

DETERMINACION DE LA FUERZA MAXIMA ACEPTABLE PARA EMPUJAR Y
HALAR CARGAS POR PARTE DE TRABAJADORES CON EXPERIENCIA PREVIA
EN LA MANIPULACION DE CARGAS, EN UNA MUESTRA DEL PERSONAL DE LA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA



LUISA FERNANDA BARBOSA QUINTERO
NATALIA DELGADO HENRÍQUEZ

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAL
BOGOTÁ
2004

DETERMINACION DE LA FUERZA MAXIMA ACEPTABLE PARA EMPUJAR Y
HALAR CARGAS POR PARTE DE TRABAJADORES CON EXPERIENCIA PREVIA
EN LA MANIPULACION DE CARGAS, EN UNA MUESTRA DEL PERSONAL DE LA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA



LUISA FERNANDA BARBOSA QUINTERO
NATALIA DELGADO HENRÍQUEZ

Trabajo de Grado para optar por el título de Ingeniero Industrial

Director:
LEONARDO QUINTANA
Ingeniero Industrial, P.h.D.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INDUSTRIAL
BOGOTÁ
2004

Bogotá, Mayo 3 de 2004

"La universidad no se hace responsable por los conceptos emitidos por sus alumnos en sus trabajos de grado, sólo velará porque no se publique nada contrario al dogma y moral católicos y porque no contenga ataques, polémicas puramente personales, antes bien, se vea en ellos el anhelo de buscar la verdad y la justicia"

Reglamento de la Pontificia Universidad Javeriana.

AGRADECIMIENTOS

Llegando el momento de dar nuestro último paso para alcanzar la meta que nos propusimos de formarnos como profesionales de la Ingeniería Industrial, creemos

que es necesario mirar hacia atrás y valorar todo el apoyo y esfuerzo de las personas que de alguna u otra forma estuvieron involucradas en este proyecto.

Principalmente, queremos agradecer a nuestros padres por haber hecho de nosotras, unas personas capaces y perseverantes ante los retos que nos hemos impuesto, para crecer tanto de manera personal como profesional; y por habernos apoyado incondicionalmente en esta importante etapa de nuestras vidas.

Por otra parte, agradecemos al Ingeniero Leonardo Quintana por darnos la oportunidad de participar en este estudio y guiarnos en el desarrollo del mismo; al Ingeniero Daniel Suárez por su disponibilidad para resolver los problemas relacionados con los equipos utilizados y por resolver nuestras dudas. A los jefes del personal del experimento, Rosalba Fino y María Consuelo Ramírez, por colaborarnos con la coordinación de las pruebas con los diferentes trabajadores a su cargo. Asimismo, a los participantes, quienes nos brindaron su tiempo y esfuerzo para completar la información básica para completar nuestro estudio.

Finalmente, debemos reconocer que sin la flexibilidad de los horarios de nuestros trabajos otorgados por nuestros jefes, Patricia Briceño, Luis Enrique Serrano y Gustavo D'Anetra, no habiéramos podido culminar las tareas propuestas. También, estamos muy agradecidas con nuestras compañeras Luisa Fernanda Bayona y Andrea Castellanos (Q.E.P.D), por contar siempre con nosotras para que nuestros estudios tuvieran siempre los mejores resultados.

LISTA DE ABREVIATURAS

AF: Alcance funcional

AHOMB: Ancho de hombros

ALTUR: Altura de apoyo de la fuerza (Halar o empujar)

AM: Alcance máximo

APECH: Ancho del pecho

CM: Centímetros

DIST: Distancia recorrida en un empuje o halamiento

ENVG: Envergadura

FMAX: Fuerza máxima (de empuje o halamiento, dependiendo del caso)

FPROM: Fuerza promedio (de empuje o halamiento, dependiendo del caso)

FREC: Tiempo que se dispone para realizar cada empuje o halamiento

HHOMB: Altura del hombro

HNUD: Altura del nudillo

HROD: Altura de la rodilla

HTRO: Altura trocantérica

KGF: Kilogramo – fuerza

LABRA: Largo antebrazo

LBRA: Largo del brazo

LMANO: Largo de la mano

MT: Metro

MMHG: Milímetros de mercurio

PABD: Profundidad abdominal

PADPROM: Presión diastólica promedio

PAPROM: Presión arterial promedio

PASPROM: Presión sistólica promedio

PMAX: Pulso basal máximo

PPECH: Profundidad de pecho (cm)

PPROM: Pulso basal promedio

FORMATO DE DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE GRADO

AUTOR O AUTORES

Apellidos: DELGADO HENRIQUEZ
Apellidos: BARBOSA QUINTERO

Nombres: NATALIA
Nombres: LUISA FERNANDA

TÍTULOY SUBTÍTULO

DETERMINACION DE LA FUERZA MAXIMA ACEPTABLE PARA EMPUJAR Y HALAR CARGAS POR PARTE DE TRABAJADORES CON EXPERIENCIA PREVIA EN LA MANIPULACION DE CARGAS, EN UNA MUESTRA DEL PERSONAL DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

CIUDAD: BOGOTÁ

AÑO DE ELABORACIÓN: 2004

NÚMERO DE PÁGINAS: 150

TIPO DE ILUSTRACIONES: Gráficos, tablas y diagramas

MATERIAL ANEXO (fotografías, dibujos, cuadros, planos, mapas, otros)
Gráficos, tablas y diagramas

FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA: Industrial

TÍTULO OBTENIDO: Ingeniero Industrial

MENCIÓN (en caso de recibir alguna calificación especial)

DESCRIPTORES (palabras claves que utilizará la Biblioteca para clasificar los temas que trata el Trabajo de Grado)

Ergonomía, Fuerza, Salud Ocupacional, Biomecánica.

Bogotá, Junio 24 de 2004

Señores

BIBLIOTECA GENERAL

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

Ciudad

Estimados Señores:

Autorizo(amos) a los usuarios interesados, consultar y reproducir (parcial o totalmente) el contenido del trabajo de grado titulado **DETERMINACION DE LA FUERZA MAXIMA ACEPTABLE PARA EMPUJAR Y HALAR CARGAS POR PARTE DE TRABAJADORES CON EXPERIENCIA PREVIA EN LA MANIPULACION DE CARGAS, EN UNA MUESTRA DEL PERSONAL DE LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA** presentado por el (los) estudiante(s) Natalia Delgado Henríquez y Luisa Fernanda Barbosa Quintero, como requisito para optar el título de Ingeniero Industrial, en el año 2004, siempre que mediante la correspondiente cita bibliográfica se le dé crédito al trabajo de grado y a su autor.

Natalia Delgado H.
C.C. 42 143 197 de Pereira
Teléfono: 609 22 55

Luisa Fda. Barbosa Q.
C.C. 49790423 de Valledupar
Teléfono: 616 28 52

RESUMEN EJECUTIVO

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es la fuerza máxima aceptable para empujar y halar cargas por parte de trabajadores con experiencia previa en la manipulación de cargas, en una muestra del personal de la Pontificia Universidad Javeriana?

METODOLOGÍA

Población referente. Se contó con la participación de una cantidad determinada de trabajadores con experiencia previa en la manipulación de cargas, asociadas al personal de la Universidad. La naturaleza del cargo desempeñado por estos hombres debía implicar, el desarrollo de labores cotidianas tales como trasteos, empuje de cargas y carretillas, traslado de materiales, limpieza de espacios físicos entre otras actividades. La edad de estas personas osciló entre los 21 y 41 años, y contaban con un nivel de estudios básico (bachillerato).

El proceso se inició con un examen médico que se le practicó a cada participante en las instalaciones del Hospital Universitario San Ignacio. Después se registró la información referente a las medidas antropométricas de cada participante.

Después de registrar la información necesaria total y preparar los implementos se empezaron a realizar las diferentes pruebas de empujar y halar. Durante las pruebas, el computador registraba los datos de las fuerzas ejercidas, percibidas por el dinamómetro, por medio de un programa de captura de datos. El pulsómetro fue conectado previamente al trabajador para el monitoreo del pulso y para controlar que el participante no excediera los límites permisibles. Asimismo, antes y después de cada prueba se tomaron las presiones arteriales iniciales y finales.

Las variables que se consideran independientes son las que controlan el experimento son la frecuencia, la altura y la distancia.

CONCLUSIONES

La fuerza de empuje promedio fue de 11.779 kgf, con una desviación estándar de 3.616 kgf; la fuerza mínima registrada fue de 5.296 kgf y la máxima fue de 18.789 kgf.

La variable significativa para la fuerza de empuje fue la frecuencia, con una significancia de 0.034; en la medida que aumentaba la frecuencia, aumentaba el esfuerzo, por lo que la fuerza promedio de empuje también aumentaba.

El modelo final relacionó, con una significancia de 0.004 y con un 8.3% de exactitud, las variables de la ecuación: $FEPROM = -9.259 + 0.137HHOMB + 1.490FREC$

A partir de las estadísticas descriptivas se concluyó que la fuerza de halar promedio fue de 12.67674 kgf, con una desviación estándar de 3.75060 kgf; la fuerza mínima registrada fue de 6.468 kgf y la máxima fue de 19.822 kgf.

Al realizar el análisis de varianza se encontró una relación existente entre la variable de respuesta de la fuerza de halar, con la frecuencia y la altura, con una significancia de 0.017 y 0.034 respectivamente; por medio las pruebas de homogeneidad se pudo corroborar dicha relación.

Finalmente, el último modelo calculado arrojó una significancia de 0.00, en donde se relacionaron la altura del hombro, el largo del brazo, la altura y la frecuencia, con la fuerza promedio de halar. Como es evidente, este modelo combinó las variables de tal forma que aproximadamente el 33% de los datos podrán ser predichos: $FHPROM = 12.013 - 0.821AHOMB + 0.864LBRA - 1.126ALTUR + 1.695FREC$

0. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, las empresas se han visto en obligadas a percibir a las personas como la base primordial para tener un óptimo funcionamiento, por esto se ha empezado a hacer gran énfasis en las condiciones de trabajo de las mismas, a fin de velar por su seguridad. Es en este momento, en el que la noción de ergonomía comienza a adquirir gran importancia, debido a los beneficios que puede aportar a las tareas diarias del trabajo.

En el ámbito mundial se han realizado diferentes estudios relacionados con la ergonomía y la manipulación de cargas, que han permitido crear estándares y medidas con el fin de disminuir al máximo los riesgos físicos a los que se encuentran expuestos los trabajadores. No obstante, es notoria la falta de información que tienen al respecto, los países subdesarrollados como Colombia.

Por consiguiente, las empresas colombianas se deben basar en estándares internacionales que realmente no les permiten ajustar los puestos de trabajo, de manera satisfactoria, a las necesidades de los trabajadores. Debido a la importancia de la medición y creación de estos estándares, teniendo en cuenta las características particulares de cada población, se llega a la conclusión de que es necesario realizar estudios que planteen modelos predictivos, de tal manera que tanto las empresas colombianas como los organismos de regulación puedan proteger de la mejor manera posible al recurso humano.

Para responder a estas necesidades de información se plantea medir, estudiar y analizar las tareas de halar y empujar en personas con experiencia, para finalmente llegar a constituir un modelo que aumente las oportunidades de mejora de los trabajadores colombianos.

1. TITULO

“Determinación de la fuerza máxima aceptable para empujar y halar cargas por parte de trabajadores con experiencia previa en la manipulación de cargas, en una muestra del personal de la Pontificia Universidad Javeriana”.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1 ANTECEDENTES

2.1.1 Historia de la ergonomía

A pesar de la tardía difusión de la ergonomía en el mundo, se considera que ha existido desde siempre de una manera intuitiva. Se tienen precedentes antiquísimos de los conocimientos de los límites del hombre en la realización de tareas, lo cual es base de la ergonomía.

Existen antecedentes de afecciones oculares parasitarias contraídas por los esclavos de Egipto, en la época de Ramsés II, en donde se escribieron documentos que se referían a mejoras de condiciones laborales en la construcción de monumentos como incentivo a los trabajadores. También en el siglo I A.C, Plinio el Viejo hizo recomendaciones sobre el uso de elementos de protección personal, usando vejigas de animales colocadas delante de la nariz para evitar respirar polvos¹.

El parlamento inglés implementó un reglamento para el trabajo en fábricas a raíz de un estudio realizado en 1705 que estableció la necesidad de una ventilación adecuada en los sistemas de combustión. Al mismo tiempo, Francia realizó una investigación de la epidemiología de las condiciones en sus fábricas, lo cual dio como consecuencia movimientos de protesta que llevaron a que en 1841 se promulgara la ley de regulación del trabajo de los niños.

Más adelante, en 1717 Bernardo Ramazzini, considerado el padre de la medicina ocupacional y de la seguridad industrial realizó el primer trabajo sobre

¹ CORTÉS DÍAZ, José María. Seguridad e Higiene del Trabajo. México: Alfaomega, 2001. p.40

ergonomía, con la publicación de "De Morbis Diatribe"² (Enfermedades de los obreros). En este documento analizó la vida de los obreros, sus patologías y sus carencias con un enfoque preventivo. Además, efectuó recomendaciones a la salud laboral como el descanso para trabajos pesados y prolongados, habló de posturas inconvenientes, inadecuada ventilación, temperaturas extremas, limpieza y ropa adecuada.

Sin embargo, la aparición de la palabra "ergonomía" se dio por primera vez en 1857, cuando Wojciech Bogumil Jastrzebowski publicó un tratado filosófico titulado "An Outline Of Ergonomics or the Science of work based Upon the truths Drawn from de Science of Nature"³.

Por otro lado, la medicina laboral se difundió por todo el mundo a principios de 1900 con la publicación de "Ocupaciones peligrosas" y "Enfermedades Propias de los Oficios" de Sir Thomas Oliver, razón por la cual aparecieron, los grupos médicos dedicados a la especialidad laboral.

En 1919, al celebrarse el Tratado de Paz de Versalles, se creó la Oficina Internacional del Trabajo (OIT), con el fin primordial de proteger al trabajador contra afecciones, enfermedades y lesiones originadas en el desarrollo de su trabajo, aportando de esta manera un servicio de seguridad y prevención de accidentes a los trabajadores en la realización de sus funciones en el lugar de trabajo⁴.

En la misma época, Frederick W. Taylor, padre de la Ingeniería Industrial, aplicó el análisis de tiempos y movimientos, el cual fue el primer método de análisis ergonómico del puesto de trabajo⁵. Asimismo, se originó la Psicología Laboral como ciencia que estudia e investiga al hombre en el trabajo, sus relaciones con

² Ibid. p. 40.

³ <http://www.usc.es/grhe/ergonomia.htm>. Fechas importantes en la historia de la ergonomía. 2002.

⁴ CORTÉS DÍAZ, Op cit. p.40.

⁵ NAVARRETE, Carlos Eduardo. Cátedra de Ingeniería de Métodos y Tiempos. Bogotá, 2002.

los demás y su adaptación al medio laboral.

