



# DETERMINACIÓN DE LAS FUERZAS MÁXIMAS EN ACTIVIDADES DE EMPUJAR Y HALAR PARA ADULTOS JÓVENES EN VENEZUELA

■ Pérez, Cesar

e-mail: ceperez@ucab.edu.ve  
Universidad Católica Andrés Bello  
Caracas, Venezuela 2011

■ Deyan, Javier

e-mail: jdeyan@gmail.com  
Universidad Católica Andrés Bello  
Caracas, Venezuela 2011

■ Araya, Christian

e-mail: Christian\_araya2000@hotmail.com  
Universidad Católica Andrés Bello  
Caracas, Venezuela 2011

Fecha de Recepción: 30 de Mayo de 2011  
Fecha de Aceptación: 29 de Junio de 2011

## RESUMEN

El objetivo de este proyecto fue la determinación de las fuerzas máximas volitivas en actividades de empujar y halar. Los sujetos experimentales fueron 11 jóvenes de género masculino (edad promedio: 24 años), los cuales realizaron un total de 16 tareas de empujar y halar. Las variables independientes fueron: el tipo de movimiento a realizar (halar y empujar), altura a la cual se ejecutó la tarea (altura de la cintura y altura de los hombros), frecuencia de duración entre ejecutar cada repetición para una misma tarea (intervalos de 1 minuto y 2 minutos), distancia recorrida en el movimiento durante la cual se ejecutaron las tareas (2 metros y 4 metros), lo que llevó a un experimento con  $2 \times 2 \times 2 \times 2 = 16$  tratamientos. La variable dependiente fue la fuerza volitiva para llevar a cabo las tareas de empujar y halar. Los participantes realizaron movimientos de halar y empujar con cargas de su preferencia, asumiendo la consigna de elegir una carga máxima que pudiesen mantener durante una jornada de trabajo de 8 horas sin crear incomodidad. Los resultados mostraron que la única variable independiente que influyó en la variable respuesta fue la altura de agarre a la que se ejecutaron las tareas; ( $P=0.036$ ), (con una confiabilidad del 95%.)

**Palabras clave:** Ergonomía, Ingeniería Industrial, enfermedades musculo-esqueléticas, manejo manual de materiales.

# “MAXIMUM VOLITIONAL FORCES WHEN PUSHING OR PULLING EXERTED BY YOUNG ADULTS IN VENEZUELA”

## ABSTRACT

The goal of this study was to measure the maximal volitional forces workers are willing to exert when pushing or pulling. The participants were 11 young males (average age: 24) that were required to perform 16 tasks. The independent variables were the type of movement (push or pull), the height above the floor where the force was applied (waist height and shoulder height), frequency of the exertion (1 and 2 minute intervals), the distance covered while pushing or pulling (2 and 4 meters); thus a 16-treatment experiment was required. The dependent variable was the volitional force required to perform the tasks. Participants performed the tasks adjusting the load that was to be pushed or pulled, they were asked to consider the maximum force they were willing to exert on an 8-hour shift without feeling uncomfortable. Results showed that the only significant independent variable was the height of the force being applied, ( $p=0,036$ ) for a 95% significance level.

**Keywords:** ergonomics, industrial engineering, musculoskeletal diseases, manual material handling.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las dolencias y enfermedades músculo-esqueléticas son un problema que aqueja a una parte significativa de la población activa venezolana. Los casos registrados de enfermedades ocupacionales por el INPSASEL [1] en el año 2006 indican que el 76,5 % (1580 casos) (Fuente: <http://www.inpsasel.gov.ve/>), se clasifican como trastornos músculo-esqueléticos. Las actividades de empujar y halar objetos contribuyen significativamente al desarrollo de algunos trastornos músculo-esqueléticos (Snook y Ciriello, 1991) [2].

Snook y Ciriello (1991) [2] analizaron la capacidad de los trabajadores en Estados Unidos para ejercer fuerzas en actividades de levantamiento, bajar carga, así como también las actividades de empujar, halar y trasladar. En ese trabajo integraron los resultados con los de trabajos previos: (Ciriello y Snook, 1983), (Ciriello et. Al, 1990), (Morrissey y Lion, 1988), (Jiang et. Al, 1986) y Ciriello et. Al, 1991.

En Latinoamérica se ha investigado, en Colombia, la capacidad para ejercer fuerzas de empujar y halar (Cuervo Carlos, Sarmiento Andrea, Quintana Leonardo, Lawrence J.H. Schulze y George Delclos), 2003 [3]. La muestra fue de 11 mujeres.

El objetivo de ese trabajo fue determinar las fuerzas máximas aceptables para las actividades de halar y empujar. 11 mujeres trabajadoras realizaron un total de 24 tareas de halar y empujar, entre 7.6 y 10m respectivamente. Las variables independientes fueron la altura, la frecuencia y la distancia; las dependientes fueron la fuerza para halar o empujar, el ritmo cardiaco, las presiones diastólica y sistólica y la fuerza de agarre. La secuencia de las tareas se hizo de manera aleatoria, así como la altura, la frecuencia y la distancia.

