79	35-108
			Chuck	71.92	16.39	48-101	79	28.01	45-135
	M	16	Pulp	46	7.82	31-61	45.81	9.98	27-61
			Chuck	49.37	7.26	35-65	47.93	11.52	31-74
51-60	H	5	Pulp	63.6	19.34	43-87	60.6	11.78	45-75
			Chuck	65.8	11.03	51-75	72.6	13.81	60-93
	M	13	Pulp	57.61	14.06	33-82	51.76	13.05	29-79
			Chuck	54.92	11	31-69	54.07	12.72	30-69
61-70	H	5	Pulp	52.8	12.87	40-71	54.2	11.03	43-70
			Chuck	58	11.7	43-73	58.2	11.09	49-77
	M	11	Pulp	59.27	12.24	30-73	60.9	12.40	30-73
			Chuck	57.09	12.96	22-68	55.9	10.46	26-63
71-80	H	10	Pulp	54.7	15.67	19-77	57.6	13.59	27-68
			Chuck	55.9	15.74	25-84	60.5	13.7	30-79
	M	12	Pulp	47.83	10.52	29-62	46.83	10.93	28-63
			Chuck	45.41	9.75	26-56	47.5	8.35	33-59
81-90	H	5	Pulp	32	7.84	23-43	43.4	14.06	32-64
			Chuck	30	4.47	25-37	35	6.04	27-44
	M	5	Pulp	52.4	4.09	46-56	52.2	3.27	48-57
			Chuck	56.8	7.52	46-66	50.4	6.38	49-61

4.2.1 Fuerzas de jalar con agarre tipo Pulp.

Tabla 4.16. Diferencia entre hombres y mujeres para las fuerzas de jalar con agarre tipo Pulp.

Edad (Años)	Sexo	No.	Dispositivo 1			Dispositivo 2		
			T	gl	Sig	T	gl	Sig
2-5	H M	11 10	2.09	16	0.053	1.55	17	0.140
6-10	H M	10 10	2.09	12	0.059	2.46	13	0.029*
11-15	H M	12 16	2.18	16	0.045*	1.99	22	0.059
16-20	H M	12 12	3.18	13	0.007*	2.43	20	0.025*
21-30	H M	10 10	3.69	14	0.002*	3.25	16	0.005*
31-50	H M	13 16	2.73	15	0.016*	3.33	15	0.005*
51-60	H M	5 13	0.63	5	0.556	1.38	8	0.205
61-70	H M	5 11	-0.95	7	0.375	-1.08	8	0.310
71-80	H M	10 12	1.18	15	0.256	2.02	17	0.060
81-90	M	5 5	-5.16	6	0.002*	-1.36	4	0.245

T= valor de la prueba t, gl= grados de libertad, Sig= nivel de significancia estadística, *= denota diferencia significativa a un nivel de 0.05.

4.2.1.1 Análisis efecto del sexo para tipo de agarre pulp.

Como se puede observar en la tabla 4.16, para el caso de la fuerza de jalar con tipo de agarre Pulp utilizando el dispositivo 1, el efecto del sexo es significativo a partir de los 11años hasta los 50 años y después hasta el rango de edad de 81-90 años; en el caso del dispositivo 2, el efecto es significativo para el rango de edad de 6-50 años, sólo interrumpido este en el periodo de 11-15 años.

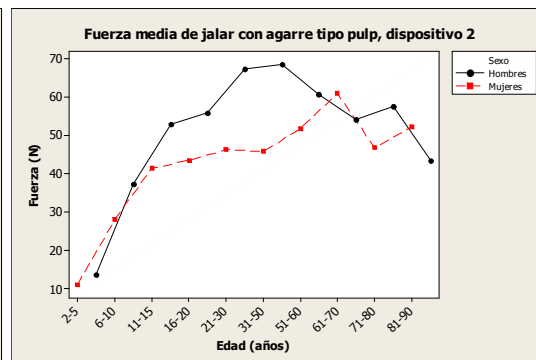
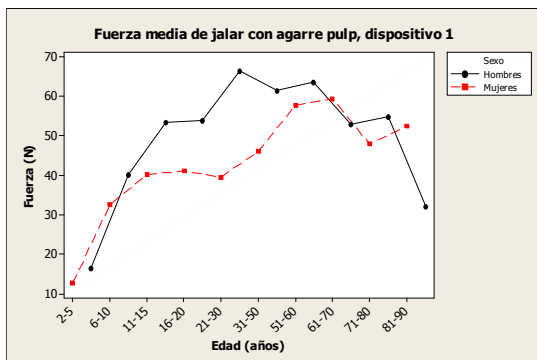


Figura 4.17 Fuerza media, dispositivo 1 Figura 4.18 Fuerza media, dispositivo 2

4.2.1.2 Análisis efecto de la edad para tipo de agarre pulp.

En el tipo de agarre pulp, se encontró que el efecto de la edad si es significativo con respecto a la fuerza ejercida, tanto para hombres como para mujeres y con los 2 tipos de dispositivo. Donde los hombres muestran sus valores más altos en el rango de edad de 21-30 años con el dispositivo 1 y en el rango de edad de 31-50 con el dispositivo 2. Y las mujeres mostraron sus valores mas altos en el rango de 61-70 años, esto para los dos dispositivos.

Tabla 4.17. ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs Edad, jalar con agarre tipo pulp con dispositivo 1 (Hombres).

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	P
Edad (años)	9	20785	2309	9.80	0.000
Error	83	19554	236		
Total	92	40339			

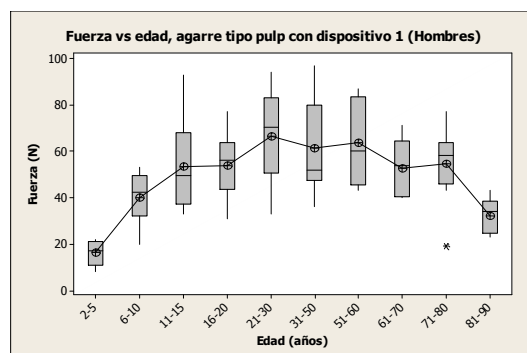


Figura 4.19 Fuerza vs Edad, con dispositivo 1 (Hombres)

Tabla 4.18. ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs Edad, jalar con agarre tipo pulp con dispositivo 1 (Mujeres).

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	P
Edad (años)	9	17141.3	1904.6	20.70	0.000
Error	105	9659	92		
Total	114	26800.3			

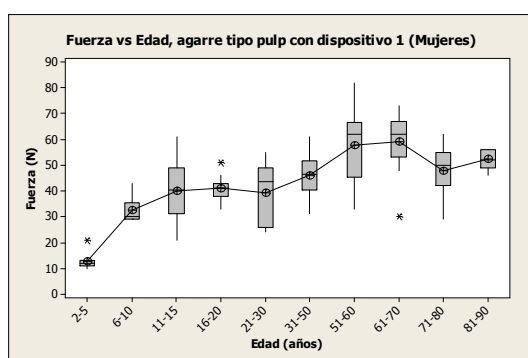


Figura 4.20 Fuerza vs Edad, con dispositivo 1 (Mujeres)

Tabla 4.19. ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs Edad, jalar con agarre tipo pulp con dispositivo 2 (Hombres).