Se considera que el 12 de julio de 1949 es la fecha oficial del nacimiento de la ergonomía, esto, debido a la fundación de la Human Research Society, que en 1950 se convierte en la primera asociación de ergónomos del mundo: Ergonomics Research Society. En 1955 la EPA (European Productivity Agency) también estableció una sección de Factores Humanos. Por otro lado, en 1957 se funda la International Ergonomics Association (IEA) y en 1988 Se constituye la Asociación Española de Ergonomía (AEE)⁶.

Finalmente, el Instituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional (NIOSH) fue creado por el Acto de Seguridad y Salud Ocupacional de 1970, que también estableció la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA). Aunque NIOSH y OSHA fueron creados por el mismo acto de Congreso, son dos agencias distintas con responsabilidades separadas.

NIOSH es parte del Departamento de Salud y Recursos Humanos (DHHS) de los EEUU y es una agencia de investigaciones. OSHA es parte del Departamento de Trabajo (DOL) de los EEUU y es responsable de crear y cumplir con las reglas de seguridad y salud del lugar de trabajo. NIOSH y OSHA trabajan juntos a menudo para el objetivo común de proteger la seguridad y la salud del trabajador⁷.

2.1.2 Investigaciones realizadas y resultados

Los problemas más comunes de las actividades laborales son: primero, los esfuerzos que deben realizar los trabajadores, que muchas veces son superiores

⁶ <http://www.usc.es/grhe/ergonomia.htm>. Fechas importantes en la historia de la ergonomía. 2002

⁷ <http://www.cdc.gov/spanish/niosh/ab-sp.html>. NIOSH y OSHA: Organizaciones diferentes con misiones distintas. 2002.

a las capacidades que tienen, además de los altos niveles de repetición y de aplicación de fuerza exigidos; segundo, la mayoría de las veces el diseño de los puestos de trabajo es inadecuado; tercero, algunos de los ambientes de trabajo son extremos y por último, las lesiones se vuelven muy comunes en la vida diaria de los trabajadores.

Debido a esto nace el tema de las llamadas condiciones ergonómicas de los trabajadores, y por consiguiente muchos investigadores se vieron en la tarea de diseñar experimentos y estudios que permitieran un mejoramiento de las mismas. Estos estudios han tenido como fin poder definir parámetros que permitan a los empleadores crear procedimientos y normas a fin de mejorar el bienestar de sus trabajadores, y por ende, el suyo también.

En 1964, Caldwell estudió la posición del cuerpo y la fuerza requerida para halar manualmente; utilizó 10 hombres que debieron empujar al máximo por un período de 8 segundos para realizar un test de fuerza. Con los resultados se determinó que la fuerza estática para halar de una persona puede predecir el tiempo de resistencia de la misma, con una razonable confiabilidad.

No obstante, Smith y Edwards indicaron posteriormente (1968) que la resistencia muscular no podía ser predicha por la fuerza estática. Demostraron que existía una correlación pobre entre la fuerza y el entrenamiento anterior y posterior de la resistencia, de manera tanto isométrica como isotónica.

En 1969, Troup y Chapman observaron la máxima fuerza ejercida en la tarea de halar en una muestra de 132 hombres y 98 mujeres. El tiempo de duración fue de un segundo y tuvieron en cuenta tanto posiciones sentadas como paradas; con el fin de ver como se transmitía la fuerza cuando la espina lumbar se encontraba erguida en diferente extensión. Los resultados demostraron que aunque las fuerzas transferidas en ambas posiciones eran de similar magnitud, las personas

que se encontraban sentadas tenían una ventaja mecánica debido a la proximidad de sus miembros.

Asimismo, en 1969, Kroemer midió la fuerza isométrica máxima en el plano horizontal que podía ser ejercida en diferentes posturas comunes de trabajo, usando una muestra de 73 hombres. Al final, se notó que la fuerza sufría un incremento en el primer segundo y luego se mantenía constante hasta que en el último segundo decaía.

Los límites de fuerza del percentil 50 para las tareas de halar y empujar fueron propuestos por Martin y Chaffin en 1972. Las recomendaciones se hicieron con base en una simulación de la fuerza isométrica la cual tomó los datos referidos a la fuerza máxima ejercida por 41 hombres y 48 mujeres.

Posteriormente, en el mismo año, Strindberg y Peterson midieron la fuerza requerida para iniciar un trolley rodante. Se encontró que una persona podía ejercer una fuerza de empuje equivalente hasta del 80% del peso de su propio cuerpo, por lo tanto se concluyó que el peso era uno de los factores más importantes en la tarea de empujar.

En 1974, McDaniel estudió la máxima isométrica de la fuerza ejercida para halar y empujar, en 35 hombres y 11 mujeres. Los efectos del peso y de la posición de los pies en las fuerzas horizontales fueron significantes en ambos géneros.

Por otro lado, Warwick realizó un experimento en 1980, en el cual 29 hombres adultos ejercían fuerzas de halar y empujar en dos alturas diferentes (altura del hombro y altura de la rodilla). Al obtener los resultados se pudo concluir que las fuerzas de halar y empujar se veían modificadas por la altura de la aplicación de la fuerza, así como, por la posición que tomaba la persona. En la misma época, Davis y Stubbs hicieron recomendaciones sobre las fuerzas demandadas en las tareas de halar y empujar. Estas recomendaciones incluyeron la edad de la persona que ejercía la fuerza y la localización de las manos.

En 1983, Ciriello y Snook realizaron un test con 20 mujeres y 10 hombres, con dos distancias diferentes de empuje. Este estudio se dio con el fin de complementar un estudio realizado anteriormente (en 1978) por Snook sobre las capacidades de empuje que poseían ambos géneros. Los resultados mostraron que mientras las fuerzas de los hombres eran altas, las de las mujeres eran menores en general; sin embargo, la fuerza disminuía en ambos con la distancia.

De igual manera, en 1990 Stevenson, J.M., Bryant, French, Thomson, Greehorn, D.R., Andrew G. y J.T. estudiaron los efectos de las diferencias de género, teniendo en cuenta datos básicos como la velocidad, la fuerza y la aceleración. Como resultado se halló que las mujeres gastan menor tiempo halando y mayor tiempo empujando.

Igualmente, en 1993, Ciriello, Hughes y Snook realizaron un nuevo estudio en el cual 6 hombres realizaron tareas de halar, empujar, levantar y bajar cargas. En este estudio determinaron cuál era el máximo peso aceptable para levantar las cargas, y se concluyó que las fuerzas admisibles para halar eran más bajas aparentemente que las aceptables para empujar.

Después, en 1994, Brown, Mital y Foononi-Fard efectuaron un estudio de laboratorio que determinó las respuestas fisiológicas de hombres experimentados en tareas de frecuencias altas. Los datos demostraron que el peso máximo aceptable para levantar y llevar se reducía debido a altas frecuencias.

2 FORMULACIÓN

¿Cuál es la fuerza máxima aceptable para empujar y halar cargas por parte de trabajadores con experiencia previa en la manipulación de cargas, en una muestra del personal de la Pontificia Universidad Javeriana?

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

1 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA Y SOCIAL

Según un estudio realizado por el Ministerio de Trabajo de la República de Colombia sobre los accidentes de trabajo ocurridos en el país y reportados a las ARP en el periodo 1999-2000, se descubrió que en Colombia se reportaron aproximadamente 1600 accidentes de trabajo con consecuencias fatales, y que la

tasa de muerte promedio por accidente de trabajo durante el periodo objeto de estudio fue de 21 por 100.000⁸. Esta cifra, es cinco veces superior a la registrada en EEUU en el periodo 1980 a 1995, y casi el doble que la reportada en España para 1997.

Además, los trabajadores principalmente afectados fueron los hombres y se perdieron por esta causa aproximadamente 48.000 años⁹ de vida potencial. Por otro lado, el principal tipo de exposición peligrosa que generó el evento fue la violencia que contribuyó aproximadamente con la mitad de las muertes (49.3 %), seguido de los accidentes del transporte (25.7%).

Adicionalmente, sólo el 74 % de los reportes presentaban datos que permitían obtener un estimado de costos del accidente mortal, con este registro, se calculó que dichos costos ascendieron en los dos años observados a \$200.000.000.000.

Finalmente, este estudio mostró que las actividades económicas donde se registraron mayor cantidad de muertes fueron las de transporte / almacenamiento y comunicaciones (22.5 %) y las de inmobiliaria/alquiler y otras empresariales (17.5%). Siguen administración pública y defensa (11.1%) y manufactura (9.3%). De las 19 grandes actividades económicas utilizadas por la OIT, estas cuatro agrupan el 60 % del total de muertes en el trabajo en Colombia¹⁰.

Por otro lado, las enfermedades profesionales también son causantes de muchos de los problemas que presentan las empresas hoy en día en cuanto a la salud de sus trabajadores. La exposición a condiciones de trabajo adversas y los ambientes de trabajo mal diseñados contribuyen al incremento de las lesiones profesionales; que finalmente se pueden traducir en una disminución de la eficiencia o de la producción de la empresa, en un aumento de la pérdida de ingresos, de reclamos

⁸ <http://www.mintrabajo.gov.co/>. Ministerio de Trabajo, dependencia de salud ocupacional. "Estudio descriptivo del accidente de trabajo con consecuencias fatales en Colombia". Bogotá, Periodo 1999–2000.

⁹ Ibid.

¹⁰ Ibid.

médicos o de incapacidades.

Quizás la lesión sufrida en el lugar de trabajo de que más se ha hablado en la última década es el síndrome de túnel del carpo y las lesiones relacionadas de la muñeca y la mano. El síndrome de túnel del carpo y sus compañeros (incluyendo, la tendinitis, dedo de gatillo, vibración de la mano y el brazo, entre otras) son parte de un grupo de enfermedades conocidas como trastornos de trauma acumulativo (TTA).

Los TTA son una familia de trastornos de los músculos, tendones y nervios que son causados, acelerados o agravados por movimientos repetitivos del cuerpo, sobre todo cuando también están presentes posturas incómodas, fuerzas altas, esfuerzos de contacto, vibración, o el frío. Los factores de riesgo para los TTA pueden ocurrir en una gran variedad de ocupaciones, entonces, para analizar debidamente y corregir estos factores, es preciso evaluar las tareas relacionadas con el trabajo para cada uno de los factores de riesgo.

En la actualidad, los trastornos de trauma acumulativo son una causa principal de tiempo perdido en muchas industrias en donde se utiliza mucha mano de obra. La aplicación de la ergonomía a los lugares de trabajo puede ayudar al trabajador y a sus empleadores a encontrar el debido equilibrio entre los requisitos de producción y las capacidades de los trabajadores, reduciendo la posibilidad de que los TTA se presenten.

Las lesiones de los trabajadores van desde esfuerzos oculares y dolores de cabeza hasta lesiones osteomusculares, como daños en la espalda, hombros, codos y manos, traumas acumulativos, lesiones de tipo repetitivo y lesiones de miembros superiores. El 30% de las lesiones generales están relacionadas con lesiones osteomusculares. Los desórdenes osteomusculares generan altos costos por pérdidas en productividad, debido a que muchos estudios revelan que las personas sometidas a esfuerzos son más propensas a los desórdenes osteomusculares

(DOM)¹¹.

De acuerdo a los datos mencionados, se puede ver que la considerable cantidad de accidentes de trabajo y de enfermedades profesionales que padecen los trabajadores, los está perjudicando tanto a ellos como a los empleadores; por consiguiente, cada vez se incrementa más la necesidad de realizar estudios que permitan mejorar o al menos mantener las condiciones ergonómicas de los trabajadores y al mismo tiempo, aumentar la productividad de las empresas.

Una de las necesidades primordiales de las empresas es eliminar los altos costos por pérdidas en productividad, los costos de salud (incapacidades e indemnizaciones) y los costos sociales, que deben sobrellevar en la actualidad. Por ende, la inversión en estudios de salud ocupacional se sustentan sobre la base de que se trata de una herramienta que, reduciendo los accidentes de trabajo y las enfermedades profesionales, mejora la productividad y la rentabilidad de las empresas.

No obstante, se debe recordar que aunque muchos estudios se han realizado con el propósito de mejorar las condiciones de los trabajadores, son muy pocos los que se han realizado en Colombia y menos aún los que tienen en cuenta las necesidades de los trabajadores y las industrias colombianas. Entonces, un estudio que tenga en cuenta estas necesidades sería de gran ayuda para las empresas y permitiría una mayor protección de los trabajadores.

2 JUSTIFICACIÓN DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA INGENIERÍA INDUSTRIAL

En la actualidad, las industrias se han visto obligadas a buscar elementos que les permitan ser más competitivas, debido a la gran cantidad de demanda que se presenta en los mercados tanto nacionales, como internacionales. Por esto los

¹¹ QUINTANA, Leonardo. Cátedra de Ingeniería de Seguridad y Medio Ambiente. Bogotá, 2002.

procesos, los métodos y los tiempos de producción deben ser cada vez más eficientes y eficaces, con el fin de alcanzar la máxima productividad.

Para poder llegar a ser la empresa más eficaz, se debe tener un funcionamiento que sea lo más coordinado posible, a fin de cumplir con las metas establecidas. En este proceso de optimización tanto de los procesos como de los recursos (económicos y humanos), los ingenieros industriales entran a jugar un papel muy importante puesto que busca planear, coordinar, liderar y controlar, ambientes eficientes de trabajo, en donde se garantiza la satisfacción de las necesidades y expectativas de los seres humanos.

La idea primordial consiste en crear métodos de trabajo que permitan que los trabajadores puedan ejercer sus funciones de la mejor manera posible, es decir, que puedan trabajar sin hacerse daño y con efectividad. Así, la empresa puede aumentar su productividad y disminuir sus pérdidas económicas.

4. OBJETIVOS

1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la fuerza máxima aceptable para tareas de halar y empujar cargas para trabajadores con experiencia previa en la manipulación de cargas, con el fin de desarrollar modelos de predicción de acuerdo a las capacidades de los trabajadores en Colombia.

2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar la información antropométrica de cada participante del estudio, para poder adecuar los parámetros del experimento y realizar posteriores análisis.
- Realizar la recolección de los datos necesarios en cada una de las tareas, de acuerdo a los parámetros establecidos.
- Evaluar los métodos de trabajo, la frecuencia cardiaca antes y después de las tareas y los datos obtenidos.
- Relacionar las medidas antropométricas con la fuerza máxima aceptable en la manipulación de cargas.
- Comparar los resultados con investigaciones anteriores.
- Presentar y proponer las conclusiones que se crean pertinentes, de acuerdo a los resultados que se obtengan.

5. MARCO TEÓRICO

1 NOCIÓN DE ERGONOMÍA

La necesidad de proteger a los trabajadores, contra las causas de las enfermedades profesionales y los accidentes de trabajo, es una cuestión indiscutible. Estos problemas, que son propios de la legislación laboral, se proyectan en la ergonomía hacia una situación más radical: la adaptación de los métodos, instrumentos y condiciones de trabajo, a la anatomía, la fisiología y la psicología del trabajador.

Evitar el cansancio, ocasionado por la labor desempeñada, impide al trabajador disfrutar de su tiempo libre; suprime el aburrimiento concomitante a una actividad

monótona; proteger a los obreros y empleados contra el envejecimiento prematuro, la fatiga y las sobrecargas, es una tarea extremadamente compleja.