Los resultados más relevantes fueron que la fuerza promedio para la tarea de empujar fue de 17.84 kgf, con una desviación típica de 4.414 kgf, y un máximo de 29.71kgf. Para la tarea de halar, el promedio fue de 26 kgf, con una desviación típica de 5.86kgf y un máximo de 42.28kgf.

En Venezuela se han investigado las fuerzas isométricas para empujar y halar (Pérez, Cesar, 2008) [4]. La muestra fue de 30 hombres y 11 mujeres. Los resultados más relevantes fueron: fuerza promedio para varones a la altura del codo y cintura de 27,82 kgf con una desviación típica de 8,63; para las mujeres fue de 17,25kgf con una desviación de 7,47. También se registró una reducción de la fuerza promedio cuando se trabajó a la altura del hombro de un 32,79% en los varones y un 27,95% para las mujeres.

El propósito de este trabajo es determinar las fuerzas aceptables para empujar y halar objetos con movimiento.

El conocimiento de estas fuerzas es un paso necesario para reducir las lesiones en la población económicamente activa, al empujar y halar objetos, pues en aquellos casos en los que se están excediendo los límites, se pueden tomar acciones (de ingeniería o administrativas), que reduzcan las fuerzas ejercidas y con ello se reduce la exposición a riesgos.

## 2. OBJETIVO

Determinar las máximas fuerzas volitivas que adultos jóvenes sanos están dispuestos a ejercer para las tareas de empujar y halar una determinada carga en movimiento, durante una jornada de trabajo.

## 3. ALCANCE

Este proyecto se llevó a cabo buscando responder las siguientes preguntas (para una muestra de la población Venezolana):

1. ¿Cuál es la capacidad de ejercer fuerzas de empujar objetos?
2. ¿Cuál es la capacidad de ejercer fuerzas para halar objetos?
3. ¿Cuál es la influencia de: altura del agarre, distancia recorrida y frecuencia de la tarea, en la capacidad para empujar y halar objetos?
4. ¿Existe alguna diferencia en la capacidad por tipo de movimiento?
5. ¿Existe alguna diferencia en la capacidad por frecuencia de movimiento?
6. ¿Existe alguna diferencia en la capacidad por la altura del agarre?

## 4. MÉTODOS

### 4.1 Participantes

Se seleccionaron 11 participantes voluntarios (todos hombres) de la población joven activa, estudiantes universitarios de la Universidad Católica Andrés Bello. Los voluntarios indicaron estar en buena condición física y sin historial médico de enfermedades músculo-esqueléticas. Fueron informados sobre el objetivo del proyecto, se les indicó que podían detener su participación cuando quisieran y dieron su consentimiento

Se tomaron medidas antropométricas de los individuos en estudio, las mismas fueron: peso, altura, altura de la cintura de pie, altura de los hombros de pie, alcance

del brazo derecho e izquierdo extendidos. Las edades de los participantes estuvieron entre 22 y 25 años (media = 24, D.E.=2,4).

**Tabla N° 1: Antropometría Básica.**

| Medida                             | PROMEDIO (desviación estándar) |
|------------------------------------|--------------------------------|
| Estatura (Mts.)                    | 1,801 (0,062)                  |
| Peso (Kg.)                         | 84,072 (11,696)                |
| Altura del hombro de pie (Mts.)    | 1,545 (0,061)                  |
| Altura de la cintura de pie (Mts.) | 1,105 (0,048)                  |
| Brazo Derecho (Mts.)               | 0,795 (0,052)                  |
| Brazo Izquierdo (Mts.)             | 0,79 (0,056)                   |

**4.2 Equipos y materiales utilizados.**



Figura N° 1: Muestra de la carga utilizada



Figura N° 2: Brazos de Altura Variable

Para la ejecución de las tareas se utilizó un carro de carga, sobre el cual se colocaron rollos de tela que serían como carga para los experimentos. La altura de agarre se varía mediante una serie de pestañas dispuestas en un dispositivo que servía como una chumacera. La fuerza con la cual los sujetos mueven la carga fue medida

con una celda de carga marca Transcell Technology Inc. Modelo BSA-250. De capacidad 250 libras de fuerza.

Esta celda fue dispuesta de manera tal, que la fuerza aplicada por los sujetos para mover se transmitiera de manera efectiva, a su vez se le adjunto un mango para sobre el cual se aplicaba la fuerza.



Figura N° 3: Celda de carga



Figura N° 4: Mango de agarre

Las mediciones de la celda de carga se observan mediante un monitor marca Salter Brecknell. Modelo



Figura N° 5: Monitor y computador utilizados

SBI 100. Este a su vez transmite los datos a una computadora mediante un software de Microsoft llamado Hyperterminal.



Figura N° 6: Monitor

Las variables ritmo cardiaco, presión diastólica y presión sistólica, fueron medidas mediante un tensiómetro digital, marca Microlife. Modelo BP3AG1.



Figura N° 7: Proceso de medición de tensión arterial y ritmo cardiaco

Los resultados obtenidos se validaron mediante “Minitab statistical software” de Minitab Inc.

El lugar de trabajo en el cual se realizó el experimento fue un galpón con iluminación y ventilación artificial. El piso era cemento liso.