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	P
Edad (años)	9	25366	2818	12.82	0.000
Error	83	18252	220		
Total	92	43618			

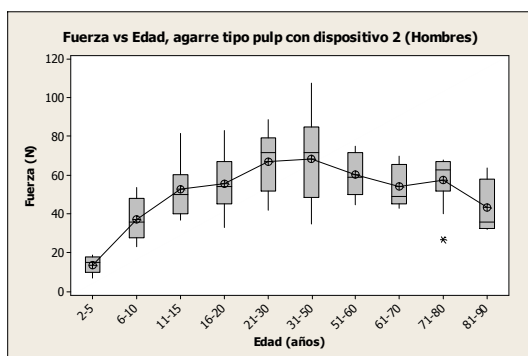


Figura 4.21 Fuerza vs Edad, con dispositivo 2 (Hombres)

Tabla 4.20. ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs Edad, jalar con agarre tipo pulp con dispositivo 2 (Mujeres).

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	P
Edad (años)	9	17831	1981	16.55	0.000
Error	105	12570	120		
Total	114	30401			

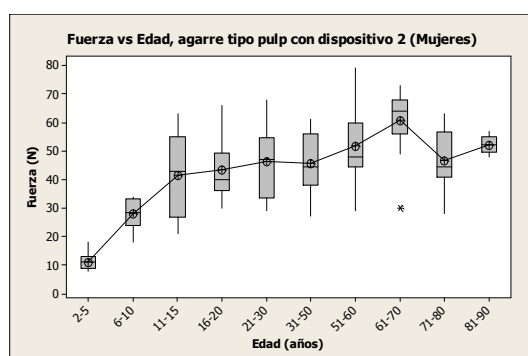


Figura 4.22 Fuerza vs Edad, con dispositivo 2 (Mujeres)

4.2.2 Fuerzas de jalar con agarre tipo chuck.

Tabla 4.21. Diferencia entre hombres y mujeres para las fuerzas de jalar con agarre tipo chuck.

Edad (Años)	Sexo	No.	Dispositivo 1			Dispositivo 2		
			T	gl	Sig	T	gl	Sig
2-5	H M	11 10	1.48	17	0.158	0.74	18	0.470
6-10	H M	10 10	2.83	16	0.012*	1.77	16	0.096
11-15	H M	12 16	3.81	24	0.001*	2.67	25	0.013*
16-20	H M	12 12	3.88	19	0.001*	3.24	17	0.005*
21-30	H M	10 10	3.90	17	0.001*	3.94	15	0.001*
31-50	H M	13 16	4.60	15	0.000*	3.75	15	0.002*
51-60	H M	5 13	1.87	7	0.103	2.60	6	0.040*
61-70	H M	5 11	0.14	8	0.893	0.39	7	0.708
71-80	H M	10 12	1.83	14	0.088	2.62	14	0.020*
81-90	M	5 5	-6.84	6	0.000*	-3.92	7	0.006*

T= valor de la prueba t, gl= grados de libertad, Sig= nivel de significancia estadística, *= denota diferencia significativa a un nivel de 0.05.

4.2.2.1 Análisis efecto del sexo para tipo de agarre chuck.

Como se puede observar en la tabla 4.21, para el caso de la fuerza de jalar con tipo de agarre chuck utilizando el dispositivo 1, el efecto del sexo es significativo a partir de los 6 años hasta los 50 años y después hasta el rango de edad de 81-90 años; en el caso del dispositivo 2, el efecto es significativo para el rango de edad de 11-60 años y de 71-90 años.

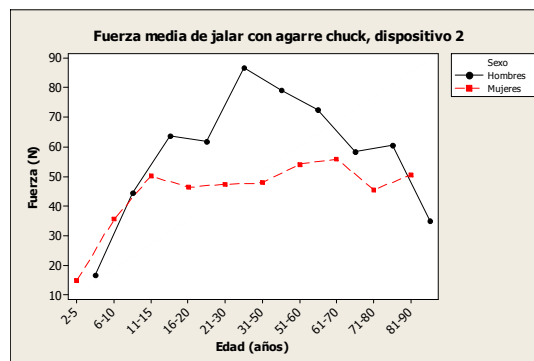
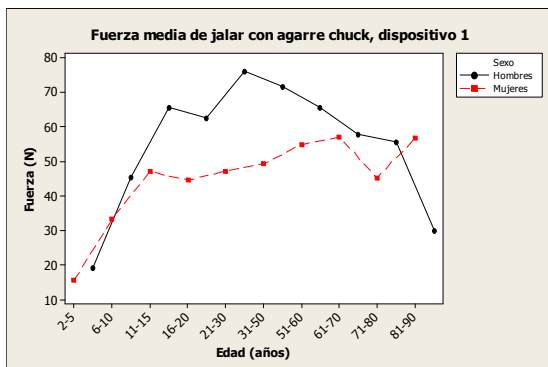


Figura 4.23 Fuerza media, dispositivo 1 Figura 4.24 Fuerza media, dispositivo 2

4.2.2.2 Análisis efecto de la edad para tipo de agarre chuck.

En el tipo de agarre chuck, se encontró que el efecto de la edad si es significativo con respecto a la fuerza resultante ejercida, tanto para hombres como para mujeres y con los 2 tipos de dispositivo. En el caso de los hombres obtuvieron sus valores más altos en el rango de edad de 21-30 años, tanto con el dispositivo 1 como con el dispositivo 2. En el caso de las mujeres su pico más alto lo obtuvieron en el rango de 61-70, esto de igual forma con ambos dispositivos.

Tabla 4.22. ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs Edad, jalar con agarre tipo chuck con dispositivo 1 (Hombres).

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	P
Edad (años)	9	28742	3194	18.26	0.000
Error	83	14517	175		
Total	92	43259			

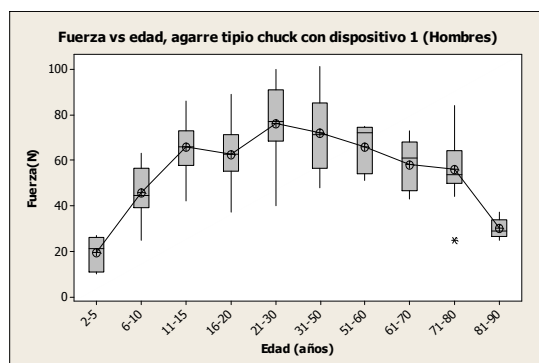


Figura 4.25 Fuerza vs Edad, con dispositivo 1 (Hombres)

Tabla 4.23. ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs Edad, jalar con agarre tipo chuck con dispositivo 1 (Mujeres).

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	P
Edad (años)	9	13960	1551	13.88	0.000
Error	105	11730	112		
Total	114	25690			

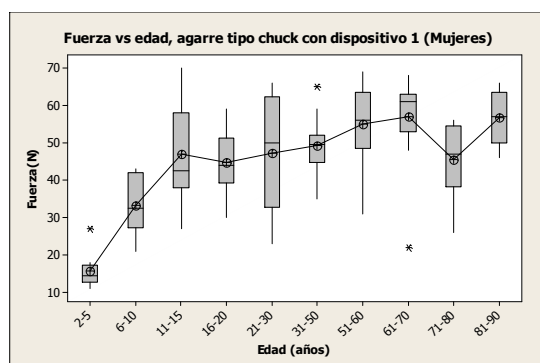


Figura 4.26 Fuerza vs Edad, con dispositivo 1 (Mujeres)

Tabla 4.24. ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs Edad, jalar con agarre tipo chuck con dispositivo 2 (Hombres).

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	P
Edad (años)	9	38812	4312	14.87	0.000
Error	83	24073	290		
Total	92	62885			

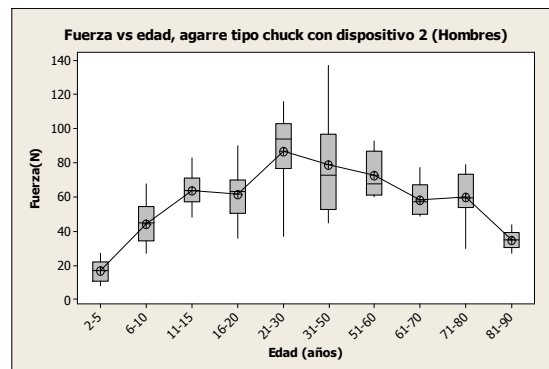


Figura 4.27 Fuerza vs Edad, con dispositivo 2 (Hombres)

Tabla 4.25. ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs Edad, jalar con agarre tipo chuck con dispositivo 2 (Mujeres).