Etimológicamente el término ergonómia se deriva de las palabras griegas *ergos*, trabajo; *nomos* leyes naturales o conocimiento o estudio, literalmente estudio del trabajo¹². La ergonómia, como tal, fue definida en 1961 en la revista internacional del trabajo, como “la aplicación conjunta de algunas ciencias biológicas y ciencias de la ingeniería para asegurar entre el hombre y el trabajo una óptima adaptación mutua con el fin de incrementar el rendimiento del trabajador y contribuir a su bienestar”. Por la definición anteriormente citada, se considera a la ergonómia una tecnología cuyo concepto es la práctica, descripción y terminología de las ciencias aplicadas, que consideran en su totalidad o en ciertos aspectos, poseen un valor comercial. La ergonómia utiliza ciencias como la medicina el trabajo, la fisiología y la antropometría.

La antropometría es el estudio de las proporciones y medidas de las distintas partes del cuerpo humano, teniendo en cuenta la diversidad de medidas individuales en torno al promedio; asimismo, estudia el funcionamiento de las diversas palancas musculares e investiga las fuerzas que pueden aplicarse en función de la posición de diferentes grupos de músculos¹³.

Los objetivos generales de la ergonómia se resumen en la reducción de lesiones y enfermedades ocupacionales, la disminución de los costos por incapacidad de los trabajadores, el aumento de la producción, el mejoramiento de la calidad del trabajo, la disminución del ausentismo, la aplicación de las normas existentes y la disminución de la pérdida de materia prima de las empresas.

¹² ESTRADA MUÑOZ, Jairo. Ergonómia: Introducción al análisis del trabajo. Colombia: editorial Universidad de Antioquia. p. 23.

¹³ MONDELO, Pedro. Ergonómia 1. Barcelona: Alfaomega, 2000. p. 61.

2 ENFOQUES DE LA ERGONOMÍA

5.2.1 Enfoque biomecánico

La Biomecánica es el estudio de los aspectos mecánicos del cuerpo humano¹⁴ que tiene aplicaciones ergonómicas principalmente en los puntos de unión de los segmentos del cuerpo, su musculatura y el vínculo del hombre con su entorno.

El objetivo del enfoque biomecánico es diseñar tareas acordes a la capacidad del sistema músculoesquelético el cual está compuesto por los músculos, tendones y huesos, y cuya función es efectuar los movimientos y esfuerzos necesarios para la vida.

El sistema músculoesquelético es el encargado de garantizar directamente el trabajo físico, en cuanto los demás sistemas no fallen. Los músculos ayudan al corazón en el bombeo de sangre cuando el flujo sanguíneo debe ser muy intenso. Los músculos y los huesos pueden cambiar sus estructuras para adaptarse a las necesidades de la actividad del individuo.

Dempsey (1998) presentó los modelos con dos criterios básicos: el primero, los límites de compresión de la última vértebra lumbar (L4/L5) y primera vértebra sacra (L5/S1); el segundo, son los torques máximos de las articulaciones.¹⁵

Modelo Biomecánico Estático: los modelos estáticos toman como referencia el plano sagital, el cual divide el cuerpo en dos partes, derecha e izquierda (Kapit y Elson, 1993). Uno de los primeros modelos desarrollados por Chaffin (1969) sirvió como base para el desarrollo de modelos subsiguientes. Este

¹⁴ ESTRADA MUÑOZ, Op. cit. p. 133.

¹⁵ QUINTANA, Leonardo. Disertación doctoral. Universidad de Houston, Texas, 1999.

modelo del enfoque biomecánico fue utilizado para analizar los efectos de actividades físicas en el cuerpo humano. Las pruebas de fuerza produjeron la fuerza predicha y un momento que fueron comparados con pruebas de fuerza voluntarias.

Modelo Biomecánico Dinámico: los modelos dinámicos incluyen las fuerzas asociadas con los movimientos de del cuerpo. Estos tienen en cuenta la fuerza inicial y el torque inducido por la aceleración de la carga y divide el cuerpo en segmentos. Los factores que afectan el análisis dinámico son los números de segmentos considerados, la frecuencia de levantamiento, el peso del objeto y tipo de levantamiento. Los modelos biomecánicos dinámicos han sido desarrollados por varios investigadores con el fin de superar algunas de las limitaciones de los modelos estáticos discutidos previamente.

5.2.2 Enfoque fisiológico

La fisiología tiene por objeto el estudio de las funciones de los seres orgánicos y es por ello que se tiene en cuenta el enfoque fisiológico de la ergonomía. Por lo tanto, el enfoque fisiológico está relacionado con los requerimientos de energía de una tarea en particular y el estrés fisiológico del cuerpo asociado a dicha tarea. Se preocupa por la reacción del sistema cardiovascular evaluado a través del pulso, presión sanguínea, consumo de oxígeno y acumulación del ácido láctico. Su finalidad es definir límites basados en variables metabólicas y cardiovasculares para poder establecer capacidades físicas según la tarea determinada.

La actividad física se puede clasificar así:

- Dinámica: Actividad que requiere que un grupo de músculos varíe su longitud cuando son estimulados (caminar, trotar, montar bicicleta y bajar objetos a

una alta frecuencia).

- Isométrica: Actividad que requiere contracción muscular y no cambia de longitud. No se realiza trabajo mecánico debido a que no hay desplazamiento. Puede ser una actividad que demanda energía y llega a fatigar al ejecutante.
- Semidinámica: Actividad que reúne las dos anteriores. En una actividad de este tipo, la respuesta fisiológica del componente isométrico se sobrepone a las condiciones estáticas de la actividad dinámica (levantamientos).

5.2.3 Enfoque psicofísico

El enfoque psicofísico está relacionado con la medición del estrés asociado a las tareas realizadas; y es uno de los diseños más apropiados para establecer capacidades en la manipulación de materiales. El uso de este enfoque en las tareas de levantar, requiere del ajuste del peso de la carga y la frecuencia, relacionadas con la percepción del esfuerzo que se realiza en el ejercicio. Esto se lleva a cabo con el fin de no generarles fatiga o sobreesfuerzo, a los trabajadores, en la ejecución de las tareas de manipulación de cargas. Además, este modelo permite desarrollar líneas guías y pronosticar la fuerza aceptable máxima en las actividades relacionadas al estudio en curso.

Algunos de los parámetros que se tienen en cuenta en dicho enfoque son la frecuencia, la distancia vertical, el punto de inicio y el fin de la carrera, la posición, el tamaño de la carga, la distancia horizontal (carrera), la duración de la actividad y las variables antropométricas.

De acuerdo con Ayoub, este enfoque maneja la relación entre las sensaciones y los estímulos físicos del ser humano. Borg y Eiler (1962) encontraron que la percepción del esfuerzo muscular y la fuerza, obedecen a la función psicofísica, donde la magnitud de la sensación crece como el impulso de un estímulo.

Además, Snook (1978) demostró que la psicofísica se puede aplicar para la resolución de problemas en diferentes áreas¹⁶.

Recientes estudios han concluido que la fuerza máxima aceptable proporciona una medida en la cual se integran fuentes biomecánicas y fisiológicas de estrés. (Ciriello, Snook y Huges; Waters, Putz-Anderson, Garg and Fine; 1993)¹⁷.

NIOSH creó un comité *ad hoc* de expertos, quienes verificaron la literatura de numerosos estudios acerca de la reducción y prevención de las lesiones en la parte inferior de la espalda. (Waters, Putz-Anderson, Garg and Fine; 1993)¹⁸.

3 MANIPULACIÓN DE MATERIALES

Para hablar de la manipulación de materiales es necesario enmarcarlo en el concepto de sistema. Un sistema es la agrupación de partes o entidades que operan en conjunto por un mismo objetivo. El manejo manual de cargas es un sistema cerrado que le permite una retroalimentación constante.

Para el diseño eficiente de un sistema de manipulación de cargas es necesario tener en cuenta los componentes de un sistema de trabajo: 1) el trabajador o usuario, 2) la tarea o proceso y 3) el ambiente.

Componentes del Trabajador: estos componentes comprenden todos los elementos que definen o describen la capacidad de una persona cuando está trabajando.

- *Edad*: se considera que la capacidad de trabajo de una persona decrece después de los 20 años de edad. Frecuentemente, a los trabajadores de mayor

¹⁶ AYOUB, M.M and MITAL, Anil. Manual Material Handling. Londres: Taylor and Francis, 1989. p. 116.

¹⁷ Ibid. p. 117.

¹⁸ Ibid. p. 118.

edad, no se les permite realizar trabajos relacionados con la manipulación de cargas, y esto, es un criterio válido en el momento de ubicar los empleados. Es posible que la alta tasa de lesiones en la espalda en trabajadores cuya edad oscila entre los 30 y 50, sea debido a la combinación de sobrecargar a los trabajadores jóvenes inexpertos y proteger en exceso a los mayores (Herndon, 1927; Hult, 1954; Kosiak, 1968). En todo caso se debe tratar la edad como un factor de riesgo potencial, especialmente para trabajadores mayores de 50 años.

- *Género*: es la característica más importante del trabajador y que divide su población dadas las marcadas diferencias antropométricas y entre las variables biomecánicas y fisiológicas. Se ha demostrado que el máximo peso aceptable de la mujer es aproximadamente dos veces menor que la del hombre (Ciriello y Snook, 1983) y la fuerza de la mujer es considerada dos tercios de la del hombre (Doelen, 1981). En actividades de empujar y halar la fuerza de la mujer varía entre un 60% y 70% con respecto a la fuerza de empuje de los hombres y entre 90% y 100% para halar (Snook, 1978).
- *Peso corporal*: este es un componente determinante en la capacidad de trabajo de una persona. En la medida en que el peso corporal aumenta, así mismo lo hace el gasto metabólico de energía (Wyndham et al., 1963; Kamon y Belding, 1971; Garg, 1976), es decir, que una persona más pesada se estresa más, físicamente, que una persona que no lo es.

$$\text{Índice de masa corporal} = \frac{\text{Peso del individuo}}{\text{Estatura}^2}$$

- *Antropometría*: así como se ha definido, las variables antropométricas describen el físico del trabajador, proporcionan indicaciones de su capacidad de trabajo y determinan las dimensiones de las herramientas y equipos que se relacionan

con sus tareas y el espacio del lugar de trabajo.

- *Resistencia estática y dinámica:* casi todas las actividades de manipulación de materiales requieren la combinación de fuerzas estática y dinámica. La resistencia estática se ve influenciada por la postura (Lind et al., 1978; Warwick et al., 1980), duración del esfuerzo y tipo de tarea; y la resistencia dinámica se afecta por el consumo de oxígeno y la frecuencia cardíaca.
- *Fuerza:* el hecho de que una persona emplee fuerza dinámica y/o estática es hoy una medida de las más aceptadas para determinar la capacidad de trabajo de esta. Las fuerzas isométricas (estáticas) del hombro, la pierna y espalda, han sido usadas para estimar las capacidades para empujar y halar (Ayoub y McDaniel, 1974).
- *Entrenamiento y Experiencia:* es razonable decir que la preparación o capacitación de los trabajadores evita y reduce su exposición a los accidentes laborales y hace que puedan sobrevivir a ellos. Mital y Manivasgan (1983) determinaron que el trabajador industrial masculino con experiencia, puede en promedio trabajar con un peso de 6 kg más que el que no tiene experiencia.
- *Factores psicológicos:* los factores psicológicos pueden generar efectos tanto positivos como negativos en el máximo desempeño muscular (Kroemer y Marras 1981) y en la capacidad psicofísica asociada a la manipulación de materiales.

Componentes de la Tarea: son los componentes de la tarea los que definen y describen las actividades comprendidas en el manejo manual de materiales.

- *Frecuencia:* se relaciona con las tareas repetitivas. Los enfoques psicofísicos y fisiológicos son los usados para investigar los efectos de este tipo de tareas.

Estudios han demostrado que el gasto metabólico aumenta en la medida en que se incrementa la frecuencia o la marcha en la que se realiza una tarea (Garg, 1976; Ayoub, 1977).

- *Duración de la Tarea:* de la resistencia depende por cuanto tiempo pueda una persona desempeñar una tarea manual determinada. Algunos estudios han mostrado que en la medida en que la duración de la tarea incrementa, así mismo lo hace el nivel de energía gastada.
- *Tamaño del objeto:* de los pocos estudios realizados donde se tomó en cuenta el volumen del objeto en manipulación, se concluyó que su tamaño hace diferencia dependiendo del criterio de medición que se utilice.
- *Forma del objeto:* Haisman (1972) reportó que la energía metabólica gastada por los individuos está influenciada por la forma del agarre del carro que deben empujar.
- *Peso del objeto / fuerza aplicada:* la magnitud del peso que puede ser manipulado o la fuerza ejercida, de una forma prolongada, determina la capacidad del individuo en tareas de manipulación de materiales.
- *Distribución y estabilidad de la carga:* este componente afecta la ubicación del centro de gravedad de los objetos manipulados asimétricos, u objetos containeres llenos de líquido. Si las cargas no se encuentran balanceadas o distribuidas uniformemente, se dificultará su empuje y halamiento.
- *Altura de empuje o halamiento:* el esfuerzo de los individuos varía de acuerdo a la altura a la que deben ejercer una fuerza, se incrementa al aumentarla cuando se trata de empujar, pero disminuye cuando se trata de halar.

- *Geometría del lugar de trabajo:* la geometría del lugar de trabajo debe contribuir a disminuir los accidentes laborales, colaborando a las posturas y libre movimiento de los trabajadores en su espacio de trabajo.
- *Distancia de arrastre:* es relevante en actividades de empujar y halar cargas. El peso máximo aceptable decrece con la distancia de la carrera, y aumenta el ritmo de trabajo.
- *Postura:* es la configuración que el cuerpo asume para iniciar una actividad (y durante su ejecución). La postura de la persona depende del material con el que se trabaja, por lo cual también depende del tipo de tarea.

Componentes del medio ambiente: las características de sistemas de manejo manual de materiales que definen o influyen las condiciones físicas de trabajo, son consideradas los componentes del medio ambiente.

- *Temperatura y Humedad:* la combinación de la temperatura del aire, velocidad, humedad relativa y el calor radiante afectan el comportamiento fisiológico y sociológico de una persona.
- *Altitud:* al elevarse disminuye el oxígeno. La capacidad de las personas, independientemente del tipo de tarea que realicen, disminuye debido a la deficiencia de oxígeno en el lugar de trabajo. Un individuo consume cerca de 250 ml de oxígeno por minuto cuando se encuentra en reposo, y hasta 2 litros cuando esta efectuando un trabajo pesado. Es fácil ver como la carencia de oxígeno aumenta la frecuencia cardiaca y respiratoria, ocasionando un agotamiento más rápido y una reducción en el desempeño.

6. METODOLOGÍA

1 DISEÑO EXPERIMENTAL

A partir de los experimentos de empujar y halar diseñados por Schulze y Quintana en 1998, se desarrolló un procedimiento con el fin de alcanzar el objetivo fundamental del estudio, apoyándose en los elementos proporcionados por el Laboratorio de Ergonomía de la Pontificia Universidad Javeriana.