#### 4.3 Diseño Experimental y Procedimiento.

Se creó un formato estándar para llevar a cabo las pruebas las cuales consistía, en principio, en tomar las medidas antropométricas para cada individuo y dar un breve repaso a los objetivos del estudio, luego se procedió a tomar los datos de presión diastólica y sistólica y su ritmo cardiaco previo a una tarea, luego se realizaron pruebas previas a una tarea para familiarizar al participante al vehículo y que él mismo se familiarizase con una carga a su elección que no le causase discomfort. Las variables independientes que se tomaron en cuenta fueron:

La combinación de los dos niveles de cada factor, dio origen a los 16 tratamientos.

**Tabla N° 2: Variables Independientes del experimento y sus niveles**

| VARIABLES (FACTORES)  | NIVELES   |
|---|---|
| Tipo de movimiento a ejecutar durante la tarea.                 | Halar la carga.<br>Empujar la carga.                      |
| Altura a la cual se ejecutó la tarea.                           | Altura de la cintura de pie.<br>Altura del hombro de pie. |
| Frecuencia entre intervalos de repetición para una misma tarea. | 1 minuto.<br>2 minutos.                                   |

|  |  |
|--|--|
| Distancia recorrida durante la ejecución de una repetición para una tarea. | 2 metros de recorrido.<br>4 metros de recorrido. |
|--|--|

**Tabla N° 3: Diseño experimental**

| <i>Tratamientos: / Opción</i> | TIPO DE MOVIMIENTO | ALTURAS | FRECUENCIAS | DISTANCIAS |
|-------------------------------|--------------------|---------|-------------|------------|
| 1                             | 1                  | 1       | 1           | 1          |
| 2                             | 1                  | 1       | 1           | 2          |
| 3                             | 1                  | 1       | 2           | 1          |
| 4                             | 1                  | 2       | 1           | 1          |
| 5                             | 2                  | 1       | 1           | 1          |
| 6                             | 1                  | 1       | 2           | 2          |
| 7                             | 1                  | 2       | 1           | 2          |
| 8                             | 2                  | 1       | 1           | 2          |
| 9                             | 1                  | 2       | 2           | 1          |
| 10                            | 2                  | 1       | 2           | 1          |
| 11                            | 2                  | 2       | 1           | 1          |
| 12                            | 1                  | 2       | 2           | 2          |
| 13                            | 2                  | 1       | 2           | 2          |
| 14                            | 2                  | 2       | 1           | 2          |
| 15                            | 2                  | 2       | 2           | 1          |
| 16                            | 2                  | 2       | 2           | 2          |

**Leyenda**

|                    |                      |
|--------------------|----------------------|
| TIPO DE MOVIMIENTO |                      |
| 1                  | EMPUJAR              |
| 2                  | HALAR                |
| ALTURA             |                      |
| 1                  | CINTURA              |
| 2                  | HOMBRO               |
| FRECUENCIA         |                      |
| 1                  | 1 VEZ POR MINUTO     |
| 2                  | 1 VEZ CADA 2 MINUTOS |
| DISTANCIA          |                      |
| 1                  | 2 MTS.               |
| 2                  | 4 MTS.               |



Figura N° 8: Ejemplo de la actividad de empujar a la altura de la cintura



Figura N° 9: Ejemplo de la actividad de halar a la altura de la cintura

Cada tarea tuvo un número de 10 repeticiones dentro de las cuales el participante tuvo la opción de escoger la carga a empujar o halar en cualquier momento. Los tratamientos se realizaron de manera aleatoria. En caso de notarse una presión elevada ó una lectura de 150mm Hg sistólica / 100mm Hg diastólica se detenía el experimento, otra causa de detener la actividad al observarse un ritmo cardiaco igual o mayor a 110 ppm, después de la recuperación.

4.4 Variables e Indicadores.

| Definición Nominal   | Definición Real Dimensiones  | Definiciones Operacional Indicadores   |
|--|--|--|
| <p>Fuerzas Máximas Volitivas. Son consideradas para efectos de este proyecto aquellos esfuerzos realizados durante las tareas de halar y empujar que se realizan por voluntad de los sujetos en estudio.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerza para empujar, fuerza para halar.</li> <li>• Frecuencia cardiaca.</li> <li>• Presión diastólica y sistólica.</li> <li>• Nivel de cansancio del sujeto a prueba, mediante una encuesta.</li> </ul> | <p>Capacidad requerida por el sujeto para halar y empujar la carga.</p> <p>Indicador utilizado durante el experimento para medir el cansancio de los participantes. Se mide en latidos por minuto.</p> <p>Presión sistólica: corresponde al valor máximo de la tensión arterial en sístole (cuando el corazón se contrae). Se refiere al efecto de presión que ejerce la sangre eyectada del corazón sobre la pared de los vasos.</p> <p>Presión arterial diastólica: corresponde al valor mínimo de la tensión arterial cuando el corazón está en diástole o entre latidos cardíacos. Depende fundamentalmente de la resistencia vascular periférica. Se refiere al efecto de distensibilidad de la pared de las arterias, es decir el efecto de presión que ejerce la sangre sobre la pared del vaso.</p> <p>Indicador de índole psicométrico.</p> |

## 5. RESULTADOS.

### 5.1 Resumen de resultados.

La tabla 5 muestra los valores mínimos, percentil 10, 50, 75 y 90%, además de la fuerza máxima registrada

para las actividades realizadas de empujar, la tabla 6 muestra los mismos valores en las actividades de halar.