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	P
Edad (años)	9	13155	1462	10.64	0.000
Error	105	14420	137		
Total	114	27575			

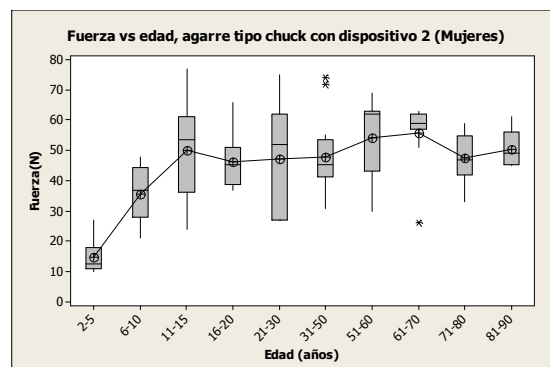


Figura 4.28 Fuerza vs Edad, con dispositivo 2 (Mujeres)

4.2.3 Análisis efecto tipo de agarre

En el caso del efecto que tiene el tipo de jalar sobre la fuerza resultante ejercida, podemos observar que tanto para hombres como para mujeres no es significativo o dicho de otra manera no existe diferencia significativa de que la fuerza sea diferente por el tipo agarre empleado. En el caso de los hombres $p= 0.717$ y para las mujeres $p=0.959$, ambos mayores al coeficiente de confianza de 0.05.

Nota: las notaciones mostradas en las graficas 4.29 y 4.31 son: Pulp1 (agarre tipo pulp con dispositivo 1), Pulp2 (agarre tipo pulp con dispositivo 2), Chuck1 (agarre tipo chuck con dispositivo 1) y Chuck2 (agarre tipo chuck con dispositivo 2).

Tabla 4.26. ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs tipo de agarre (Hombres).

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	P
Edad (años)	3	434	145	0.45	0.717
Error	36	11524	320		
Total	39	11958			

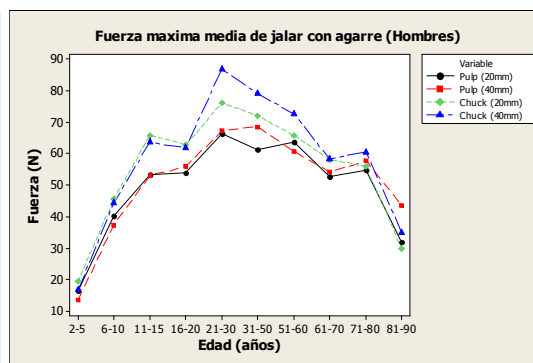
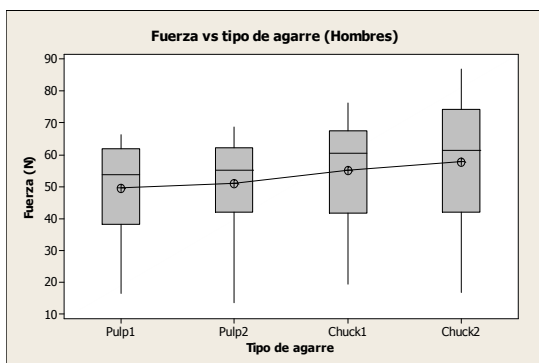


Figura 4.29 Fuerza vs Tipo de agarre Figura 4.30 Fuerza media jalar con agarre

Tabla 4.27. ANOVA de un sólo factor: Fuerza vs tipo de agarre (Mujeres).

Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	P
Edad (años)	3	51	17	0.10	0.959
Error	36	6094	169		
Total	39	6145			

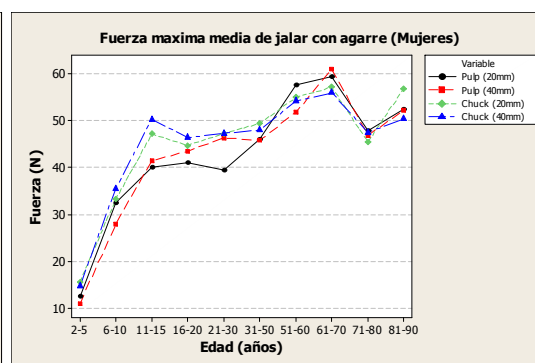
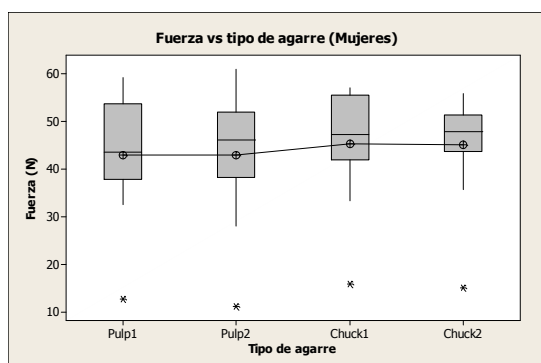


Figura 4.31 Fuerza vs Tipo de agarre

Figura 4.32 Fuerza media jalar con agarre

4.3 Análisis comparativo de la presente investigación vs Peebles y Norris (2000).

4.3.1 Fuerzas con el dedo índice presión hacia enfrente.

Tabla 4.28. Resultados de la presente investigación y Peebles y Norris (2000).

		Presente investigación				Trabajo Peebles y Norris (2000)				
Edad (Años)	Sexo	Presión hacia enfrente (N)				Presión hacia enfrente (N)				p- value
		N	Media	DE	Rango	N	Media	DE	Rango	
2-5	H	11	16	4.49	11-24	9	28.07	9.99	17.30-41.60	0.007*
	M	10	12.1	4.14	7-19	8	30.92	8.66	16.80-42.80	0.000*
6-10	H	10	28.2	9.75	12-39	5	88.80	28.55	53.40-126.60	0.010*
	M	10	29.5	6.48	20-39	10	70.22	24.61	38.70-107.70	0.000*
11-15	H	12	58.58	15.17	37-87	12	135.18	71.26	54.40-315.40	0.004*
	M	16	46	12.31	31-76	5	97.02	26.94	51.30-119.70	0.015*
16-20	H	12	66.5	15.75	39-96	6	189.17	49.04	119.70-253.00	0.002*
	M	12	42.42	13.72	25-73	8	142.75	45.71	100.00-234.60	0.001*
21-30	H	10	96	41.37	30-150	10	177.00	51.35	114.90-290.60	0.001*
	M	10	48.4	17.88	28-84	7	116.08	28.22	70.50-147.90	0.000*
31-50	H	13	66.15	33.51	33-145	7	188.38	30.80	147.10-224.40	0.000*
	M	16	48.75	12.76	34-82	16	133.51	33.39	79.40-220.40	0.000*
51-60	H	5	73.4	10.43	57-84	5	171.88	51.42	91.20-228.60	0.014*
	M	13	59.07	14.03	24-76	6	105.98	35.36	59.60-155.00	0.026*
61-70	H	5	71	22.24	40-82	3	159.33	82.54	68.80-230.40	0.211
	M	11	56.09	11.7	38-75	8	92.16	11.41	73.60-109.00	0.000*
71-80	H	10	65.7	18.09	33-90	8	140.85	27.93	114.40-184.90	0.000*
	M	12	55.08	13.37	26-73	11	86.39	20.84	58.10-113.20	0.001*
81-90	H	5	38.2	8.98	29-52	0				-----
	M	5	47.2	4.65	42-53	4	86.6	24.41	56.40-116.20	0.050

*= denota diferencia significativa a un nivel de 0.05.