- Lugar. El estudio se realizó en las instalaciones de la Universidad, en el sótano 3 del edificio de parqueaderos; debido a que partir de estudios realizados anteriormente se determinó que éste era el lugar más propicio, teniendo en cuenta las condiciones ambientales requeridas para el estudio.

Tabla 1. Condiciones ambientales del lugar del experimento

CONDICIÓN AMBIENTAL	PARÁMETRO
Altura (Mts)	2600
Coefficiente de fricción	0.415
Iluminación (Lux)	11 – 200
Ruido (db – A)	71

Fuente: Las autoras

- Población referente. Se contó con la participación de una cantidad determinada de trabajadores con experiencia previa en la manipulación de cargas, asociadas al personal de la Universidad. La naturaleza del cargo desempeñado por estos hombres debía implicar, el desarrollo de labores cotidianas tales como trasteos, empuje de cargas y carretillas, traslado de materiales, limpieza de espacios físicos entre otras actividades. La edad de estas personas osciló entre los 21 y 41 años, y contaban con un nivel de estudios básico (bachillerato)
- Tamaño de la muestra. Buscando una confiabilidad del 95% en los resultados de las pruebas, el número de participantes fue determinado con la función normal y la siguiente ecuación¹⁹:

$$n = \frac{(Z_{\alpha/2})^2 \times \sigma^2 \times N}{e^2 \times (N-1) + (Z_{\alpha/2})^2 \times \sigma^2}$$

Donde

$$e = 0.1 \times \bar{X}$$

Z : número equivalente al nivel de significancia en la tabla de Distribución normal

$$Z = 1.96$$

$\alpha/2$: nivel de significancia

$$\alpha = 0.05$$

¹⁹ CUERVO, Carlos Alberto y SARMIENTO, Andrea. Determinación de la fuerza máxima aceptable para empujar y halar cargas por parte de féminas con experiencia previa en la manipulación de cargas en Bogotá. Bogotá, 2002, 26 p. Trabajo de grado (Ingeniero Industrial). Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería.

σ = desviación estándar tomado de los estudios realizados por Quintana (1999), el cual corresponde a 1.96.

N : número total de eventos. Para calcularlos se tuvieron en cuenta las variables de control y sus diferentes estados: tres alturas (ALTUR1, ALTUR2 y ALTUR3), dos distancias (DIST1 Y DIST2) y dos frecuencias (FREC1: 2 eventos por minuto. FREC 2: 4 eventos por minuto); asimismo se tuvo en cuenta que la duración de la prueba fue de 20 minutos.

$$N = [(3 \text{ alturas} \times 40 \text{ registros}) + (3 \text{ alturas} \times 80 \text{ registros})] + [(2 \text{ distancias} \times 40 \text{ registros}) + (2 \text{ distancias} \times 80 \text{ registros})]$$

Donde se obtiene que N = 600 eventos y n = 11 participantes (resultados de remplazar los datos anteriormente descritos en la primera fórmula planteada).

Aunque, inicialmente se contaba con 13 participantes, al momento de realizar esta cuarta sesión del estudio, el número de la muestra se redujo a 9 voluntarios, ya que tres de ellos se retiraron antes de dar por iniciada la sesión, y el último comenzó con la toma de datos pero decidió no volver. La muestra se vio reducida, ya que los participantes no podían ser reemplazados por personas que no estuvieran involucrados en el estudio desde la primera sesión.

- Toma de datos. Antes de iniciar el proceso de toma de datos, los posibles participantes fueron instruidos acerca del experimento y se les presentó el protocolo del estudio, a fin de que emitieran el concepto necesario (Ver anexo A). Posteriormente, después de obtener la debida autorización, el proceso se inició con un examen médico que se le practicó a cada participante en las instalaciones del Hospital Universitario San Ignacio. En este examen se evaluaron los aspectos ocupacionales (evaluación de deficiencias osteomusculares, respiratorias o cardíacas) que pudieran impedir el desarrollo normal de los experimentos a realizar por parte de los

trabajadores.

Después se registró la información referente a las medidas antropométricas²⁰ de cada participante (Ver anexo B y C), con el fin de obtener una base de datos que permitiera un mejor análisis (Ver anexo D):

- Edad (años)
- Estatura (cm)
- Peso (Kg)
- Presión arterial (mmHg)
- Pulso basal (pulsaciones por minuto)
- Fuerza de agarre residual (KN)
- Envergadura (cm)
- Alcance Máximo (cm)
- Altura del hombro (cm)
- Alcance Funcional (cm)
- Altura Trocantérica (cm)
- Altura del nudillo (cm)
- Altura de la rodilla (cm)
- Largo del Brazo (cm)
- Largo Antebrazo (cm)
- Largo de la Mano (cm)
- Profundidad de Pecho (cm)
- Profundidad Abdominal (cm)
- Ancho del Pecho (cm)
- Ancho de hombros (cm)

Después de registrar la información necesaria total y preparar los implementos, el espacio físico y coordinar los horarios de las pruebas (Ver anexo E), se empezaron a realizar las diferentes pruebas de empujar y halar. Durante las

²⁰ QUINTANA, Leonardo. Cátedra de Ingeniería de Métodos: Laboratorio de Antropometría. Bogotá, 2002.

pruebas, el computador iba registrando los datos de las fuerzas ejercidas por los participantes, percibidas el dinamómetro; por medio de un programa de captura de datos.

El pulsómetro fue conectado previamente al trabajador, de tal manera que el pulso fue monitoreado durante todo el proceso para controlar que el participante no excediera los límites permisibles (Ver anexo F), calculados de acuerdo a un análisis de comodidades e incomodidades en el cuerpo de los trabajadores (Ver anexo G).

Asimismo, antes y después de cada prueba se tomaron las presiones arteriales iniciales y finales; y finalmente en el momento de realizar la prueba, se hizo uso de una grabadora con el *compact disc* que emitía el comando de empujar y/o halar según el caso, teniendo en cuenta la frecuencia requerida.

2 VARIABLES INDEPENDIENTES DEL EXPERIMENTO

Las variables que se consideran independientes son las que controlan el experimento son la frecuencia, la altura y la distancia. Los valores que se tomarán para cada una de ellas, son determinados por el diseño realizado Quintana en 1999.

6.2.1 Frecuencia

La frecuencia se refiere el tiempo que dispone cada trabajador para realizar un empuje o halamiento.

- Frecuencia 1: Dos empujes y/o halamientos por minuto, es decir, una acción

cada 30 segundos.

- Frecuencia 2: Cuatro empujes y/o halamientos por minuto, es decir, una acción cada 15 segundos.

6.2.2 Altura

La variable de altura se refiere al lugar de apoyo, que utiliza el trabajador para realizar la tarea de halar o empuja, calculadas con el percentil 95.

- Altura 1: Empujar y/o halar tomando como apoyo la distancia que hay desde el piso hasta los nudillos (73.8 cm).
- Altura 2: Empujar y/o halar tomando como apoyo la distancia que hay desde el piso hasta la cintura (103 cm).
- Altura 3: Empujar y /o halar tomando como apoyo la distancia que hay desde el piso hasta la altura del hombro (145.5 cm).

6.2.3 Distancia

El parámetro de la distancia indica la cantidad de metros que el trabajador debe recorrer en un empuje o halamiento.

- Distancia 1: El participante recorre una distancia de 10mts empujando y/o halando el carro con la carga.

- Distancia 2: El participante recorre una distancia de 15mts empujando y/o halando el carro con la carga.

Aunque inicialmente se determinó que la distancia 2 sería de 20 mts, debido a las restricciones del lugar del experimento, esta debió ser reducida a 15 mts, después de consultar a los dirigentes del estudio.

3 ANÁLISIS DE DATOS

Después de obtener los datos básicos de cada prueba, la fuerza ejercida (de empuje o halamiento), el pulso basal, y la presión arterial sistólica y diastólica; se inició el proceso de depuración de la información innecesaria. Por una parte, los datos referentes a la fuerza ejercida fueron limpiados, eliminando los datos que no reflejaban acción alguna. Posteriormente fue calculado el valor promedio y se extrajo el máximo registro de esta variable independiente. También, se siguió este último procedimiento con la variable independiente del pulso basal.

Por otra parte, las presiones arteriales sistólica y diastólica fueron integradas en una sola variable independiente, llamada presión arterial, tomando los valores promedio y teniendo en cuenta las siguientes ecuaciones proporcionadas por el Centro de Estudios de Ergonomía:

$$PAPROM = PADPROM + 1/3 \text{ PRESIÓN DEL PULSO}$$

Donde $\text{PRESIÓN DEL PULSO} = PASPROM - PADPROM$

Entonces $PAPROM = PADPROM + 1/3 (PASPROM - PADPROM)$

Considerando que todas las pruebas fueron realizadas por todos los participantes de manera aleatoria, permitiendo observar más de una vez a cada participante y combinando los diferentes factores como se observa en la tabla 2; se realizó un análisis Inter Sujetos

Tabla 2. Diseño Experimental Inter Sujetos

FACTORES	A₁	A₂
B₁	S ₁ ...S ₁₀	S ₁ ...S ₁₀
B₂	S ₁ ...S ₁₀	S ₁ ...S ₁₀

Mediante un Análisis de la Varianza (ANOVA) según el modelo de Myers (1972), técnica que fue usada por investigadores como Ayoub (1978), Mital (1980) y Schulze (1989), quienes realizaron exitosamente el análisis de interacciones entre las variables, se realizó el estudio de los datos obtenidos, que se comportaran de acuerdo a la distribución normal.

La normalidad de los datos fue verificada realizando la prueba de *Kolmogorov – Smirnov*, que compara una función de distribución acumulativa observada a una distribución acumulativa teórica, en este caso esta distribución teórica fue la normal. Además los resultados de esta prueba de normalidad fueron verificados de manera gráfica a través de histogramas y de la gráfica de la probabilidad normal.

En caso de que la distribución analizada no se comportara de manera normal, se procedió a realizar dos tipos de pruebas no paramétricas, *Mann – Whitney* para dos muestras (FREC y DIST) y *Kruskal – Wallis* para muestras superiores a dos (ALTUR), que al igual que el ANOVA evidencian la significancia de cada variable independiente con respecto a las variables de respuesta.

Asimismo, se analizaron las relaciones de las variables independientes con las diferentes variables de respuesta y se utilizaron las pruebas de homogeneidad (*Tukey y Student – Newman – Keuls*) para corroborar los resultados arrojados por ANOVA o sus semejantes.

A partir de los resultados obtenidos, y considerando las variables significativas en el comportamiento de la variable de respuesta, se crearon modelos de predicción, por medio de regresiones lineales, que también tuvieron en cuenta los datos antropométricos de los participantes, con el objetivo de que el modelo final fuera lo más acertado posible. Lo que permitió crear las ecuaciones con las diferentes variables independientes que realmente predecían el proceder de las diferentes variables de respuesta (Fuerza de halamiento o empuje, pulso basal y presión arterial)

Finalmente, se efectuó un análisis de correlación de *Pearson*, a fin de mostrar la fuerza que tenían las variables independientes sobre las variables de respuesta y sus respectivos coeficientes²¹.

Para un mejor entendimiento del proceso de análisis de datos, remitirse al anexo H que describe en un diagrama básico el flujo de las diferentes pruebas realizadas.

4 RECURSOS UTILIZADOS

A continuación se presenta la tabla resumen del presupuesto global del proyecto.

²¹ WALPOLE, Ronald y MYERS, Raymond. Probabilidad y Estadística. Cuarta Edición. México: Mc Graw Hill, 1992. p. 408 – 415.

Tabla 3. Presupuesto global del experimento

RECURSO	VALOR
Personal	\$ 7.160.680
Equipo	\$ 6.763.350
Depreciación	\$ -375.000
Materiales	\$ 3.381.675
Otros (Software, bibliografía,...)	\$ 5.636.125
TOTAL	\$ 22.566.830

Fuente: Centro de estudios de ergonomía.

6.4.1 Recursos físicos

Los recursos físicos contenidos en el anexo I, incluyen los aparatos electrónicos, manuales y de medición en general, así como los accesorios para analizar los datos y elaborar el documento

6.4.2 Recursos humanos

Los recursos humanos involucrados en este proyecto están detallados en el J.

7. RESTRICCIONES

La disponibilidad de los trabajadores fue una de las restricciones más importantes, puesto que esta era de una hora diaria y generó inconvenientes de horarios, que se convirtieron en demoras en el proceso de recolección de datos, y por lo tanto, del análisis de los mismos. Además las horas libres que tenían los operarios se cruzaron con los horarios de clases y laborales.

Por otro lado, los trabajadores eran voluntarios, por lo que algunos se retiraron del estudio y otros por no tener un compromiso con este, dejaban de asistir a algunas pruebas. Adicionalmente, los días donde aumentaba trabajo, en especial después de los lunes festivos, se presentaron retrasos por impuntualidad, lo que disminuía la eficiencia de la toma de datos y una mayor demora.

Simultáneo a este proyecto, se realizaron otros experimentos relacionados con el área de ergonomía, lo cual hizo escasas las herramientas de investigación, y propició una recaudación en los horarios por lo que nuevamente se vio afectado el cronograma planeado.

Otras restricciones fueron evidenciadas durante el desarrollo de las pruebas así como el mal funcionamiento y reemplazo del software utilizado para la captura de datos; el incorrecto reconocimiento de los datos registrados por el dinamómetro y su continua calibración; el equipo de almacenamiento de los datos se averió en diferentes oportunidades y su reparación era responsabilidad de un empleado de la universidad que no tenía una disposición inmediata, como tampoco pertenecía al equipo del Centro de Estudios de Ergonomía. Los anteriores fueron causales de numerables demoras, retrabajos y pérdida de tiempo y esfuerzo que afectaron el normal desempeño del trabajo.

Finalmente, durante el análisis de los datos, se pudo observar que las condiciones en las que se llevó a cabo el experimento, no fueron las más favorables ya que los resultados se vieron afectados por variables que no se habían tenido en cuenta en el diseño del mismo. La luz no fue la adecuada porque era la ofrecida por una planta para parqueaderos y no la necesaria para realizar este tipo de tareas. La temperatura era baja, el piso era peligroso, el ruido, la vibración y tráfico fueron los concernientes al lugar donde se realizaron las pruebas que no son características del ambiente en el que se ejecutan las tareas de halar y empujar.

8. RESULTADOS Y ANÁLISIS

A continuación se mostrarán los resultados obtenidos durante las pruebas (Ver anexos K y L) y los respectivos análisis estadísticos realizados con el objetivo de crear los modelos de predicción que relacionan las variables de respuesta (Fuerza de halamiento o empuje, el pulso basal y la presión arterial) con las variables de control (Frecuencia, altura, distancia y variables antropométricas).