**Tabla N° 4: Percentiles de fuerza máximos volitivos para las actividades de empujar, resultados expresados en unidades de KgF (n=110). Fuente: propia**

| EMPUJAR |           | DISTANCIA         |                      |                   |                      |
|---------|-----------|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------|
|         |           | 2MTS              |                      | 4MTS              |                      |
|         |           | FRECUENCIA        |                      | FRECUENCIA        |                      |
|         |           | 1 VEZ CADA MINUTO | 1 VEZ CADA 2 MINUTOS | 1 VEZ CADA MINUTO | 1 VEZ CADA 2 MINUTOS |
| ALTURA  | PERCENTIL |                   |                      |                   |                      |
| CINTURA | MÍN       | 14,66             | 16,95                | 15,26             | 15,43                |
|         | 10        | 18,49             | 20,98                | 19,24             | 19,68                |
|         | 50        | 22,07             | 23,56                | 22,6              | 24,2                 |
|         | 75        | 23,91             | 25,17                | 24,33             | 26,62                |
|         | 90        | 30,34             | 35,77                | 30,63             | 36,80                |
|         | MÁX       | 37,49             | 40                   | 38,34             | 38,54                |
| HOMBRO  | MÍN       | 13,85             | 17,81                | 14,39             | 15,98                |
|         | 10        | 18,96             | 20,38                | 20,52             | 18,62                |
|         | 50        | 22,33             | 23,30                | 24,43             | 22,58                |
|         | 75        | 23,36             | 24,88                | 25,32             | 24,9                 |
|         | 90        | 27,8              | 29,68                | 29,52             | 27,99                |
|         | MÁX       | 30,55             | 32,14                | 35,77             | 30,05                |

**Tabla N° 5: Percentiles de fuerza máximos volitivos para las actividades de halar, resultados expresados en unidades de KgF (n=110). Fuente: propia**

| HABLAR  |           | DISTANCIA         |                      |                   |                      |
|---------|-----------|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------|
|         |           | 2MTS              |                      | 4MTS              |                      |
|         |           | FRECUENCIA        |                      | FRECUENCIA        |                      |
|         |           | 1 VEZ CADA MINUTO | 1 VEZ CADA 2 MINUTOS | 1 VEZ CADA MINUTO | 1 VEZ CADA 2 MINUTOS |
| ALTURA  | PERCENTIL |                   |                      |                   |                      |
| CINTURA | MÍN       | 16,25             | 17,33                | 17,85             | 17,99                |
|         | 10        | 19,49             | 20,35                | 20,43             | 20,62                |
|         | 50        | 23,13             | 24,77                | 24,67             | 24,22                |
|         | 75        | 22,04             | 28,43                | 23,4              | 23,34                |
|         | 90        | 29,44             | 29,75                | 29,53             | 28,46                |
|         | MÁX       | 30,45             | 31                   | 31,07             | 30,4                 |
| HOMBRO  | MÍN       | 18,65             | 17,81                | 18,59             | 18,14                |
|         | 10        | 20,47             | 20,54                | 20,74             | 20,73                |
|         | 50        | 25                | 24,29                | 23,55             | 24,04                |
|         | 75        | 23,97             | 25,1                 | 24,37             | 24,66                |
|         | 90        | 26,5              | 26,4                 | 26,23             | 26,03                |
|         | MÁX       | 28,45             | 27,11                | 27,02             | 27,01                |



5.2 Resultados de la fuerza máxima volitiva registrada por los participantes para la actividades de empujar cargas.

**Tabla N° 6: Actividades de empujar, resultados expresados en unidades de KgF. (n=880). Fuente: propia.**

| Percentil           | Todos los Participantes |
|---------------------|-------------------------|
| Mínimo              | 22,01                   |
| 90%                 | 25,42                   |
| 50%                 | 30,52                   |
| 10%                 | 37,61                   |
| Máximo              | 40                      |
| Promedio            | 31,40                   |
| Desviación Estándar | 4,62                    |

5.3 Resultados de la fuerza máxima volitiva registrada por los participantes para la actividades de halar cargas.

**Tabla N° 7: Valores de fuerza máximos volitivos para las actividades de halar, resultados expresados en unidades de KgF. (n=880). Fuente: propia.**

| Percentil           | Todos los Participantes |
|---------------------|-------------------------|
| Mínimo              | 21,71                   |
| 90%                 | 25,69                   |
| 50%                 | 28,45                   |
| 10%                 | 30,22                   |
| Máximo              | 31,07                   |
| Promedio            | 27,98                   |
| Desviación Estándar | 1,99                    |

5.4 Influencia de la altura de agarre para ambas actividades.

- Altura de la cintura.