Analizando los resultados de la tabla 4.28, podemos observar que para el caso de la fuerza con el dedo índice presionando hacia enfrente. Se encontró diferencia significativa entre los sexos para todos los rangos de edad, a excepción del caso de los hombres en el rango de edad de 61-70 años y en el caso de las mujeres del rango de edad de 81-90 años.

4.3.2 Fuerzas con el dedo índice presión hacia abajo.

Tabla 4.29. Resultados de la presente investigación y Peebles y Norris (2000).

		Presente investigación				Trabajo Peebles y Norris (2000)				p- value
Edad (Años)	Sexo	Presión hacia abajo (N)				Presión hacia abajo (N)				
		N	Media	DE	Rango	N	Media	DE	Rango	
2-5	H	11	20.63	3.98	14-25	9	28.92	18.85	23.50-53.80	0.231
	M	10	14.9	3.47	10-23	8	34.40	14.99	13.60-53.90	0.009*
6-10	H	10	38.3	8.27	27-56	5	85.08	34.18	51.40-132.10	0.039*
	M	10	31.3	3.56	29-37	10	71.14	33.56	27.80-119.50	0.005*
11-15	H	12	57.16	15.8	34-87	12	115.09	40.01	67.90-209.10	0.000*
	M	16	44.56	9.2	27-61	5	94.34	36.16	39.10-139.60	0.038*
16-20	H	12	82.33	23.15	32-120	6	195.78	51.50	113.90-247.50	0.002*
	M	12	50.75	13.22	30-69	8	125.46	24.26	86.20-161.40	0.000*
21-30	H	10	84.9	37.93	27-135	10	184.14	52.19	109.30-290.10	0.000*
	M	10	43.5	12.34	29-62	7	135.17	30.35	84.70-180.70	0.000*
31-50	H	13	73.53	25.52	38-129	7	201.40	23.64	173.70-248.20	0.000*
	M	16	55	11.53	39-77	16	133.36	29.36	86.90-187.20	0.000*
51-60	H	5	76.8	13.55	65-100	5	166.34	61.27	76.30-248.70	0.033*
	M	13	58	13.79	33-93	6	124.48	26.38	85.60-142.80	0.001*
61-70	H	5	65	14.57	48-85	3	172.73	67.13	103.80-237.90	0.111
	M	11	57.63	6.15	46-64	8	94.53	13.97	72.80-119.30	0.000*
71-80	H	10	69.1	23.55	42-122	8	145.45	46.89	91.60-211.80	0.002*
	M	12	58.08	9.92	33-73	11	89.83	18.94	61.50-123.30	0.000*
81-90	H	5	45.6	9.6	34-59	0				-----
	M	5	41.6	8.64	30-53	4	80.57	25.37	56.50-109.90	0.061

*= denota diferencia significativa a un nivel de 0.05.

Observando los valores p-value de la tabla 4.29 se puede concluir que sólo en el caso de los hombres entre los rangos de 2-5 años y 61-70 años las fuerzas de presión hacia abajo con el dedo índice son iguales y en el caso de las mujeres del rango de edad de 81-90 años. Para el resto de las edades y sexos existe diferencia significativa a un nivel de confianza del 95%, por lo cual, se puede decir que las fuerzas son diferentes.

4.3.3 Fuerzas con el dedo pulgar presión hacia enfrente.

Tabla 4.30. Resultados de la presente investigación y Peebles y Norris (2000).

		Presente investigación				Trabajo Peebles y Norris (2000)				
Edad (Años)	Sexo	Presión hacia enfrente (N)				Presión hacia enfrente (N)				
		N	Media	DE	Rango	N	Media	DE	Rango	p-value
2-5	H	11	19.72	8.12	11-38	9	28.07	9.99	17.30-41.60	0.062
	M	10	16.2	5.28	7-24	8	30.92	8.66	16.80-42.80	0.001*
6-10	H	10	35.5	12.92	21-55	5	88.80	28.55	53.40-126.60	0.016*
	M	10	30.3	9.34	16-46	10	70.22	24.61	38.70-107.70	0.001*
11-15	H	12	78.25	17.67	53-112	12	135.18	71.26	54.40-315.40	0.020*
	M	16	52.44	17.22	30-82	5	97.02	26.94	51.30-119.70	0.018*
16-20	H	12	80.58	20.62	44-113	6	189.17	49.04	119.70-253.00	0.003*
	M	12	48.5	13.15	29-74	8	142.75	45.71	100.00-234.60	0.001*
21-30	H	10	118	50.51	34-179	10	177.00	51.35	114.90-290.60	0.019*
	M	10	45.4	13.99	31.67	7	116.08	28.22	70.50-147.90	0.000*
31-50	H	13	84.3	40.94	35-178	7	188.38	30.80	147.10-224.40	0.000*
	M	16	59.25	16.78	37-96	16	133.51	33.39	79.40-220.40	0.000*
51-60	H	5	88.6	17.09	62-103	5	171.88	51.42	91.20-228.60	0.026*
	M	13	62.15	14.4	40-89	6	105.98	35.36	59.60-155.00	0.033*
61-70	H	5	80.6	25.57	53-114	3	159.33	82.54	68.80-230.40	0.249
	M	11	59.09	13.41	39-86	8	92.16	11.41	73.60-109.00	0.000*
71-80	H	10	82.9	25.37	64-129	8	140.85	27.93	114.40-184.90	0.000*
	M	12	59.16	11.10	41-79	11	86.39	20.84	58.10-113.20	0.002*
81-90	H	5	52	12.58	38-72	0				-----
	M	5	49.4	4.72	43-56	4	86.6	24.41	56.40-116.20	0.058

*= denota diferencia significativa a un nivel de 0.05.

Analizando los resultados de la tabla 4.30, podemos observar que para el caso de la fuerza con el dedo pulgar presionando hacia enfrente. Se encontró diferencia significativa para todos los rangos de edad, a excepción del caso de los hombres en el rango de edad de 2-5 años y 61-70 años y en el caso de las mujeres del rango de edad de 81-90 años.

4.3.4 Fuerzas con el dedo pulgar presión hacia abajo.

Tabla 4.31. Resultados de la presente investigación y Peebles y Norris (2000).

		Presente investigación				Trabajo Peebles y Norris (2000)				
Edad (Años)	Sexo	Presión hacia abajo (N)				Presión hacia abajo (N)				
		N	Media	DE	Rango	N	Media	DE	Rango	p-value
2-5	H	11	26.18	7.67	14-39	9	28.920	18.85	23.50-53.80	0.691
	M	10	21.3	7.95	9-35	8	34.40	14.99	13.60-53.90	0.050
6-10	H	10	50.9	12.37	37-74	5	85.08	34.18	51.40-132.10	0.096
	M	10	38.3	12.29	18-53	10	71.14	33.56	27.80-119.50	0.014*
11-15	H	12	75.75	13.88	55-98	12	115.09	40.01	67.90-209.10	0.007*
	M	16	60.63	22.40	32-111	5	94.34	36.16	39.10-139.60	0.120
16-20	H	12	107.08	30.44	72-172	6	195.78	51.50	113.90-247.50	0.008*
	M	12	59.67	13.87	43-77	8	125.46	24.26	86.20-161.40	0.000*
21-30	H	10	111.9	41.50	37-152	10	184.14	52.19	109.30-290.10	0.003*
	M	10	50.3	16.10	30-77	7	135.17	30.35	84.70-180.70	0.000*
31-50	H	13	98.84	40.48	46-171	7	201.40	23.64	173.70-248.20	0.000*
	M	16	62.25	13.58	41-85	16	133.36	29.36	86.90-187.20	0.000*
51-60	H	5	98	17.98	84-126	5	166.34	61.27	76.30-248.70	0.075
	M	13	63.15	15.11	43-101	6	124.48	26.38	85.60-142.80	0.002*
61-70	H	5	73.8	15.08	51-93	3	172.73	67.13	103.80-237.90	0.128
	M	11	59	4.79	51-68	8	94.53	13.97	72.80-119.30	0.000*
71-80	H	10	88.4	27.95	54-146	8	145.45	46.89	91.60-211.80	0.013*
	M	12	65.75	15.09	47-106	11	89.83	18.94	61.50-123.30	0.003*
81-90	H	5	56.2	17.41	36-80	0				-----
	M	5	55	10.12	42-68	4	80.57	25.37	56.50-109.90	0.154

*= denota diferencia significativa a un nivel de 0.05.