1 TAREA DE EMPUJAR.

8.1.1 Variable de respuesta fuerza de empuje

De acuerdo a las estadísticas descriptivas calculadas en el programa SPSS, la fuerza de empuje promedio es de 11.779 kgf, con una desviación estándar de 3.616 kgf; la fuerza mínima registrada fue de 5.296 kgf y la máxima fue de 18.789 kgf. Esto muestra que la línea de tendencia central se encuentra alrededor de 11.8 kgf y determina que hay una dispersión de 3.616 kgf.

8.1.1.1 Pruebas de normalidad

Antes de iniciar el Análisis de Varianza, es necesario realizar el *test* de *Kolmogorov – Smirnov*, con el fin de determinar si la distribución observada en la toma de datos se comporta de manera similar a la distribución normal. En este caso se utilizó esta prueba para comparar los datos observados con los datos de una distribución normal típica, con un nivel de significancia del 95%. Como se observa en la tabla 4, la significancia es mayor a 0.05 por lo cual se puede afirmar que efectivamente la variable de respuesta fuerza de empuje se comporta de manera normal.

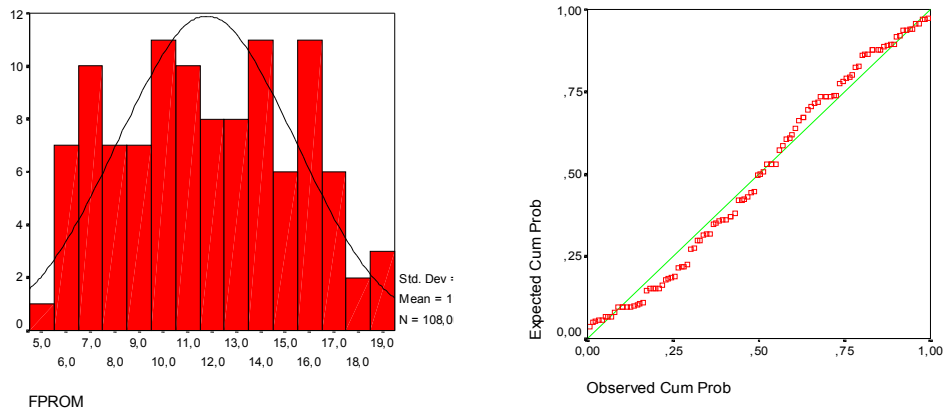
Tabla 4. *Test de Kolmogorov – Smirnov* para la fuerza de empuje promedio

		FPRM
Diferencia más extrema	Absoluta	0,071
	Positiva	0,071
	Negativa	-0,065
Kolmogorov – Smirnov Z		0,742
Significancia		0,641

Fuente: Las autoras

Lo anterior se puede confirmar gráficamente al observar la figura 1, que muestra que la mayoría de los datos se encuentran por debajo de la curva normal.

Figura 1. Histograma y gráfica de probabilidad normal de la fuerza promedio de empuje



Además, la grafica de probabilidad normal, muestra que los puntos se encuentran ubicados de manera cercana a la línea recta de tendencia, evidenciando una ausencia de efectos²².

8.1.1.2 Análisis de varianza (ANOVA)

En la tabla 5, se analizan los efectos de las fuentes (variables dependientes) en el modelo que se va a crear. En las diferentes columnas se indican: la suma de los cuadrados de tipo III, para cada efecto; los respectivos grados de libertad; la media cuadrática, calculada dividiendo la suma cuadrado del error por el valor de los grados de libertad; y finalmente la significancia, la cual indica si la fuente es significativa, para esto debe ser menor a 0.05. En este caso, la variable de frecuencia presenta una significancia de 0.034, por lo que influye en el comportamiento de la fuerza de empuje.

Tabla 5. ANOVA para la fuerza de empuje promedio

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS TIPO III	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA CUADRÁTICA	SIGNIFICANCIA
FREC	59,969	1	59,969	0,034
DIST	5,181	1	5,181	0,529
ALTUR	12,068	2	6,034	0,629
FREC*ALTUR	43,073	2	21,537	0,195
FREC*DIST	9,024	1	9,024	0,406
ALTUR*DIST	14,844	2	7,422	0,566
FREC*ALTUR*DIST	11,047	2	5,524	0,654
ERROR	1243,711	96	12,955	
TOTAL	16384,186	108		
TOTAL CORREGIDA	1398,918	107		

Fuente: Las autoras

²² DEVORE, Jay L. Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. Cuarta Edición. México: International Thompson Editores, 1998. p 443.

8.1.1.3 Pruebas de homogeneidad

Tabla 6. Pruebas de homogeneidad para la variable de altura, con respecto a la fuerza de empuje

	ALTUR	SUBCONJ.
		1
Student – Newman – Keuls	3	11,51217
	2	11,57514
	1	12,25067
	Sig.	0,660
Tukey	3	11,51217
	2	11,57514
	1	12,25067
	Sig.	0,660

Fuente: Las autoras

Aunque esta prueba no puede ser realizada, para las variables independientes frecuencia y distancia, debido a que únicamente varían en dos grupos diferentes, es útil realizarla para la variable altura, que varía en tres grupos; con el fin de determinar si tiene algún efecto sobre la fuerza ejercida al empujar. Como se observa en la tabla anterior, en este caso la altura no se presenta más de un subconjunto, por lo se prueba que realmente no hay efecto significativo; por lo tanto esta variable es omitida en el modelo final y reafirma lo encontrado en el ANOVA.

8.1.1.4 Análisis de Correlación

De acuerdo al análisis de correlación de *Pearson* realizado (Ver anexo M), las variables independientes y/o antropométricas que tienen una relación fuerte y directa con respecto a la fuerza de empuje promedio son la estatura, la altura del hombro y la altura trocántérica. Esto se puede explicar, teniendo en cuenta que

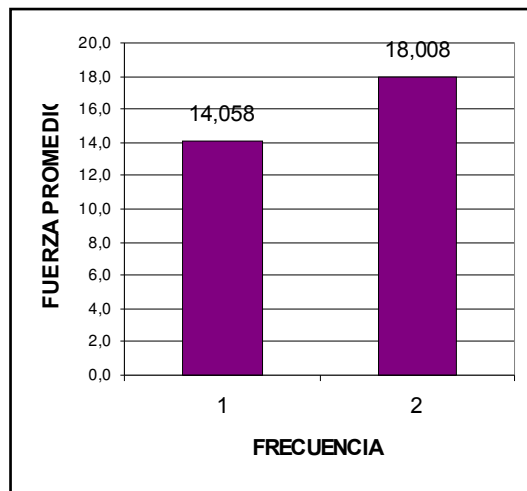
estas son partes involucradas en el movimiento ejercido durante las pruebas.

8.1.1.5 Relación de la variable de respuesta con las variables de control

En la tabla 64 del anexo N, se ordenaron las fuerza promedios ejercidas en las diferentes pruebas de manera descendente, con el objetivo de graficar las diferentes combinaciones, para poder determinar la relación entre la variable de la fuerza de empuje y las variables de control.

Frecuencia

Figura 2. Comportamiento de la fuerza de empuje promedio con respecto a la frecuencia

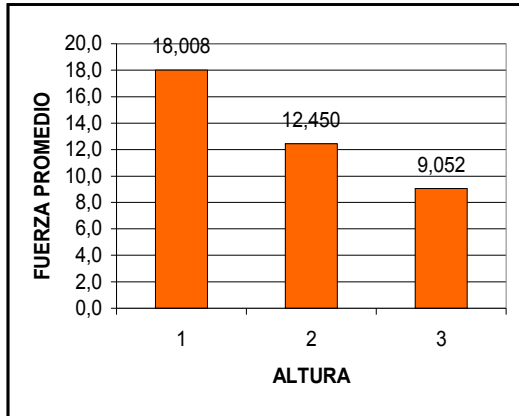


Como se observa en esta figura, a medida que aumenta la frecuencia, se requiere de un mayor esfuerzo, por lo que la fuerza promedio de empuje aumenta. Cuando se realizan dos empujes por minuto, la fuerza promedio es de 14.058 kgf; mientras

que cuando son cuatro empujes por minuto es de 18.008 kgf.

Altura

Figura 3. Comportamiento de la fuerza de empuje promedio con respecto a la altura

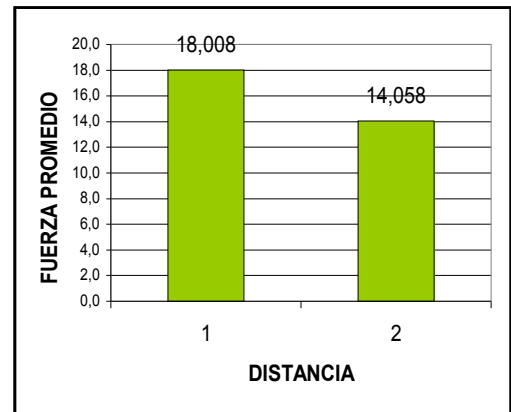


Al graficar el comportamiento de la fuerza promedio versus la altura, se puede observar en la figura, que a medida que disminuye la altura de apoyo, la fuerza de empuje promedio decrece.

Distancia

Figura 4. Comportamiento de la fuerza de empuje promedio con respecto a la distancia

La figura permite observar la variación de la fuerza promedio de empuje al someterla a diferentes distancias de recorrido, incrementa en la medida en que la distancia es más corta.



8.1.1.6 Modelo de predicción

Regresión con respecto a las variables de control

Se realizó una regresión lineal por el método *Stepwise*, que consiste en analizar las variables independientes significativas paso a paso, obteniendo una secuencia de modelos, donde el último modelo, es el óptimo. La tabla 7 exhibe el coeficiente de terminación del modelo y su grado de ajuste, así como el error del mismo. Es de resaltar, que el porcentaje de exactitud (R^2) que se está tomando es el ajustado, puesto que se quiere saber realmente qué tan eficiente es el modelo. También es evidente la suma y promedio de cuadrados y la significancia que debe ser menor a 0.05 para que el modelo sea válido.

Como se puede observar, la significancia de este modelo, basado en la importancia de la relación de la fuerza de empuje con la frecuencia es de 0.032 con un porcentaje de certeza de un 3.4%.

Tabla 7. Regresión lineal de la fuerza de empuje con respecto a las variables independientes

MODELO	R	R ²	R ² AJUSTADA	ERROR ESTIMADO
1	0,207	0,043	0,034	3,55409

MODELO	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA CUADRÁTICA	F	SIGNIFICANCIA
1 Regresión	59,969	1	59,969	4,748	0,032
Residual	1338,949	106	12,632		
Total	1398,918	107			

Modelo 1 (Constante), FREC
Variable dependiente: FPROM

Fuente: Las autoras

Con los coeficientes arrojados por la regresión contenidos en la tabla 8, se

construye el siguiente modelo:

$$\text{FEPROM} = 9.544 + 1.490\text{FREC}$$

Tabla 8. Coeficientes del modelo de la fuerza de empuje con respecto a las variables independientes

MODELO	PARAMETROS	
	B	ERROR ESTANDAR
1 (Constante)	9,544	1,081
FREC	1,490	0,684

Variable dependiente: FEPROM

Fuente: Las autoras

Regresión con respecto a las variables antropométricas

Se realizó una regresión lineal con el fin de analizar las variables antropométricas con respecto a la variable independiente. Los resultados obtenidos, son los que se encuentran descritos en la tabla 9, donde la significancia del modelo es de 0.012. El modelo deja ver la estrecha relación que existe entre la fuerza de empuje promedio y la altura del hombro, con un porcentaje de certeza del 4.9%.

Tabla 9. Regresión lineal de la fuerza de empuje con respecto a las variables antropométricas

MODELO	R	R ²	R ² AJUSTADA	ERROR ESTIMADO
1	0,240	0,057	0,049	3,52696

MODELO	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA CUADRÁTICA	F	SIGNIFICANCIA
1 Regresión	80,336	1	80,336	4,580	0,012
Residual	1318,581	106	12,439		
Total	1398,918	107			

Modelo 1 (Constante), HHOMB
Variable dependiente: FPROM

Fuente: Las autoras

Tabla 10. Coeficientes del modelo de la fuerza de empuje con respecto a las variables antropométricas

MODELO	PARÁMETROS	
	B	ERROR ESTÁNDAR
1 (Constante)	-7,024	7,407
HHOMB	0,137	0,054

Variable dependiente: FPROM

Fuente: Las autoras

De acuerdo a la tabla anterior, la ecuación resultante es:

$$\text{FEPROM} = -7.024 + 0.137\text{HHOM}$$

Regresión con respecto a todas las variables

Con el fin de establecer el mejor modelo predictivo posible, se realizó una regresión lineal donde se integraran todas las variables involucradas en el experimento con relación a la fuerza de empuje promedio.

Tabla 11. Regresión lineal de la fuerza de empuje con respecto a las variables totales

MODELO	R	R ²	R ² AJUSTADA	ERROR ESTIMADO
1	0,240	0,057	0,049	3,52696
2	0,316	0,100	0,083	3,46219

MODELO	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA CUADRÁTICA	F	SIGNIFICANCIA
1 Regresión	80,336	1	80,336	6,458	0,012
Residual	1318,581	106	12,439		
Total	1398,918	107			
2 Regresión	140,305	2	70,153	5,853	0,004
Residual	1258,612	105	11,987		
Total	1398,918	107			

Modelo 1 (Constante), HHOMB

Modelo 2 (Constante), HHOMB, FREC

Variable dependiente: FPROM

Fuente: Las autoras

La tabla 11 permite apreciar como el método de *Stepwise* complementa los modelos anteriores para llegar a la mejor predicción posible, presentando las diferentes iteraciones significativas. Estas, se caracterizan por tener un nivel de certidumbre mayor, en la medida en que se integren más variables significativas a la regresión. El modelo resultante relaciona, con una significancia de 0.004 y con un 8.3% de exactitud, la fuerza de empuje promedio con la altura del hombro y con la frecuencia.

Tabla 12. Coeficientes del modelo de la fuerza de empuje con respecto a las variables totales

MODELO	PARAMETROS	
	B	ERROR ESTÁNDAR
1 (Constante)	-7,024	7,407
HHOMB	0,137	0,054
2 (Constante)	-9,259	7,339
HHOMB	0,137	0,053
FREC	1,49	0,666

Variable dependiente: FPROM

Fuente: Las autoras

Con base en los resultados de la tabla anterior, se deduce la siguiente ecuación:

$$\text{FEPROM} = -9.259 + 0.137\text{HHOMB} + 1.490\text{FREC}$$

8.1.2 Variable de respuesta fuerza de empuje máxima

De acuerdo a las estadísticas descriptivas calculadas en el programa SPSS, la fuerza de empuje máxima es de 27.4616 kgf, con una desviación estándar de 9.2606 kgf; la fuerza mínima registrada fue de 9.91 kgf y la máxima fue de 57.69 kgf.

8.1.2.1 Pruebas de normalidad

Como se observa en la tabla 13, la significancia es mayor a 0.05 por lo cual se puede afirmar que efectivamente la variable de respuesta fuerza de empuje se comporta de manera normal.