**Tabla N° 8: Actividades de empujar, altura de agarre a la cintura, resultados expresados en unidades de KgF. (n=440). Fuente: propia.**

| Percentil           | Todos los Participantes |
|---------------------|-------------------------|
| Mínimo              | 22,02                   |
| 90%                 | 24,25                   |
| 50%                 | 30,19                   |
| 10%                 | 37,62                   |
| Máximo              | 40,00                   |
| Promedio            | 31,04                   |
| Desviación Estándar | 4,94                    |

**Tabla N° 9: Actividades de halar, altura de agarre a la cintura, resultados expresados en unidades de KgF. (n=440). Fuente: propia.**

| Percentil           | Todos los Participantes |
|---------------------|-------------------------|
| Mínimo              | 20,44                   |
| 90%                 | 23,68                   |
| 50%                 | 28,41                   |
| 10%                 | 30,22                   |
| Máximo              | 31,07                   |
| Promedio            | 27,46                   |
| Desviación Estándar | 2,76                    |

- Altura del hombro.

**Tabla N° 10: Actividades de empujar, altura de agarre al hombro, resultados expresados en unidades de KgF. (n=440). Fuente: propia.**

| Percentil           | Todos los Participantes |
|---------------------|-------------------------|
| Mínimo              | 19,46                   |
| 90%                 | 23,02                   |
| 50%                 | 26,88                   |
| 10%                 | 30,46                   |
| Máximo              | 35,78                   |
| Promedio            | 27,12                   |
| Desviación Estándar | 3,01                    |

**Tabla N° 11: Actividad de halar, altura de agarre al hombro, resultados expresados en unidades de KgF. (n=440). Fuente: propia.**

| Percentil           | Todos los Participantes |
|---------------------|-------------------------|
| Mínimo              | 21,71                   |
| 90%                 | 24,54                   |
| 50%                 | 26,09                   |
| 10%                 | 26,84                   |
| Máximo              | 28,45                   |
| Promedio            | 25,75                   |
| Desviación Estándar | 1,11                    |

## 5.5 Influencia de la distancia recorrida.

- Para empujar.

**Tabla N° 12: Actividad de empujar, distancia de 2 metros, resultados expresados en unidades de KgF. (n=440). Fuente: propia.**

| Percentil           | Todos los Participantes |
|---------------------|-------------------------|
| Mínimo              | 20,58                   |
| 90%                 | 23,86                   |
| 50%                 | 28,28                   |
| 10%                 | 36,47                   |
| Máximo              | 40                      |
| Promedio            | 28,81                   |
| Desviación Estándar | 4,29                    |

**Tabla N° 13: Actividad de empujar, distancia de 4 metros, resultados expresados en unidades de KgF. (n=440). Fuente: propia.**

| Percentil           | Todos los Participantes |
|---------------------|-------------------------|
| Mínimo              | 20,66                   |
| 90%                 | 24,63                   |
| 50%                 | 28,71                   |
| 10%                 | 36,85                   |
| Máximo              | 38,54                   |
| Promedio            | 29,72                   |
| Desviación Estándar | 4,70                    |

- Para halar.

**Tabla N° 14: Actividad de halar, distancia de 2 metros, resultados expresados en unidades de KgF. (n=440). Fuente: propia.**

| Percentil           | Todos los Participantes |
|---------------------|-------------------------|
| Mínimo              | 21,26                   |
| 90%                 | 22,88                   |
| 50%                 | 26,85                   |
| 10%                 | 29,88                   |
| Máximo              | 31,00                   |
| Promedio            | 26,95                   |
| Desviación Estándar | 2,47                    |

**Tabla N° 15: Actividad de halar, distancia de 4 metros, resultados expresados en unidades de KgF. (n=440). Fuente: propia.**

| Percentil           | Todos los Participantes |
|---------------------|-------------------------|
| Mínimo              | 21,04                   |
| 90%                 | 23,84                   |
| 50%                 | 26,46                   |
| 10%                 | 29,68                   |
| Máximo              | 31,07                   |
| Promedio            | 26,71                   |
| Desviación Estándar | 2,34                    |

## 5.6 Influencia de la frecuencia entre la repetición de actividades.

- Para empujar.

**Tabla N° 16: Actividad de halar, frecuencia de repetición igual a 1 minuto, resultados expresados en unidades de KgF. (n=440). Fuente: propia.**

| Percentil           | Todos los Participantes |
|---------------------|-------------------------|
| Mínimo              | 20,66                   |
| 90%                 | 24,09                   |
| 50%                 | 28,05                   |
| 10%                 | 34,83                   |
| Máximo              | 38,34                   |
| Promedio            | 28,76                   |
| Desviación Estándar | 3,85                    |

**Tabla N° 17: Actividad de halar, frecuencia de repetición igual a 2 minutos, resultados expresados en unidades de KgF. (n=440). Fuente: propia.**

| Percentil           | Todos los Participantes |
|---------------------|-------------------------|
| Mínimo              | 19,7                    |
| 90%                 | 23,61                   |
| 50%                 | 28,95                   |
| 10%                 | 37,6                    |
| Máximo              | 40                      |
| Promedio            | 30,67                   |
| Desviación Estándar | 5,07                    |

- Para halar.