Conforme a los resultados mostrados en la tabla 4.31, se puede concluir que en el caso de la fuerza de presión hacia abajo con el dedo pulgar. Se encontró diferencia significativa en los rangos de edad de 6-10 años (en mujeres), 11-15 años (hombres), 16-50 años (en hombres y mujeres), 51-60 años (mujeres), 61-70 años (mujeres) y en el rango de 71-80 años tanto para hombres como para mujeres.

4.3.5 Fuerza de jalar con agarre pulp con dispositivo 1.

Tabla 4.32. Resultados de la presente investigación y Peebles y Norris (2000).

		Presente investigación				Trabajo Peebles y Norris (2000)				
Edad (Años)	Sexo	Dispositivo 1				Dispositivo 1				p-value
		N	Media	DE	Rango	N	Media	DE	Rango	
2-5	H	11	16.45	5	8-22	8	19.69	4.96	12.20-27.70	0.182
	M	10	12.7	3.09	10-21	5	15.00	8.94	6.90-30.30	0.606
6-10	H	10	40.2	10.49	20-53	7	42.78	14.68	23.60-64.80	0.698
	M	10	32.5	5.06	29-43	9	33.18	9.80	21.50-62.30	0.855
11-15	H	12	53.33	18.69	33-93	10	60.89	17.77	36.60-92.90	0.344
	M	16	40.13	11.11	21-61	7	58.36	14.06	33.40-80.30	0.014*
16-20	H	12	53.83	13.18	31-77	11	79.34	20.14	53.60-105.70	0.002*
	M	12	41	4.69	33-51	7	70.81	13.88	52.40-115.50	0.002*
21-30	H	10	66.3	19.9	33-94	8	81.92	16.06	59.00-113.60	0.085
	M	10	39.5	11.4	24-55	9	60.96	12.36	35.90-73.50	0.001*
31-50	H	13	61.38	19.08	36-97	5	87.54	11.18	72.80-100.30	0.004*
	M	16	46	7.82	31-61	13	71.55	22.26	41.90-109.50	0.001*
51-60	H	5	63.6	19.34	43-87	5	68.86	8.95	58.80-77.40	0.605
	M	13	57.61	14.06	33-82	6	63.22	14.94	43.30-79.90	0.458
61-70	H	5	52.8	12.87	40-71	4	83.87	13.00	67.00-97.70	0.012*
	M	11	59.27	12.24	30-73	9	51.05	9.59	35.00-68.90	0.111
71-80	H	10	54.7	15.67	19-77	8	66.72	17.11	42.30-92.20	0.147
	M	12	47.83	10.52	29-62	11	48.07	10.66	34.40-57.90	0.957
81-90	H	5	32	7.84	23-43	-				-----
	M	5	52.4	4.09	46-56	4	52.17	6.73	45.00-60.90	0.955

4.3.6 Fuerza de jalar con agarre chuck con dispositivo 1.

Tabla 4.33. Resultados de la presente investigación y Peebles y Norris (2000).

		Presente investigación				Trabajo Peebles y Norris (2000)				
Edad (Años)	Sexo	Dispositivo 1				Dispositivo 1				p-value
		N	Media	DE	Rango	N	Media	DE	Rango	
2-5	H	11	19.36	6.71	10-27	8	24.83	5.62	16.00-31.40	0.072
	M	10	15.7	4.52	11-27	5	19.32	10.81	9.00-36.70	0.512
6-10	H	10	45.6	11.24	25-58	7	55.18	21.05	31.10-95.30	0.304
	M	10	33.3	7.88	21-43	9	45.69	15.73	31.60-77.00	0.056
11-15	H	12	65.75	12.35	42-86	10	78.06	29.22	50.00-135.00	0.240
	M	16	47.13	13.36	27-70	7	60.91	12.90	43.40-81.20	0.040*
16-20	H	12	62.75	13.11	37-89	11	99.44	18.75	62.60-129.20	0.000*
	M	12	44.67	9.43	30-59	7	81.40	11.25	72.80-109.20	0.000*
21-30	H	10	76.1	17.58	40-100	8	89.82	20.33	58.00-121.40	0.155
	M	10	47.3	15.38	23-66	9	68.91	13.22	49.00-91.71	0.005*
31-50	H	13	71.92	16.39	48-101	5	108.60	8.31	96.30-120.70	0.000*
	M	16	49.37	7.26	35-65	13	76.79	19.51	53.60-111.10	0.000*
51-60	H	5	65.8	11.03	51-75	5	84.00	16.75	74.50-113.70	0.089
	M	13	54.92	11	31-69	6	62.82	14.80	52.00-91.30	0.281
61-70	H	5	58	11.7	43-73	4	83.05	13.89	68.00-95.40	0.035*
	M	11	57.09	12.96	22-68	9	53.91	7.95	44.10-71.90	0.510
71-80	H	10	55.9	15.74	25-84	8	82.90	17.18	57.10-104.60	0.004*
	M	12	45.41	9.75	26-56	11	50.30	11.17	37.00-73.70	0.279
81-90	H	5	30	4.47	25-37	-				-----
	M	5	56.8	7.52	46-66	4	54.22	8.21	48.00-66.30	0.644

4.3.7 Fuerza de jalar con agarre pulp con dispositivo 2.

Tabla 4.34. Resultados de la presente investigación y Peebles y Norris (2000).

		Presente investigación				Trabajo Peebles y Norris (2000)				
Edad (Años)	Sexo	Dispositivo 2				Dispositivo 2				
		N	Media	DE	Rango	N	Media	DE	Rango	p-value
2-5	H	11	13.63	4.41	7-19	8	21.10	5.14	15.10-27.60	0.006*
	M	10	11.1	3.03	8-18	5	11.36	6.67	3.60-28.30	0.938
6-10	H	10	37.4	10.79	23-54	7	49.51	17.79	26.30-60.70	0.143
	M	10	28	5.43	18-34	9	37.05	13.21	22.90-46.60	0.085
11-15	H	12	53	15.63	37-82	10	52.01	17.99	44.30-97.60	0.893
	M	16	41.44	14.6	21-63	7	53.38	8.48	46.50-68.10	0.024*
16-20	H	12	55.91	14.3	33-83	11	81.60	21.93	46.70-106.10	0.005*
	M	12	43.5	10.47	30-66	7	75.27	15.76	63.00-121.40	0.001*
21-30	H	10	67.2	16.11	42-89	8	88.01	17.59	53.20-116.50	0.021*
	M	10	46.3	12.38	32-68	9	62.49	10.47	40.10-74.50	0.007*
31-50	H	13	68.46	22.79	35-108	5	108.00	19.88	62.20-130.60	0.007*
	M	16	45.81	9.98	27-61	13	73.86	21.98	44.30-117.70	0.001*
51-60	H	5	60.6	11.78	45-75	5	77.32	19.51	56.30-105.20	0.152
	M	13	51.76	13.05	29-79	6	67.85	19.36	51.20-90.20	0.107
61-70	H	5	54.2	11.03	43-70	4	90.57	19.79	63.50-109.00	0.030*
	M	11	60.9	12.40	30-73	9	56.74	10.78	38.60-68.30	0.433
71-80	H	10	57.6	13.59	27-68	8	70.59	18.94	46.00-96.20	0.129
	M	12	46.83	10.93	28-63	11	49.53	11.12	36.40-72.10	0.564
81-90	H	5	43.4	14.06	32-64	-				-----
	M	5	52.2	3.27	48-57	4	57.40	9.68	44.90-68.50	0.379

*= denota diferencia significativa a un nivel de 0.05.