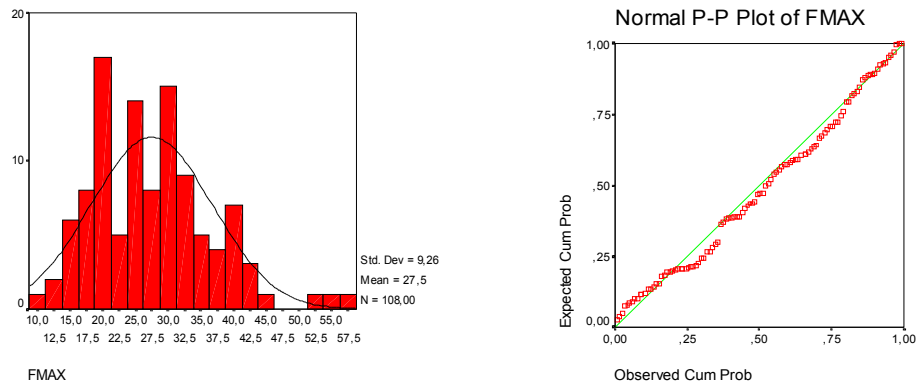
Tabla 13. *Test de Kolmogorov – Smirnov para la fuerza de empuje máxima*

		FPRM
Diferencia más extrema	Absoluta	0,070
	Positiva	0,070
	Negativa	-0,051
Kolmogorov – Smirnov Z		0,730
Significancia		0,660

Fuente: Las autoras

Lo anterior se puede confirmar gráficamente al observar la figura 5, que muestra que la mayoría de los datos se encuentran por debajo de la curva normal.

Figura 5. Histograma y gráfica de probabilidad normal de la fuerza promedio de empuje máxima



Además, la grafica de probabilidad normal, muestra que los puntos se encuentran ubicados de manera cercana a la línea recta de tendencia, evidenciando una ausencia de efectos²².

8.1.2.2 Análisis de varianza (ANOVA)

En la tabla 14, se analizan los efectos de las fuentes (variables dependientes) en el modelo que se va a crear. En este caso, la variable de frecuencia presenta una significancia de 0.002, por lo que influye en el comportamiento

²² DEVORE, Jay L. Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias. Cuarta Edición. México: International Thompson Editores, 1998. p 443.

de la fuerza de empuje.

Tabla 14. ANOVA para la fuerza de empuje máxima

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS TIPO III	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA CUADRÁTICA	F	SIGNIFICANCIA
FREC	39,495	1	39,495	0,511	0,476
DIST	0,575	1	0,575	0,007	0,931
ALTUR	1050,381	2	525,190	6,801	0,002
FREC*ALTUR	132,589	2	66,295	0,859	0,427
FREC*DIST	201,323	1	201,323	2,607	0,110
ALTUR*DIST	297,028	2	148,514	1,923	0,152
FREC*ALTUR*DIST	41,652	2	20,826	0,270	0,764
ERROR	7413,233	96	77,221		
TOTAL	90623,441	108			
TOTAL CORREGIDA	9176,275	107			

Fuente: Las autoras

8.1.2.3 Pruebas de homogeneidad

Tabla 15. Pruebas de homogeneidad para la variable de altura, con respecto a la fuerza de empuje máxima

	ALTUR	SUBCONJ.	
		1	2
Student – Newman – Keuls	3	23,94780	
	2	26,91020	
	1		31,52690
	Sig.	0,156	1,000
Tukey	3	23,94780	
	2	26,91020	26,91020
	1		31,52690
	Sig.	0,330	0,071

Fuente: Las autoras

Como se observa en la tabla anterior, en este caso la altura presenta más de un subconjunto, por lo se prueba que realmente hay efecto significativo.

8.1.2.4 Modelo de predicción

La regresión con respecto a las variables de control por el método *Stepwise*, no permitió analizar las variables independientes significativas por lo cual no resulta un modelo óptimo. Así mismo, se realizó una regresión con respecto a todas las variables con el fin de establecer un modelo predictivo, pero no fue posible encontrar una relación entre ellas.

8.1.3 Variable de respuesta pulso

Las estadísticas descriptivas calculadas revelan que el pulso promedio es de 106.6210 pulsaciones por minuto, con una desviación estándar de 12.8325 pulsaciones por minuto; el valor del pulso mínimo registrado fue de 77.40 pulsaciones por minuto y el máximo fue de 139.37 pulsaciones por minuto.

8.1.3.1 Pruebas de normalidad

Con el fin de revisar la distribución de los datos de pulso, se llevaron a cabo las diferentes pruebas de normalidad.

Tabla 16. *Test de Kolmogorov-Smirnov para el pulso promedio*

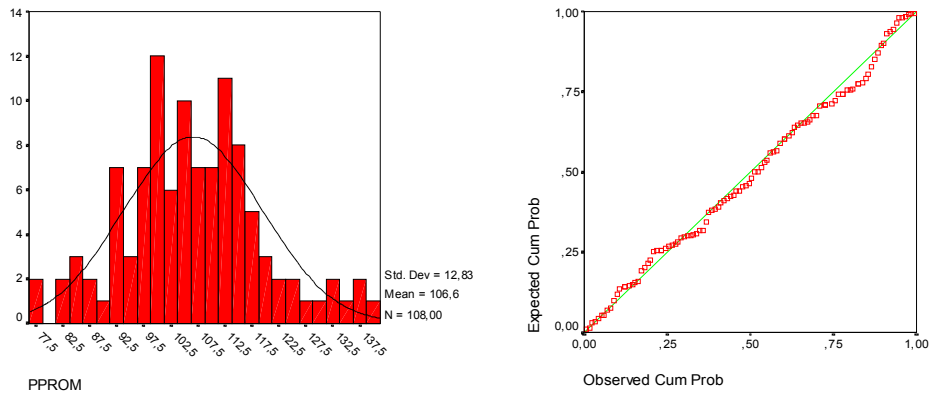
		PPROM
Diferencia más extrema	Absoluta	0,066
	Positiva	0,066
	Negativa	-0,047
Kolmogorov – Smirnov Z		0,687
Significancia		0,733

Fuente: Las autoras

Se concluye que los datos observados del pulso promedio presentan una

distribución normal, lo que se corrobora gráficamente al observar la figura 6, que muestra que la mayoría de los datos se encuentran por debajo de la curva normal.

Figura 6. Histograma y gráfica de probabilidad normal del pulso promedio



Asimismo, en la figura anterior se observa que los puntos de la gráfica se encuentran cercanos a la línea recta de tendencia, mostrando una ausencia de efectos.

8.1.3.2 Análisis de varianza (ANOVA)

En la tabla 17 se encuentra que la variable de frecuencia presenta una significancia de 0.000, por lo que se entiende que efectivamente influye en el comportamiento del pulso.

Tabla 17. ANOVA para el pulso promedio

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS TIPO III	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA CUADRÁTICA	SIGNIFICANCIA
FREC	5390,312	1	5390,312	0,000
DIST	368,779	1	368,779	0,076
ALTUR	64,423	2	32,212	0,756
FREC*ALTUR	37,023	2	18,511	0,851
FREC*DIST	272,304	1	272,304	0,126
ALTUR*DIST	290,544	2	145,272	0,286
FREC*ALTUR*DIST	198,657	2	99,329	0,423
ERROR	10997,846	96	114,561	
TOTAL	1245368,381	108		
TOTAL CORREGIDA	17619,889	107		

Fuente: Las autoras

8.1.3.3 Prueba de homogeneidad

La siguiente tabla muestra que el efecto de la altura sobre el pulso es leve, demostrado por el valor de la significancia de 0.7870 (mayor a 0.05) y el número de subconjuntos (menor a dos). Esto confirma lo encontrado en el ANOVA.

Tabla 18. Pruebas de homogeneidad para la variable altura con respecto al pulso

	ALTUR	SUBCONJ.
		1
Student – Newman – Keuls	3	106,0467
	2	106,1036
	1	107,7128
	Sig.	0,7870
Tukey	3	106,0467
	2	106,1036
	1	107,7128
	Sig.	0,7870

Fuente: Las autoras

8.1.3.4 Análisis de Correlación

Por otra parte, el largo del brazo y el peso, se relacionan estrechamente con el pulso promedio debido a que tienen una significancia menor a 0.01; y como los coeficientes lo indican es una relación positiva (Ver anexo M).

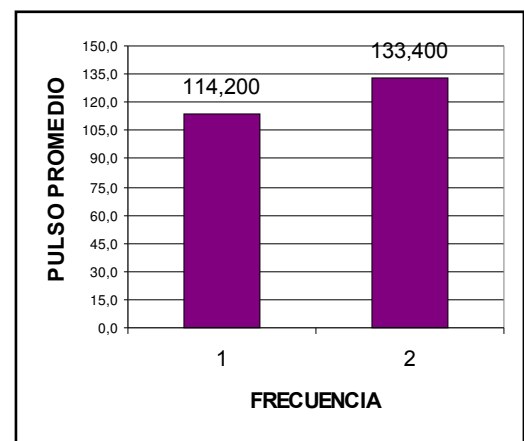
8.1.3.5 Relación de la variable de respuesta con las variables de control

En la tabla 65 del anexo N, se clasificaron los pulsos registrados en las diferentes pruebas, con el objetivo de graficar las diferentes combinaciones y poder determinar la relación entre la variable del pulso en la tarea de empujar y las variables de control.

Frecuencia

Figura 7. Comportamiento del pulso promedio con respecto a la frecuencia

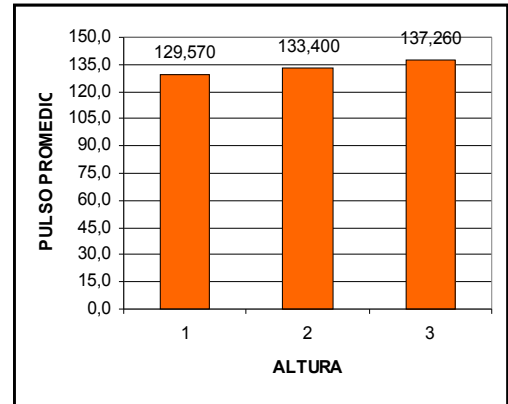
Mediante la figura 7 se puede observar el efecto significativo de la frecuencia sobre el pulso promedio; el pulso promedio se incrementa, en la medida en que aumenta la frecuencia.



Altura

Figura 8. Comportamiento del pulso promedio con respecto a la altura

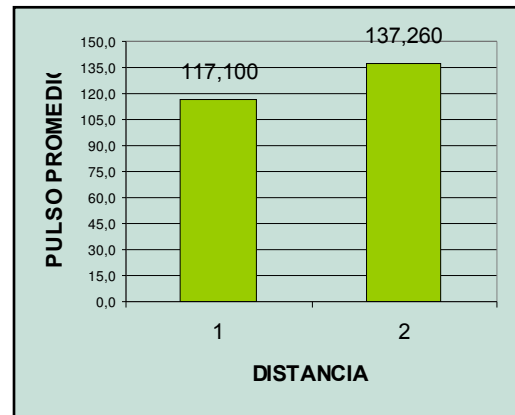
Al graficar el comportamiento del pulso promedio versus la altura, se puede observar, una leve disminución del pulso promedio en la medida en que disminuye la altura de apoyo.



Distancia

Figura 9. Comportamiento del pulso promedio con respecto a la distancia

La figura 9 permite observar la variación de la fuerza promedio de empuje al someterla a diferentes distancias de recorrido, incrementa en la medida en que la distancia es más corta. Se puede decir que la relación es inversa.



8.1.3.6 Modelo de predicción

Regresión con respecto a las variables de control

Tabla 19. Regresión lineal del pulso con respecto a las variables independientes

MODELO	R	R ²	R ² AJUSTADA	ERROR ESTIMADO
1	0,553	0,306	0,299	10,74120

MODELO	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA CUADRÁTICA	F	SIGNIFICANCIA
1 Regresión	5390,312	1	5390,312	46,721	0,000
Residual	12229,577	106	115,373		
Total	17619,889	107			

Modelo 1 (Constante), FREC
Variable dependiente: PPR0M

Fuente: Las autoras

La tabla 19 exhibe un coeficiente determinación del modelo del 29.9%, con una significancia de 0.00, menor que el parámetro establecido por el nivel de confianza de la prueba, por lo cual se considera como un modelo valido. Este modelo está basado principalmente en la importancia de la frecuencia, en el resultado del pulso en la tarea de empujar.

De acuerdo a los coeficientes mostrados en la siguiente tabla, se deduce esta ecuación:

$$PPROM = 85.427 + 14.129FREC$$

Tabla 20. Coeficientes del modelo del pulso con respecto a las variables independientes

MODELO	PARAMETROS	
	B	ERROR ESTÁNDAR
1 (Constante)	85,427	3,268
FREC	14,129	2,067

Variable dependiente: PPR0M

Fuente: Las autoras

Regresión con respecto a todas las variables

La tabla 21 permite ver varios modelos donde se resalta el quinto, por tener una exactitud ajustada del 48.5% y cuya significancia es de 0.00. El modelo se fundamenta en las relaciones que se predicen entre la variable del pulso con la frecuencia, el largo del brazo, largo de la mano, profundidad del pecho y el peso en la tarea de empujar.

Tabla 21. Regresión lineal del pulso con respecto a las variables totales

MODELO	R	R ²	R ² AJUSTADA	ERROR ESTIMADO
1	0,553	0,306	0,299	10,74120
2	0,609	0,370	0,358	10,27810
3	0,659	0,434	0,418	9,79360
4	0,691	0,477	0,457	9,45520
5	0,713	0,509	0,485	9,21250

MODELO	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA CUADRÁTICA	F	SIGNIFICANCIA
1 Regresión	5390,312	1	5390,312	46,721	0,000
Residual	12229,577	106	115,373		
Total	17619,889	107			
2 Regresión	6527,825	2	3263,913	30,897	0,000
Residual	1192,064	105	105,639		
Total	17619,889	107			
3 Regresión	7644,845	3	2548,282	26,568	0,000
Residual	9975,044	104	95,914		
Total	17619,889	107			
4 Regresión	8411,644	4	2102,911	23,522	0,000
Residual	9208,245	103	89,400		
Total	17619,889	107			
5 Regresión	8963,094	5	1792,619	21,122	0,000
Residual	8656,795	102	84,871		
Total	17619,889	107			

Modelo 1 (Constante), FREC

Modelo 2 (Constante), FREC, LBRA

Modelo 3 (Constante), FREC, LBRA, LMANO

Modelo 4 (Constante), FREC, LBRA, LMANO, PPECH

Modelo 5 (Constante), FREC, LBRA, LMANO, PPECH, PESO

Variable dependiente: PPROM

Fuente: Las autoras

De acuerdo a los resultados de la siguiente tabla se determinó la siguiente ecuación:

$$PPROM = -58.012 + 13.329FREC + 4.988LBRA - 5.400LMANO + 2.862PPECHO + 0.419PESO$$

Tabla 22. Coeficientes del modelo del pulso con respecto a las variables totales

MODELO	PARAMETROS	
	B	ERROR ESTÁNDAR
1 (Constante)	85,427	3,268
FREC	14,129	2,067
2 (Constante)	27,279	17,994
FREC	14,129	1,978
LBRA	1,800	0,548
3 (Constante)	60,296	19,687
FREC	14,129	1,885
LBRA	3,476	0,717
LMANO	-5,414	1,587
4 (Constante)	-38,375	38,683
FREC	14,129	1,820
LMANO	5,181	0,905
PESO	-5,58	1,533
PPECH	2,934	1,002
5 (Constante)	-58,012	38,469
FREC	13,329	1,801
LBRA	4,988	0,885
LMANO	-5,400	1,495
PPECH	2,862	0,976
PESO	0,419	0,164

Variable dependiente: PPRM

Fuente: Las autoras

8.1.4 Variables de respuesta presión arterial (sistólica y diastólica)

A través del programa SPSS se calcularon las estadísticas descriptivas que revelaron una presión arterial promedio de 88.066 mmHg, con una desviación estándar de 8.588 mmHg; el mínimo valor registrado de la presión arterial promedio fue de 39.2 mmHg y el máximo fue de 101.0 mmHg.