**Tabla N° 18: Actividad de halar, frecuencia de repetición igual a 1 minuto, resultados expresados en unidades de KgF. (n=440). Fuente: propia.**

| Percentil           | Todos los Participantes |
|---------------------|-------------------------|
| Mínimo              | 20,39                   |
| 90%                 | 24,01                   |
| 50%                 | 27,06                   |
| 10%                 | 29,78                   |
| Máximo              | 31,07                   |
| Promedio            | 27,12                   |
| Desviación Estándar | 2,47                    |

**Tabla N° 19: Actividad de halar, frecuencia de repetición igual a 2 minutos, resultados expresados en unidades de KgF. (n=440). Fuente: propia.**

| Percentil           | Todos los Participantes |
|---------------------|-------------------------|
| Mínimo              | 21,5                    |
| 90%                 | 24,97                   |
| 50%                 | 26,9                    |
| 10%                 | 29,87                   |
| Máximo              | 31                      |
| Promedio            | 27,2                    |
| Desviación Estándar | 2,13                    |

Análisis ANOVA - modelo general lineal.

**Tabla N° 20: Análisis de varianza y pruebas F para las variables; tipo de movimiento, altura, frecuencia, distancia. (Fuente: propia).**

| ANÁLISIS DE LA VARIANZA PARA LA VARIABLE FUERZA, USANDO SS AJUSTADOS PARA PRUEBAS |     |          |          |        |      |       |
|---|-----|----------|----------|--------|------|-------|
| Fuente  | DF  | SEQ SS   | ADJ SS   | ADJ MS | F    | P     |
| MOVIMIENTO  | 1   | 17,273   | 17,273   | 17,273 | 2,21 | 0,139 |
| ALTURA  | 1   | 35,273   | 35,273   | 35,273 | 4,52 | 0,035 |
| FRECUENCIA  | 1   | 17,802   | 17,802   | 17,802 | 2,28 | 0,133 |
| DISTANCIA   | 1   | 5,84     | 5,84     | 5,84   | 0,75 | 0,388 |
| INTERACCIONES DOBLES  |     |          |          |        |      |       |
| MOVIMIENTO/ALTURA   | 1   | 10,288   | 10,288   | 10,288 | 1,32 | 0,253 |
| MOVIMIENTO/FRECUENCIA   | 1   | 9,252    | 9,252    | 9,252  | 1,18 | 0,278 |
| MOVIMIENTO/DISTANCIA  | 1   | 5,277    | 5,277    | 5,277  | 0,68 | 0,412 |
| ALTURA/FRECUENCIA   | 1   | 12,682   | 12,682   | 12,682 | 1,62 | 0,208 |
| ALTURA/DISTANCIA  | 1   | 1,993    | 1,993    | 1,993  | 0,26 | 0,614 |
| FRECUENCIA/DISTANCIA  | 1   | 12,011   | 12,011   | 12,011 | 1,54 | 0,217 |
| ERROR   | 165 | 1288,883 | 1288,883 | 7,811  |      |       |
| TOTAL   | 175 | 1416,576 |          |        |      |       |

**Tabla N° 21: Análisis de varianza y pruebas F para la variable altura. (Fuente: propia).**

| ANALISIS DE LA VARIANZA PARA LA VARIABLE FUERZA, USANDO SS AJUSTADOS PARA PRUEBAS |     |         |           |      |       |
|---|-----|---------|-----------|------|-------|
| Fuente  | DF  | SS      | MS        | F    | P     |
| ALTURA  | 1   | 35,27   | 35,27     | 4,44 | 0,036 |
| ERROR   | 174 | 1381,3  | 7,94      |      |       |
| TOTAL   | 175 | 1416,58 |           |      |       |
| NIVEL   | N   | MEDIA   | DEV. STD. |      |       |
| 1   | 88  | 25,087  | 3,27      |      |       |
| 2   | 88  | 24,191  | 2,27      |      |       |

## 6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

### 6.1 Efecto de la altura.

La tabla 21 muestra que el factor “altura” tiene un efecto significativo en la fuerza ejercida. ( $p=0,036$ ).

**Tabla N° 22: Fuerzas promedio máximas para halar a las alturas de la cintura y el hombro. (KgF). Fuente: propia.**

|                     | Halar   |        |
|---------------------|---------|--------|
|                     | Cintura | Hombro |
| Promedio            | 27,45   | 25,74  |
| Desviación Estándar | 2,75    | 1,106  |

**Tabla N° 23: Fuerzas promedio máximas para empujar a las alturas de la cintura y el hombro. (KgF). Fuente: propia.**

|                     | Empujar |        |
|---------------------|---------|--------|
|                     | Cintura | Hombro |
| Promedio            | 31,04   | 27,12  |
| Desviación Estándar | 4,94    | 3,00   |

La tabla 22 muestra que la prueba de diferencia entre las medias para las actividades de halar y empujar solo tomando en cuenta el factor altura;

$$\mu_{0,1} - \mu_{0,2} : (25,087 - 24,191) \pm t_{174;0,975} (7,94(1/88 + 1/88))^{1/2}$$

Donde el valor de T de student al ser de grado de libertad muy elevado (17) es sustituible por un valor numérico de 0,96. Al resolver la ecuación el resultado es igual a una diferencia de (0,17 KgF; 1,83 KgF), lo que supone que la variable respuesta Fuerza en el factor altura a un nivel de la cintura siempre será mayor a la del factor altura al nivel del hombro con una confiabilidad del 95%.