4.3.8 Fuerza de jalar con agarre chuck con dispositivo 2.

Tabla 4.35. Resultados de la presente investigación y Peebles y Norris (2000).

		Presente investigación				Trabajo Peebles y Norris (2000)				
Edad (Años)	Sexo	Dispositivo 2				Dispositivo 2				p-value
		N	Media	DE	Rango	N	Media	DE	Rango	
2-5	H	11	16.72	6.11	8-27	8	26.56	4.44	17.10-32.70	0.001*
	M	10	14.9	5.21	10-27	5	17.38	8.53	11.10-32.20	0.577
6-10	H	10	44.4	12.9	27-68	7	62.26	25.15	31.70-99.80	0.123
	M	10	35.6	9.02	21-48	9	48.14	15.55	32.60-79.00	0.056
11-15	H	12	63.58	10.28	48-83	10	82.41	21.21	55.50-118.40	0.025*
	M	16	50.25	16.02	24-77	7	68.48	13.90	48.40-86.10	0.016*
16-20	H	12	61.83	14.26	36-90	11	105.30	20.83	73.60-141.00	0.000*
	M	12	46.33	8.46	37-66	7	92.40	12.82	77.10-116.39	0.000*
21-30	H	10	86.7	26.17	37-116	8	105.50	21.66	75.10-138.90	0.116
	M	10	47.3	17.77	27-75	9	75.62	14.95	51.00-94.70	0.002*
31-50	H	13	79	28.01	45-135	5	118.6	9.65	106.10-130.10	0.000*
	M	16	47.93	11.52	31-74	13	69.09	21.73	57.70-128.00	0.006*
51-60	H	5	72.6	13.81	60-93	5	92.60	20.86	69.80-120.30	0.124
	M	13	54.07	12.72	30-69	6	75.07	18.03	58.10-99.30	0.037*
61-70	H	5	58.2	11.09	49-77	4	92.15	4.74	85.40-96.50	0.002*
	M	11	55.9	10.46	26-63	9	54.83	7.87	55.70-80.90	0.797
71-80	H	10	60.5	13.7	30-79	8	94.61	24.75	60.80-109.60	0.006*
	M	12	47.5	8.35	33-59	11	52.70	7.67	37.40-72.30	0.135
81-90	H	5	35	6.04	27-44	-				-----
	M	5	50.4	6.38	49-61	4	60.38	9.16	47.50-69.20	0.124

Conforme a los resultados mostrados en la tabla 4.32 y 4.33, se puede concluir que en el caso de la fuerza de jalar con agarre pulp y chuck para el dispositivo 1. Se encontró diferencia significativa en los rangos de edad de 16-20 años y 31-50 años (Tanto en mujeres como en mujeres), 11-15 años (mujeres), 21-30 años (en mujeres), 61-70 años (hombres), y en el rango de 71-80 años en hombres para el tipo de agarre chuck.

En el caso de las fuerzas de jalar con agarre pulp y chuck con dispositivo 2, las cuales se muestran en las tablas 4.34 y 4.35. Se encontró diferencia significativa en los rangos de edad de 16-20 años y 31-50 años (Tanto en mujeres como en mujeres), 2-5 años (en hombres), 11-15 años (mujeres, y hombres en agarre chuck), 21-30 años (en mujeres, y en hombres agarre pulp), 51-60 años (mujeres,

agarre chuck) 61-70 años (hombres), y en el rango de 71-80 años en hombres para el tipo de agarre chuck.

Como parte de los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se le dará respuesta a las preguntas de investigación planteadas al inicio de este trabajo:

1.- ¿Existirá diferencia significativa en las fuerzas de jalar con agarre tipo chuck y pulp y fuerzas de presión hacia enfrente y hacia abajo con los dedos pulgar e Índice, entre hombres y mujeres?

En general, los hombres mostraron mayor fuerza que las mujeres en los 8 tipos de fuerza analizados en este trabajo de investigación, lo cual se puede observar su desarrollo al inicio de este capítulo. Por lo cual podemos concluir que es de suma importancia tomar en consideración esto a la hora del diseño de productos y puestos de trabajo.

2.- ¿Existirá diferencia significativa en la fuerza de jalar con agarre tipo chuck y pulp y fuerzas de presión hacia enfrente y hacia abajo con los dedos pulgar e Índice en hombre y mujeres, en base a sus edades?

Podemos decir que la fuerza incrementa conforme a la edad, teniendo las mujeres sus valores más altos como sigue: en el rango de 61-70 años en el caso de las 4 fuerzas de jalar con agarre, en las fuerzas de presión hacia enfrente se encontró en el rango de 51-60 años y para las fuerzas de presión hacia abajo en el rango de 71-80 años. Para el caso de los hombres se encontraron sus valores más altos en el rango de 21-30 años, este comportamiento se muestra en todas las fuerzas medidas, a excepción de la fuerza de jalar con agarre tipo pulp con dispositivo 2. Este hallazgo permite concluir que en los casos de asignaciones de trabajo es importante tomar en cuenta este aspecto.

3- ¿Existirá alguna diferencia significativa entre los valores de referencia sobre las fuerzas de jalar con agarre tipo chuck y pulp y fuerzas de presión hacia enfrente y hacia abajo con los dedos pulgar e Índice del estudio realizado por Peebles y Norris (2000) y los valores de la población de Ensenada, Baja California por Del Río (2009)?

En las 8 fuerzas que fueron analizadas en este trabajo y comparadas con el estudio realizado por Peebles y Norris (2000), se puede observar el siguiente comportamiento: en el caso de la fuerza de presión con el dedo índice hacia enfrente se encontró diferencia significativa en un 85%, entre las edades y sexos, para la fuerza de presión con el dedo índice hacia abajo se encontró diferencia significativa en un 80%, entre las edades y sexos, para la fuerza de presión con el dedo pulgar hacia enfrente se encontró diferencia significativa en un 80%, entre las edades y sexos, en el caso de la fuerza de presión con el dedo pulgar hacia abajo se encontró diferencia significativa en un 60%, entre las edades y sexos. El comportamiento fue similar en el caso de las fuerzas de jalar con agarre tipo pulp y chuck para los dispositivos 1 y 2, siendo de 37.5% y 50% respectivamente. En general las fuerzas del estudio realizado por Peebles y Norris (2000) fueron en el 65.41% mayores a las del presente trabajo de investigación.

4- ¿Cuál es la fuerza máxima aceptable en cada una de las 8 fuerzas analizadas en este trabajo, que hombres y mujeres pueden ejercer con su mano dominante, para la población de la ciudad de Ensenada, Baja California?

La respuesta a esta pregunta de investigación se puede encontrar en la columna 4 y 7 de las tablas 4.1 y 4.7 para el caso de las fuerzas de presión hacia enfrente y hacia abajo con el dedo Índice y pulgar respectivamente, en el caso de las fuerzas de jalar con agarre con dispositivo 1 y 2 se pueden observar en las columnas 5 y 8 de la tabla 4.15 de este capítulo “análisis y discusión de resultados”

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.