8.1.4.1 Pruebas de normalidad

Con el fin de revisar la distribución de los datos de la presión arterial promedio,

se llevaron a cabo las diferentes pruebas de normalidad.

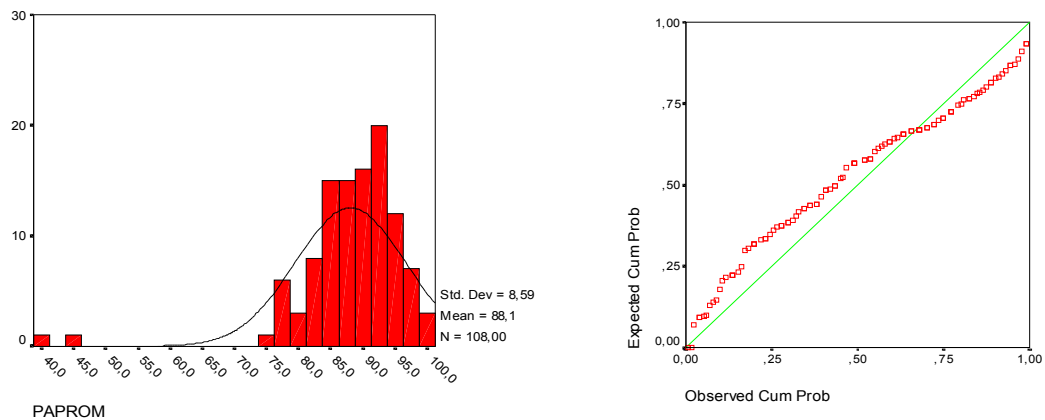
Tabla 23. Test de Kolmogorov-Smirnov para la presión arterial promedio

		PAPROM
Diferencia más extrema	Absoluta	0,133
	Positiva	0,091
	Negativa	-0,133
Kolmogorov – Smirnov Z		1,380
Significancia		0,044

Fuente: Las autoras

A diferencia de las pruebas de *Kolmogorov – Smirnov* que preceden, esta no tiene una significancia mayor a 0.05, por lo cual se dice que la presión arterial promedio en la tarea de empujar no se comporta de una manera normal. Lo anterior, se comprueba con el histograma y la gráfica de probabilidad normal.

Figura 10. Histograma y gráfica de probabilidad normal para la presión arterial promedio



8.1.4.2 Prueba de Mann – Whitney

Se realizó la prueba no paramétrica *Mann – Whitney* con el fin de determinar

la fuerza de las variables frecuencia y distancia sobre la presión arterial promedio en la tarea de empujar. Estas dos variables se analizaron por medio de esta prueba porque únicamente pueden asumir dos valores.

Tabla 24. Prueba de *Mann – Whitney* para la presión arterial

	PAPROM
Mann – Whitney U	1306,000
Z	-0,934
Significancia	0,350

Variable: FREC

Fuente: Las autoras

	PAPROM
Mann – Whitney U	960,500
Z	-3,057
Significancia	0,002

Variable: DIST

En la tabla anterior, se evidencia la importancia de una de las variables analizadas, la distancia, registrando una significancia de 0.002.

8.1.4.3 Prueba de *Kruskal Wallis*

Se realizó la prueba no paramétrica *Kruskal Wallis* para de determinar la influencia de la altura de apoyo sobre la presión arterial promedio en la tarea de empujar. Se utilizó esta prueba ya que la altura asume más de dos valores, puede tomar tres. La tabla 25 indica una significancia de 0.080 por lo que se concluye que la altura no afecta el valor de la variable de respuesta analizada.

Tabla 25. Prueba de *Kruskal Wallis* para la presión arterial

	PAPROM
Chi cuadrado	5,047
Grados de libertad	2,000
Significancia	0,080

Variable: ALTUR

Fuente: Las autoras

8.1.4.4 Análisis de Correlación

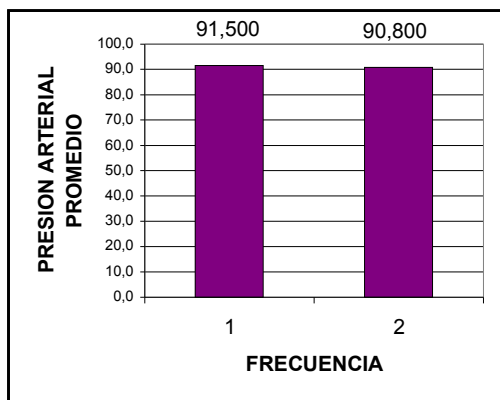
La envergadura, la altura de la rodilla y el nudillo, el largo del brazo y del antebrazo, el peso y ancho de pecho se correlacionan inversamente con la presión arterial promedio; así como el alcance funcional lo hace pero de manera directamente proporcional (Ver anexo M).

8.1.4.5 Relación de la variable de respuesta con las variables de control

En la tabla 66 (Ver anexo N), se efectuó un clasificación descendente de las presiones arteriales promedio registradas en las diferentes pruebas, con el fin de graficar las diferentes combinaciones y determinar la relación entre la presión y las variables de control.

Frecuencia

Figura 11. Comportamiento de la presión arterial promedio con respecto a la frecuencia

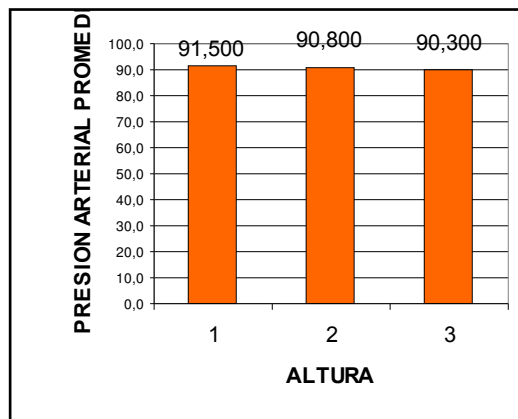


Como la diferencia de presión arterial con respecto a la frecuencia no es significativa, no se puede asumir que la relación entre ellas siempre será de manera inversa como lo muestra la figura.

Altura

Figura 12. Comportamiento de la presión arterial promedio con respecto a la altura

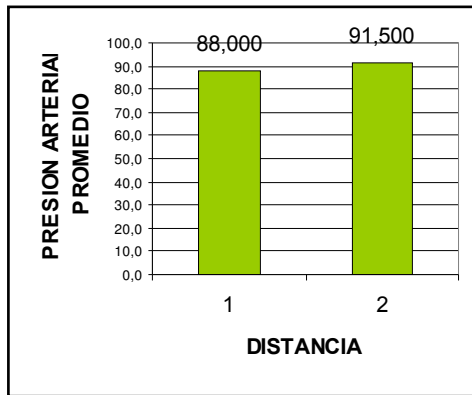
En la figura 12, la diferencia de la presión arterial ante la presencia de diferentes alturas no es considerable, por lo tanto no se puede afirmar que exista una relación acentuada entre las variables analizadas.



Distancia

Figura 13. Comportamiento de la presión arterial promedio con respecto a la distancia

La figura 13 muestra una relación considerable entre la presión arterial y la



distancia recorrida en la tarea; en la medida en que aumenta la distancia, aumenta la presión arterial promedio.

8.1.4.6 Modelo de predicción

Regresión con respecto a las variables de control

Tabla 26. Regresión de la presión arterial con respecto a variables independientes

MODELO	R	R ²	R ² AJUSTADA	ERROR ESTIMADO
1	0,208	0,043	0,034	8,440

MODELO	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA CUADRÁTICA	F	SIGNIFICANCIA
1 Regresión	341,689	1	341,689	4,797	0,031
Residual	7550,554	106	71,232		
Total	7892,243	107			

Modelo 1 (Constante), DIST
Variable dependiente: PAPROM

Fuente: Las autoras

La tabla anteriormente detallada, expone un primer modelo que relaciona únicamente la distancia, confirmando el anterior análisis de relaciones.

Éste, arroja una significancia de 0.031, por lo que se considera válido.

Tabla 27. Coeficientes del modelo de la presión arterial con respecto a las variables independientes

MODELO	PARAMETROS	
	B	ERROR ESTÁNDAR
1 (Constante)	82,730	2,568
DIST	3,557	1,624

Fuente: Las autoras

A continuación se presenta la ecuación resultante, teniendo en cuenta los coeficientes obtenidos en la tabla 27.

$$\text{PAPROM} = 82.730 + 3.557\text{DIST}$$

Regresión con respecto a todas las variables

El modelo que muestra la siguiente tabla se basa en la relación existente, según los datos, entre la presión arterial promedio con el alcance funcional, la altura del pecho y la distancia. Este tiene una significancia de 0.00, lo que lo hace más que satisfactoria.

Tabla 28. Regresión de la presión arterial con respecto a variables totales

MODELO	R	R ²	R ² AJUSTADA	ERROR ESTIMADO
1	0,324	0,105	0,097	8,162
2	0,424	0,180	0,164	7,850
3	0,473	0,223	0,201	7,677

MODELO	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA CUADRÁTICA	F	SIGNIFICANCIA
1 Regresión	830,821	1	830,821	12,472	0,001
Residual	7061,422	106	66,617		
Total	7892,243	107			
2 Regresión	1421,310	2	710,655	11,531	0,000
Residual	6470,933	105	61,628		
Total	7892,243	107			
3 Regresión	1762,999	3	587,666	9,971	0,000
Residual	6129,244	104	58,935		
Total	7892,243	107			

Modelo 1 (Constante), AF

Modelo 2 (Constante), AF, APECH

Modelo 3 (Constante), AF, APECH, DIST

Fuente: Las autoras
Variable dependiente: PAPROM

La ecuación resultante del modelo descrito anteriormente es:

$$\text{PAPROM} = 86.183 + 8.880\text{E-}0.2\text{AF} - 0.720\text{APECH} + 3.557\text{DIST}$$

Tabla 29. Coeficientes del modelo de la presión arterial con respecto a variables totales

cc	PARAMETROS	
	B	ERROR ESTÁNDAR
1 (Constante)	69,312	5,368
AF	0,101	0,029
2 (Constante)	91,520	8,839
AF	8,88E-02	0,028
APECH	-0,720	0,233
3 (Constante)	86,183	8,923
AF	8,880E-0,2	0,027
APECH	-0,720	0,227
DIST	3,557	1,477

Variable dependiente: PAPROM

Fuente: Las autoras

8.1.5 Reporte de incomodidad

Al realizar los reportes de incomodidad fue evidente que los participantes, debido a su experiencia, no se sintieron afectados por el esfuerzo físico requerido en las pruebas. Aunque se les insistió que debían reportar cualquier molestia, les pareció que las tareas no les exigían más allá de sus capacidades.

2 TAREA DE HALAR

8.2.1 Variable de respuesta fuerza de halar

A partir de las estadísticas descriptivas calculadas en el programa SPSS, se concluye que la fuerza de halar promedio es de 12.67674 kgf, con una desviación estándar de 3.75060 kgf; la fuerza mínima registrada fue de 6.468 kgf y la máxima fue de 19.822 kgf.

8.2.1.1 Pruebas de normalidad

Tabla 30. *Test de Kolmogorov – Smirnov para la fuerza de halamiento promedio*

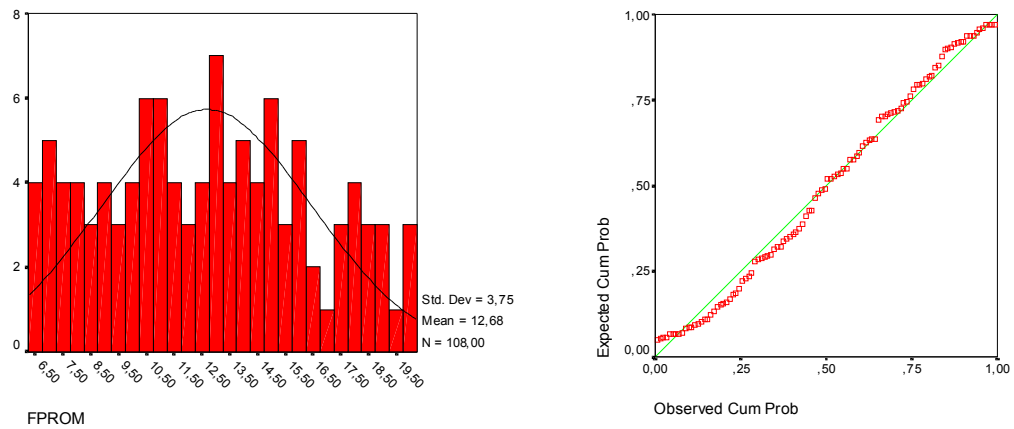
		FPROM
Diferencia más extrema	Absoluta	0,054
	Positiva	0,054
	Negativa	-0,053
Kolmogorov – Smirnov Z		0,563
Significancia		0,910

Fuente: Las autoras

Como se observa en la tabla 30, la significancia es mayor a 0.05 por lo cual se puede afirmar que efectivamente la variable de respuesta fuerza de halar se comporta de manera normal.

Lo anterior se confirma mediante la mayoría de datos debajo de la curva mostrada en el histograma; y la corta distancia entre los datos y la recta de la gráfica de probabilidad siguientes.

Figura 14. Histograma y gráfica de probabilidad normal para la fuerza promedio de halar



8.2.1.2 Análisis de varianza (ANOVA)

La tabla 31, muestra la relación que existe entre la variable de respuesta analizada, con la frecuencia y la altura, con una significancia de 0.017 y 0.034 respectivamente.

Tabla 31. ANOVA para la fuerza promedio de halar

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS TIPO III	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA CUADRÁTICA	F	SIGNIFICANCIA
FREC	77,614	1	77,614	5,904	0,017
DIST	17,985	1	17,985	1,368	0,245
ALTUR	92,160	2	46,080	3,505	0,034
FREC*ALTUR	38,684	2	19,342	1,471	0,235
FREC*DIST	1,555	1	1,555	0,118	0,732
ALTUR*DIST	1,650	2	0,825	1,063	0,939
FREC*ALTUR*DIST	13,570	2	6,785	0,516	0,598
ERROR	1261,951	96	13,145		
TOTAL	18860,720	108			
TOTAL CORREGIDA	1505,169	107			

Fuente: Las autoras

8.2.1.3 Pruebas de homogeneidad

Por medio de esta prueba se pudo contemplar la relación que existe entre la fuerza de halar y su altura de apoyo. La tabla a continuación, muestra dos subconjuntos con significancias mayores al parámetro de evaluación (0.05). Este resultado, corrobora lo escrito anteriormente en el análisis de varianza.