### 6.2 Efecto del tipo de movimiento.

La tabla 21 muestra que el factor “tipo de movimiento” no tiene un efecto significativo en la fuerza ejercida. ( $p=0,14$ ). Esto implica que no tiene ventaja alguna “empujar” sobre “halar” objetos, pues tenemos la misma capacidad de ejercer fuerzas para esos dos tipos de movimiento.

### 6.3 Efecto de la frecuencia.

La tabla 21 muestra que el factor “frecuencia” no tiene un efecto significativo en la fuerza ejercida. ( $p=0,134$ ). Las frecuencias seleccionadas (una vez cada minuto y una vez cada dos minutos) no afectan la capacidad para halar o empujar objetos. Posiblemente la recuperación durante el período entre la actividad (uno o dos minutos) es suficiente para que las diferencias observadas no sean significativas.

### 6.4 Efecto de la distancia.

La tabla 21 muestra que el factor “distancia” no tiene un efecto significativo en la fuerza ejercida. ( $p=0,389$ ). Las distancias seleccionadas (2 y 4 metros) no afectan la capacidad para ejercer fuerzas de empujar o halar objetos.

**6.5 Efecto de interacción entre las variables.**

La tabla 21 muestra que las interacciones dobles no tienen un efecto significativo en la fuerza ejercida por los sujetos. (Ninguno de los valores p para las interacciones fue menor al 5%). Las interacciones dobles que pueden aparecer son: frecuencia/distancia, frecuencia/tipo de movimiento, frecuencia/altura, distancia/tipo de movimiento, distancia/altura, tipo de movimiento/altura. El análisis de varianza indica que no hay efecto de interacciones dobles. Este hallazgo es importante pues descarta la posibilidad de que se potencie la capacidad de ejercer fuerzas al combinar dos factores cualesquiera (por ejemplo: altura al nivel de la cintura con distancia de recorrido de 2 metros).

**6.6 Comparación de resultados con otros estudios**

Quintana y sus colaboradores [3] diseñaron un procedimiento para conocer el efecto que las variables independientes: altura de la aplicación de la fuerza, frecuencia y distancia recorrida tienen sobre la fuerza ejercida para los dos tipos de movimiento: empujar y halar. Seleccionaron tres alturas de aplicación de las fuerzas: altura de los nudillos, altura de la cintura, altura de los hombros. La distancia recorrida tuvo dos niveles: 7,6 metros y 10 metros. La frecuencia tuvo dos niveles: una vez cada 30 segundos y una vez cada 15 segundos.

Los sujetos experimentales fueron 11 trabajadoras de una empresa colombiana con edades entre 19 y 38 años.

La Tabla 25 muestra los resultados obtenidos por Quintana y sus colaboradores comparados con los obtenidos en este trabajo.

La tabla 27 muestra las relaciones encontradas entre las variables independientes para cada investigación (Quintana [3] y este trabajo).

**Tabla 25 Comparación de Fuerzas ejercidas para empujar objetos**

| Fuente       | Promedio | Desviación estándar | Mínimo | Máximo |
|--------------|----------|---------------------|--------|--------|
| Quintana [3] | 17,84    | 4,41                | 6,71   | 29,71  |
| Este trabajo | 31,40    | 4,62                | 22,01  | 40,00  |

**Tabla 26 Comparación de Fuerzas ejercidas para halar objetos**

| Fuente       | Promedio | Desviación estándar | Mínimo | Máximo |
|--------------|----------|---------------------|--------|--------|
| Quintana [3] | 26,76    | 5,86                | 13,50  | 42,28  |
| Este trabajo | 27,98    | 1,99                | 21,71  | 31,07  |

**Tabla 27. Relaciones entre las variables**

| TIPO DE MOVIMIENTO | Efecto de la variable | Quintana [3]   | Este trabajo  |
|--------------------|-----------------------|--|---|
| Empujar            | Altura                | Fuerza aumenta al reducir la altura (nudillos es mayor, hombro es menor) | Fuerza aumenta al reducir la altura (cintura es mayor que hombro) |
|                    | Frecuencia            | Fuerza aumenta al aumentar la frecuencia                                 | No es afectada por la frecuencia.                                 |
|                    | Distancia             | No se menciona   | No es afectada por la distancia recorrida.                        |

|       |            |   |   |
|-------|------------|---|---|
| Halar | Altura     | No es afectada por la altura              | Fuerza aumenta al reducir la altura (cintura es mayor que hombro) |
|       | Frecuencia | Fuerza aumenta al aumentar la frecuencia  | No es afectada por la frecuencia.                                 |
|       | Distancia  | No es afectada por la distancia recorrida | No es afectada por la distancia recorrida.                        |

La investigación de Quintana encontró que la fuerza ejercida al halar es mayor que al empujar objetos.