Después de haber analizado las mediciones tomadas en este trabajo y haber llevado a cabo el comparativo con el estudio realizado por Peebles y Norris (2000), podemos llegar a la conclusión de que es de gran importancia llevar a cabo estudios similares a este los cuales permitan tener información más fiable sobre la población de Ensenada, Baja California; esto en el caso de evaluaciones sobre fuerzas manuales como lo fue en el caso de este trabajo en particular.

A continuación se analizan con más detalle las hipótesis planteadas al principio del trabajo, con el fin de verificar si se aceptan o rechazan según los resultados obtenidos del experimental.

- La fuerza media de los hombres es igual a la fuerza media de las mujeres. Esta hipótesis se rechaza ya que en general los hombres muestran una fuerza significativamente mayor que las mujeres, para cada una de las 8 fuerzas analizadas en este trabajo.
- La fuerza media no varía conforme a la edad; tanto en hombres como en mujeres. Esta hipótesis se rechaza ya que la fuerza tiene un incremento significativo conforme a la edad, tanto en hombres como en mujeres, para cada una de las 8 fuerzas analizadas en este trabajo. Podemos decir que la fuerza incrementa conforme a la edad, teniendo las mujeres sus valores más altos como sigue: en el rango de 61-70 años en el caso de las 4 fuerzas de jalar con agarre, en las fuerzas de presión hacia enfrente se encontró en el rango de 51-60 años y para las fuerzas de presión hacia abajo en el rango de 71-80 años. Para el caso de los hombres se encontraron sus valores más altos en el rango de 21-30 años, este

comportamiento se muestra en todas las fuerzas medidas, a excepción de la fuerza de jalar con agarre tipo pulp con dispositivo 2.

- La fuerza media es igual para los cuatro tipos de presión mencionadas anteriormente en el planteamiento del problema. Esta hipótesis es verdadera ya que en el caso del efecto que tiene el tipo de presión sobre la fuerza resultante ejercida, podemos observar que tanto para hombres como para mujeres no es significativo o dicho de otra manera no existe diferencia significativa entre los tipos de presión con respecto a la fuerza resultante ejercida. En el caso de los hombres $p= 0.252$ y para las mujeres $p=0.489$, ambos mayores al coeficiente de confianza de 0.05.
- La fuerza media es igual para los cuatro tipos de fuerzas de jalar con agarre realizadas en este trabajo, las cuales fueron mencionadas en el planteamiento del problema. Esta hipótesis se acepta ya que en el caso del efecto que tiene el tipo de jalar sobre la fuerza resultante ejercida, podemos observar que tanto para hombres como para mujeres no es significativo o dicho de otra manera no existe diferencia significativa de que la fuerza sea diferente por el tipo agarre empleado. En el caso de los hombres $p= 0.717$ y para las mujeres $p=0.959$, ambos mayores al coeficiente de confianza de 0.05.
- La fuerza media ejercida por los hombres en el estudio realizado por Peebles y Norris (2000) es igual a la fuerza media ejercida por los hombres en el presente trabajo de investigación para los 8 tipos de fuerza mencionadas anteriormente en el planteamiento del problema y entre todos los rangos de edad establecidos en este trabajo. Este análisis se puede observar con mayor claridad en las tablas de la 4.28 a la 4.35 del capítulo de análisis y discusión de resultados, en la columna del p-value.

- La fuerza media ejercida por las mujeres en el estudio realizado por Peebles y Norris (2000) es igual a la fuerza media ejercida por las mujeres en el presente trabajo de investigación para los 8 tipos de fuerza mencionadas anteriormente en el planteamiento del problema y entre todos los rangos de edad establecidos en este trabajo. Este análisis se puede observar con mayor claridad en las tablas de la 4.28 a la 4.35 del capítulo de análisis y discusión de resultados, en la columna del p-value.

En relación al objetivo general del trabajo se puede concluir que se cumplió, al igual que con los objetivos particulares, esto debido a que con el desarrollo del análisis de las muestras tomadas se pudieron crear tablas las cuales muestran las fuerzas medias aceptables, tanto para hombres como para mujeres en el rango de edad de entre 2 a 90 años, para las 8 fuerzas analizadas en este trabajo de investigación las cuales fueron descritas al inicio de este trabajo, además se realizó la comparación entre el presente trabajo de investigación y el trabajo realizado por Peebles y Norris (2000), con los resultados arrojados de este comparativo en el que para la mayoría de las fuerzas, la muestra tomada por Peebles y Norris (2000) fue significativamente más fuerte que la muestra de este presente trabajo de investigación. Podemos concluir al igual que lo cita Kunelius (2005) “Los valores de referencia para fuerzas manuales deben ser sólo utilizados cuando la población de referencia sea similar a la población para la cual los datos son usados. Ya que el uso de grupo de datos normativos internacionales puede crear diseños limitados, los cuales excedan las capacidades de fuerza de la población usuario y subsecuentemente conduzca a lesiones de extremidades superiores y enfermedades”.

5.2 Recomendaciones de líneas de investigación futuras.

El tema de valores ergonómicos con fines de diseño es una línea de investigación que tiene mucho todavía por desarrollarse y más aun aquí en México ya que son pocas las investigaciones realizadas en esta área.

Posibles investigaciones futuras relacionadas con este trabajo de investigación podrían ser:

- Desarrollar un estudio en el que se analicen las fuerzas estudiadas en este trabajo de investigación, esto para la mano no dominante y utilizando la metodología empleada en este trabajo de investigación.
- Desarrollar un estudio en el que se analicen las fuerzas estudiadas en este trabajo de investigación, esto para la mano no dominante y mano dominante, utilizando la metodología empleada en este trabajo de investigación. Además de realizar un comparativo entre mano dominante y mano no dominante.
- Realizar mediciones antropométricas, tales como largo de la mano, ancho de la mano, entre otras y ver su efecto en las fuerzas de la mano estudiadas en este trabajo de investigación.
- Incrementar el tamaño de muestra y ver si existe el mismo comportamiento de las fuerzas con respecto a los resultados obtenidos tanto en este como en otros trabajos de investigación.
- Realizar análisis en otros tipos de fuerzas de la mano como fuerzas de torque, fuerzas de presión con la mano completa, entre otras. Además de realizar estudios de fuerzas con otras partes del cuerpo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Abad Caja Julián, et al., Diccionario de las ciencias de la educación A-H, Santillana, 1983.
2. De Montmollin Maurice, Introducción a la ergonomía, los sistemas hombres-máquinas, Limusa, 2000.
3. Escalante Edgardo J., Análisis y mejoramiento de la calidad, Limusa Noriega editores, 2006.
4. Flores Cecilia, Ergonomía para el diseño, Designio teoría y practica, 2001.
5. Freund John E. y Simon Gary A., Estadística elemental, Pearson Prentice Hall, 1994.
6. Góngora Cortez José Juan y Hernández Ramírez Roberto, Estadística descriptiva, Trillas, 1999.
7. Gutiérrez Pulido Humberto y De la Vara Salazar Román, Control estadística de la calidad y seis sigma, Mc Graw Hill, 2004.
8. Hines William W., Montgomery Douglas C., Goldsman David M., Borror Connie M., Probabilidad y estadística para ingeniería, CECSA, 2003
9. Kroemer Karl, et. al., Ergonomics. How to design fore ease and efficiency, segunda edicion, prentice hall, 2001.
10. McCormick Ernest J. y Sanders Mark S., Human factors in engineering and design, McGraw-Hill, 5ta. Edicion, 1983
11. Mondelo Pedro R et al., Ergonomía 4, el trabajo en oficinas, Alfaomega, 2002.
12. Mondelo Pedro R et al., Ergonomía 3, diseño de puestos de trabajo, Alfaomega, 2000.
13. Mondelo Pedro R et al., Ergonomía 1, fundamentos, Alfaomega, 2002.
14. Montgomery Douglas C., Runger George C., Probabilidad y estadística aplicadas a la ingeniería, Limusa Willey, 2003.
15. Montgomery Douglas C., Control estadístico de la calidad, Limusa Willey, 2005.

16. Quevedo Urias Hector y Perez Salvador Blanca Rosa, Estadística para ingeniería y ciencias, Grupo editorial patria, 2008.
17. Salvendy Gavriel, Handbook of human factors and ergonomics, Wiley, 2006.
18. Spiegel Murray R. y Stephens Larry J., Estadística, McGrawHill, 2002
19. Tilley R. y Dreyfuss Henry, The measure of man and woman, Alvin Jhon Wiley and sons, 2002.

TESIS

1. Barajas Silva Dr. Ricardo A., Lesiones traumáticas de la mano, 2001
2. López Roldan Verónica Miriam, Construcción y validación de indicadores de calidad en la atención de fracturas de la mano causadas por accidentes de trabajo en el IMSS, 2007
3. Muñoz Jashimoto Lizeth, De la Vega Bustillos Enrique, López Millan Francisco Octavio, Ortiz Navar Bertha Alicia y Lucero Duarte Karla, Fuerza máxima de agarre con mano dominante y no dominante, Tesis para obtener el grado de Maestría en Ingeniería industrial, instituto tecnológico de Hermosillo, División de estudios de postgrado e investigación, 2009.
4. Pérez, J.G., (2006). Propuesta de Procedimiento para Evaluación ergonómica de los Desordenes por Trauma Acumulativos en las Estaciones de Trabajo. Instituto Politécnico Nacional.

REFERENCIAS

1. Abdalla Sala, McGregor Alison H. y Strutton Paul H., Time course of trunk extensor muscle fatigue as measured using dynamometry and electromyography, Isokinetics and Exercise science, 15, 225-231, 2007
2. Alcalde Lapiedra Victor, Alvarez Zarate Jose Manuel, Bascuas Hernandez Javier, Garcia Felipe Ana, German Armijo Ana y Rubio Calvo Emilio, La carga fisica de trabajo en extremidades superiores "los limites del sistema mano-brazo" (Estudio sobre el personal de General Motors España, MAPFRE seguridad, 101, 30-39, 2006.

3. Ayoub, M.M. and Mital, A. (1989). *Manual Materials Handling*. Taylor & Francis, Ltd., London, United Kingdom.
4. Bandyopadhyay Amit, Body composition and hand grip strength in male brick-field workers, *Malaysian Journal of Medical Sciences*, Vol. 15, No. 1, (31-36), January 2008
5. Bao Stephen y Silverstein Barbara, Estimation of hand force in ergonomic job Evaluations, *Ergonomics*, Vol. 48, No. 3, 288-301, 22 february 2005.
6. Batti'e MC et al: Isometric lifting strength as a predictor of industrial back pain reports. *Spine* 1989, 14(8): 851-85
7. Chaffin, D.B., Andersson, G.B., Martin, B.J. (1999). *Occupational Biomechanics*. John Wiley & Sons, New York, USA.
8. Bohannon Richard W., Adequacy of hand-grip dynamometry for characterizing upper limb strength after stroke, *Isokinetics and Exercise science*, 12, 263-265, 2004.
9. Dempsey Patrick G. y Ayoub M.M., the influence of gender, grasp type, pinch width and wrist position on sustained pinch strength, *International journal of Industrial Ergonomics*, 17, 259-273, 1996.
10. DiDomenico Angela y Nussbaum Maury A., Measurement and prediction of single and multi-digit finger strength, *Ergonomics*, Vol. 46, No. 15, 1531-1548, 2003.
11. Ertem Kadir, Inana Muharrem, Yologlub Saim, Elmalia Nurzat, Harmaa Ahmet, Sahin Sükrü y Bora Arslan, Effects of dominance, body mass index and age on grip and pinch strength, *Isokinetics and Exercise science*, 11, 219-223, 2003.
12. Ertem Kadir, Harma Ahmet, Cetin Aymelek, Elmali Nurzat, Yologlu Saim, Bostan Haci y Sakarya Bulent, An investigation of hand dominance, average versus maximum grip strength, body mass index and ages as determinants for hand evaluation, *Isokinetics and Exercise science*, 13, 223-227, 2005.
13. Häger-Ross C. y Rösblad B., Norms for grip strength in children aged 4–16 years, *Acta Paediatr*, 91, 617-625, 2002.
14. Imrhan Sheik N. y Rahman Reza, The effects of pinch width on pinch strengths of adult males using realistic pinch-handle coupling, *International journal of Industrial Ergonomics*, 16, 123-134, 1995.

15. Kolber Morey J. y Cleland Joshua A., Strength testing using hand-held dynamometry, *physical therapy reviews*, 10, 99-112, 2005.
16. Kolber Morey J., Beekhuizen Kristina, Cheng Ming-Shun S. y Fiebert Ira M., The reliability of hand-held dynamometry in measuring isometric strength of the shoulder internal and external rotator musculature using a stabilization device, *Physiotherapy theory and practice*, 23(2), 119-124, 2007.
17. Koutedakis Yiannis y Sharp Craig N.C., Thigh-muscles strength training, dance exercise, dynamometry and anthropometry in professional ballerinas, *journal of strength and conditioning research*, 18(4), 714-718, 2004.
18. Kunelius Amanda, Darzins Susan, Cromie Jean y Oakman Jodi, Development of normative data for hand strength and anthropometric dimensions in a population of automótive workers, *Work: A Journal of Prevention, Assessment & Rehabilitation*, 28, 267-278, 2007.
19. Ladeira Carlos E., Hess Larry W., Benjamin M. y Harkness Melissa A., Validation of an abdominal muscle strength test with dynamometry, *journal of strength and conditioning research*, 19(4), 925-930, 2005.
20. Lázaro Mateo M. L., Lázaro Penacho M. A., Berisa Losantos F. y Plaza Bayo A., Nuevas tablas de fuerza de la mano para población adulta de Teruel, *Nutricion Hospitalaria*, 23(1), 35-40, 2008.
21. Lund H., Søndergaard K., Zachariassen T., Christensen R., Bülow P., Henriksen M., Bartels E. M., Danneskiold-Samsøe B. y Bliddal H., Learning effect of isokinetic measurements in healthy subjects, and reliability and comparability of Biodex and Lido dynamometers, *Clin physiol funct imaging*, 25, 75-82, 2005.
22. O'Leary Shaun P, Vicenzino Bill T, A Jull Gwendolen, A New Method of Isometric Dynamometry for the Craniocervical Flexor Muscles, *Physical Therapy*, Volume 85, Number 6, 556-564, June 2005.
23. Peebles Laura y Norris Beverly, Strength data for designers, data sheets produced for the consumer affairs directorate of the department of trade and industry, 2000
24. Van den Beld Willeke A., Van der Sanden Gitty A. C., Sengers Rob C. A., Verbeek Andre L. M. y Gabreël Fons J. M., Validity and reproducibility of hand-held dynamometry in children aged 4-11 years, *J rehabil med*, 38, 57-64, 2006.

- (1) Real academia española, <http://www.rae.es/rae.html>
- (2) IEA, http://www.iea.cc/browse.php?contID=what_is_ergonomics
- (3) SEMAC,
http://www.semac.org.mx/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=42&Itemid=63