Los resultados encontrados por los investigadores no son consistentes:

Snook [5] y Kumar [6] encontraron mayores valores de fuerza para empujar que para halar. En esas investigaciones las extremidades inferiores fueron estabilizadas. En esta investigación y en la de Quintana [3], los sujetos experimentales fueron libres de tomar la postura de su preferencia. Hoozemans [7], sin embargo, informa que no hay evidencia concluyente para afirmar que la fuerza para empujar es mayor que la fuerza para halar objetos.

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La altura de aplicación de la fuerza (hombros y cintura) mostró una diferencia significativa en cuanto a la fuerza aplicada, observándose

una diferencia promedio entre 0,17 KgF y 1,83 KgF al aplicarse a la cintura por encima de la promediada a la del nivel del hombro.

- No se encontraron diferencias significativas entre el tipo de movimiento (empujar y halar), la frecuencia (1 minuto y 2 minutos) y la distancia (2 metros y 4 metros).
- Al empujar y halar cargas, se debe cuidar que la altura de aplicación de la fuerza sea entre codo y cintura.
- La fuerza máxima recomendada para efectuar las actividades de empujar y halar cargas descritas en este trabajo se encuentran dentro del percentil 75 descritas en las tablas 5 y 6.
- Las fuerzas máximas recomendables para reducir la exposición a riesgos de desarrollar dolencias o enfermedades osteomusculares son las correspondientes al percentil 75 en las tablas 5 y 6, las cuales se resumen a continuación:

**Tabla 28: Límites recomendados de fuerza para EMPUJAR**

| EMPUJAR | DISTANCIA         |                      |                   |                      |
|---------|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------|
|         | 2MTS              |                      | 4MTS              |                      |
|         | FRECUENCIA        |                      | FRECUENCIA        |                      |
|         | 1 VEZ CADA MINUTO | 1 VEZ CADA 2 MINUTOS | 1 VEZ CADA MINUTO | 1 VEZ CADA 2 MINUTOS |
| ALTURA  |                   |                      |                   |                      |
| CINTURA | 23,91             | 25,17                | 24,33             | 26,62                |
| HOMBRO  | 23,36             | 24,88                | 25,32             | 24,9                 |

**Tabla 29: Límites recomendados de fuerza para HALAR**

| HALAR   | DISTANCIA         |                      |                   |                      |
|---------|-------------------|----------------------|-------------------|----------------------|
|         | 2MTS              |                      | 4MTS              |                      |
|         | FRECUENCIA        |                      | FRECUENCIA        |                      |
|         | 1 VEZ CADA MINUTO | 1 VEZ CADA 2 MINUTOS | 1 VEZ CADA MINUTO | 1 VEZ CADA 2 MINUTOS |
| ALTURA  |                   |                      |                   |                      |
| CINTURA | 22,04             | 28,43                | 23,4              | 23,34                |
| HOMBRO  | 23,97             | 25,1                 | 24,37             | 24,66                |

## 8. SUGERENCIAS PARA TRABAJOS FUTUROS

---

- Se debe investigar el efecto de otras distancias, frecuencias y alturas en fuerzas ejercidas.
- Se debe investigar la capacidad del género femenino para ejercer fuerzas.
- Ampliar la muestra:
  1. Operarios que ejerzan fuerzas en su trabajo.
  2. Otras edades.
- Investigar fuerzas necesarias para mantener movimiento.

## 9. RECONOCIMIENTO

---

Los autores desean agradecer al Centro de Ergonomía de la Universidad Católica Andrés Bello por su soporte a esta investigación.

## 10. REFERENCIAS.

---

- [1] Instituto Nacional de Prevención, Seguridad y Salud Laborales (INPSASEL), Registro de Enfermedades Ocupacionales (Años: 2006 y 2004).
- [2] Snook, S.H.; Ciriello, V.M; 1991, The Design of Manual Handling Tasks: Revised Tables of Maximum Acceptable Weights and Forces, *Ergonomics* 34(9) 1197-1213.
- [3] Cuervo, Alberto; Sarmienti, Andrea; Quintana, Leonardo; Schulze, Lawrence J. H.; Delclos, George, 2003. Determination of the Maximum Peak Forces in the Activities of Pushing and Pulling by Experienced Female Workers in Colombia. *International Journal of Industrial Engineering*, 1(14) 600-606.
- [4] Pérez, Cesar, Quintana, Leonardo. Fuerzas Isométricas Ejercidas por Trabajadores en Venezuela en Tareas de Halar y Empujar. (Congress of the International Ergonomics Society, Beijing 2009)
- [5] Snook, S. H. (1978) The design of manual metrial handling tasks. *Ergonomics* 21(12), 963-985
- [6] Kumar, S. (1995) Upper body push-pull strength of normal young adult in sagittal plain at three

height. *International Journal of Industrial Ergonomics* 15, 427-436

- [7] Hoozemans, M. J. M. Pushing and Pulling in relation to musculoskeletal disorders: a review of risk factors. *Ergonomics* 41, 757-781.