Tabla 32. Pruebas de homogeneidad para la variable de altura, con respecto a la fuerza de halar

	ALTUR	SUBCONJUNTO	
		1	2
Student – Newman – Keuls	3	11,48956	
	2	12,79817	12,79817
	1		13,74250
	Sig.	0,129	0,272
Tukey	3	11,48956	
	2	12,79817	12,79817
	1		13,74250
	Sig.	0,281	0,513

Fuente: Las autoras

8.2.1.4 Análisis de Correlación

Al efectuar el análisis de correlación de *Pearson* (Ver anexo O), se pudo establecer que el peso, la envergadura, el largo del brazo y de la mano poseían una significancia menor a 0.05 y presentaban una relación directamente proporcional a la fuerza de halamiento; por otro lado, el alcance funcional, la profundidad del pecho y del abdomen y el ancho del hombro están relacionadas igualmente, pero de manera inversamente proporcional. Por esto, se puede asumir que todas estas variables están estrechamente ligadas con la fuerza de halamiento debido a la forma en que se debe realizar el esfuerzo.

8.2.1.5 Relación de la variable de respuesta con las variables de control

En la tabla 68 (Ver anexo P), se ordenaron los valores de la fuerza promedio ejercida al halar en las diferentes pruebas de manera descendente, con el objetivo de graficar las diferentes combinaciones y determinar la relación entre la fuerza de halar y las variables de control.

Frecuencia

Figura 15. Comportamiento de la fuerza promedio de halar con respecto a la frecuencia

Como se pudo observar en la figura anterior, la frecuencia guarda una relación inversa a la fuerza ejecutada al halar.

Altura

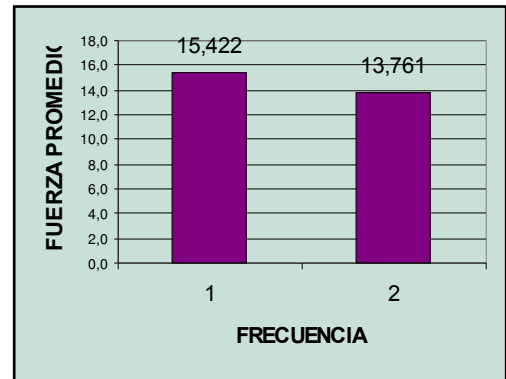
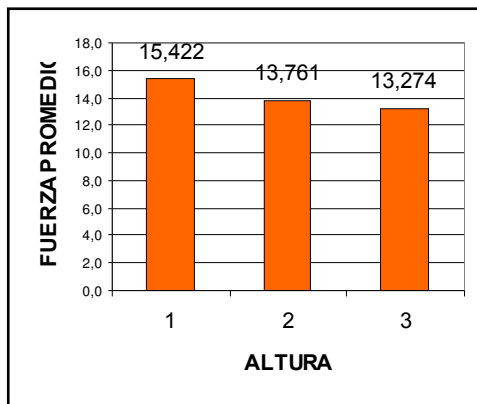


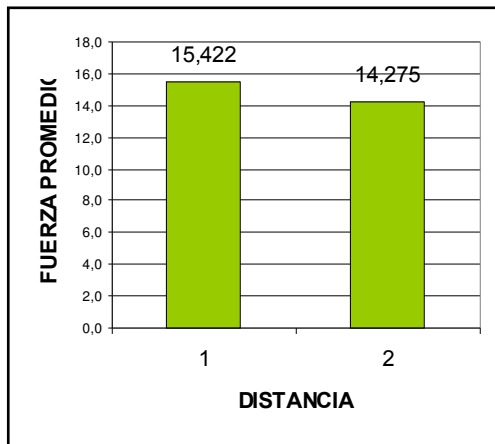
Figura 16. Comportamiento de la fuerza promedio de halar con respecto a la altura



Esta figura deja ver que en la medida en que la altura aumenta, la fuerza promedio de halar disminuye, aunque no es muy significativa la diferencia entre las alturas dos y tres.

Distancia

Figura 17. Comportamiento de la fuerza promedio de halar con respecto a la distancia



La figura revela que la fuerza promedio de halar es menor cuando la distancia es mayor. Es decir, que se supondría que se presenta una relación inversa; no obstante se debe confirmar con la regresión lineal si esta variable es realmente importante.

8.2.1.6 Modelo de predicción

Regresión con respecto a las variables de control

La siguiente tabla ofrece dos modelos resultantes. Como se explicó anteriormente, el mejor modelo es el último debido a que contiene el mayor número de variables y posee un mayor porcentaje de certeza y por lo tanto una mejor significancia. Este segundo modelo tiene una significancia de 0.002, donde se relacionan la altura y la frecuencia con la fuerza promedio de halar.

Tabla 33. Regresión de la fuerza de halar con respecto a variables independientes

MODELO	R	R ²	R ² AJUSTADA	ERROR ESTIMADO
1	0,246	0,061	0,052	3,65207
2	0,335	0,112	0,095	0,35673

MODELO	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA CUADRÁTICA	F	SIGNIFICANCIA
1 Regresión	91,366	1	91,366	6,850	0,010
Residual	1413,783	106	13,338		
Total	1505,169	107			
2 Regresión	168,975	2	84,487	6,639	0,002
Residual	1336,174	105	12,725		
Total	1505,169	107			

Modelo 1 (Constante), ALTUR
Fuente: Las autoras
Modelo 2 (Constante), ALTUR, FREC
Variable dependiente: FPROM

Los coeficientes resultantes de la tabla siguiente, se tuvieron en cuenta para obtener la siguiente ecuación:

$$FHPROM = 12.387 - 1.126ALTUR + 1.695FREC$$

Tabla 34. Coeficientes del modelo de la fuerza de halar con respecto a las variables independientes

MODELO	PARAMETROS	
	B	ERROR ESTANDAR
1 (Constante)	14,930	0,930
ALTUR	-1,126	0,430
2 (Constante)	12,387	1,373
ALTUR	-1,126	0,420
FREC	1,695	0,687

Variable dependiente: FPROM

Fuente: Las autoras

Regresión con respecto a las variables antropométricas

Tabla 35. Regresión de la fuerza de halar con respecto a variables antropométricas

MODELO	R	R ²	R ² AJUSTADA	ERROR ESTIMADO
1	0,291	0,084	0,076	3,60569
2	0,490	0,240	0,226	3,30063

MODELO	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA CUADRÁTICA	F	SIGNIFICANCIA
1 Regresión	127,042	1	127,042	9,772	0,002
Residual	1378,107	106	13,001		
Total	1505,149	107			
2 Regresión	361,260	2	180,630	16,580	0,000
Residual	1143,889	105	10,894		
Total	1505,149	107			

Modelo 1 (Constante), AHOMB

Modelo 2 (Constante), AHOMB, LBRA

Variable dependiente: FPRM

Fuente: Las autoras

El modelo que se escogió para el análisis, muestra una relación entre la altura del hombro y el largo del brazo con la fuerza promedio de halar.

Tabla 36. Coeficientes del modelo de la fuerza de halar con respecto a las variables antropométricas

MODELO	PARAMETROS	
	B	ERROR ESTANDAR
1 (Constante)	31,439	6,012
AHOMB	-0,559	0,179
2 (Constante)	12,304	6,879
AHOMB	-0,821	0,173
LBRA	0,864	0,186

Variable dependiente: FPRM

Fuente: Las autoras

Los coeficientes resultantes del modelo inmediatamente anterior, son los utilizados para la ecuación que se encuentra a continuación.

$$FHPROM = 12.304 - 0.821AHOMB + 0.864LBRA$$

Regresión con respecto a las variables totales

Con el fin de tener el mejor modelo posible se realizó una regresión lineal, tomando todas las variables que pueden llegar a influenciar el comportamiento de la fuerza promedio de halar. La tabla presentada a continuación, arroja un modelo con una significancia de 0.00, en donde se relacionan la altura del hombro, el largo del brazo, la altura y la frecuencia, con la fuerza promedio de halar. Como es evidente, este modelo combinó las variables de tal forma que aproximadamente el 33% de los datos podrán ser predichos.

Tabla 37. Regresión de la fuerza de halar con respecto a variables totales

MODELO	R	R ²	R ² AJUSTADA	ERROR ESTIMADO
1	0,291	0,084	0,076	3,60569
2	0,490	0,240	0,226	3,30063
3	0,548	0,301	0,281	3,18126
4	0,594	0,352	0,327	3,07655

MODELO	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA CUADRÁTICA	F	SIGNIFICANCIA
1 Regresión	127,042	1	127,042	9,772	0,002
Residual	1378,107	106	13,001		
Total	1505,149	107			
2 Regresión	361,260	2	180,630	16,580	0,000
Residual	1143,889	105	10,894		
Total	1505,149	107			
3 Regresión	452,626	3	150,875	14,908	0,000
Residual	1052,523	104	10,120		
Total	974,149	107			
4 Regresión	530,235	4	132,559	14,005	0,000
Residual	974,914	103	9,465		
Total	1505,149	107			

Modelo 1 (Constante), AHOMB

Modelo 2 (Constante), AHOMB, LBRA

Modelo 3 (Constante), AHOMB, LBRA, ALTUR

Modelo 4 (Constante), AHOMB, LBRA, ALTUR, FREC

Variable dependiente: FPROM

Fuente: Las autoras

La tabla 37, muestra los coeficientes de las variables relacionadas en el modelo anterior, y con los cuales se creó la ecuación que se presenta inmediatamente.

$$\text{FHPROM} = 12.013 - 0.821\text{AHOMB} + 0.864\text{LBRA} - 1.126\text{ALTUR} + 1.695\text{FREC}$$

Tabla 38. Coeficientes del modelo de la fuerza de halar con respecto a las variables totales

MODELO	PARAMETROS	
	B	ERROR ESTANDAR
1 (Constante)	31,439	6,012
AHOMB	-0,559	0,179
2 (Constante)	12,304	6,879
AHOMB	-0,821	0,173
LBRA	0,864	0,186
3 (Constante)	14,557	6,672
AHOMB	-0,821	0,167
LBRA	0,864	0,180
ALTUR	-1,126	0,375
4 (Constante)	12,013	6,513
AHOMB	-0,821	0,161
LBRA	0,864	0,174
ALTUR	-1,126	0,363
FREC	1,695	0,592

Fuente: Las autoras

8.2.2 Variable de respuesta fuerza de halar máxima

A partir de las estadísticas descriptivas calculadas en el programa SPSS, se concluye que la fuerza de halar máxima es de 30.9989 kgf, con una desviación estándar de 9.7393 kgf; la fuerza mínima registrada fue de 13.99 kgf y la máxima

fue de 66.20 kgf.

8.2.2.1 Pruebas de normalidad

Tabla 39. Test de Kolmogorov – Smirnov para la fuerza de halamiento máxima

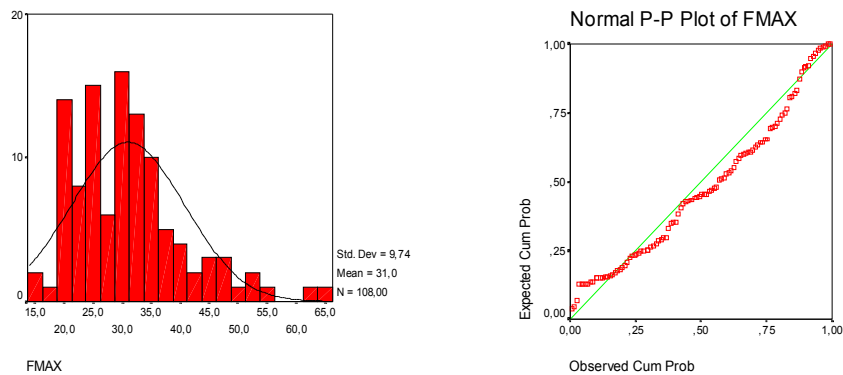
		FPROM
Diferencia más extrema	Absoluta	0,106
	Positiva	0,106
	Negativa	-0,100
Kolmogorov – Smirnov Z		1,101
Significancia		0,177

Fuente: Las autoras

Como se observa en la tabla 39, la significancia es mayor a 0.05 por lo cual se puede afirmar que efectivamente la variable de respuesta fuerza de halar se comporta de manera normal.

Lo anterior se confirma mediante la mayoría de datos debajo de la curva mostrada en el histograma; y la corta distancia entre los datos y la recta de la gráfica de probabilidad siguientes.

Figura 18. Histograma y gráfica de probabilidad normal para la fuerza máxima de halar



8.2.2.2 Análisis de varianza (ANOVA)

La tabla 40, muestra la relación que existe entre la variable de respuesta analizada, con la frecuencia y la altura, con una significancia de 0.017 y 0.034 respectivamente.

Tabla 40. ANOVA para la fuerza máxima de halar

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS TIPO III	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA CUADRÁTICA	F	SIGNIFICANCIA
FREC	6,228	1	6,228	0,063	0,803
DIST	62,226	1	62,226	0,625	0,431
ALTUR	134,993	2	67,497	0,678	0,510
FREC*ALTUR	239,751	2	119,875	1,204	0,304
FREC*DIST	1,756	1	1,756	0,018	0,895
ALTUR*DIST	9,540	2	4,770	0,048	0,953
FREC*ALTUR*DIST	137,204	2	68,602	0,689	0,505
ERROR	9557,637	96	13,145		
TOTAL	113930,289	108			
TOTAL CORREGIDA	10149,337	107			

Fuente: Las autoras

8.2.2.3 Pruebas de homogeneidad

Por medio de esta prueba se pudo contemplar la relación que existe entre la fuerza de halar y su altura de apoyo. La tabla a continuación, muestra dos subconjuntos con significancias mayores al parámetro de evaluación (0.05). Este resultado, corrobora lo escrito anteriormente en el análisis de varianza.

Tabla 41. Pruebas de homogeneidad para la variable de altura, con respecto a la fuerza de halar máxima

	ALTUR	SUBCONJ.
		1
Student – Newman – Keuls	3	29,87380
	2	30,59960
	1	32,52350
	Sig.	0,500
Tukey	3	29,87380
	2	30,59960
	1	32,52350
	Sig.	0,500

Fuente: Las autoras

8.2.2.4 Modelo de predicción

La regresión con respecto a las variables de control por el método *Stepwise*, no permitió analizar las variables independientes significativas por lo cual no resulta un modelo óptimo. Así mismo, se realizó una regresión con respecto a todas las variables con el fin de establecer un modelo predictivo, pero no fue posible encontrar una relación entre ellas.

8.2.2 Variable de respuesta pulso

De acuerdo a las estadísticas descriptivas calculadas en el programa SPSS, el pulso promedio es de 107.985 veces por minuto, con una desviación estándar de 15.146 veces por minuto; la fuerza mínima registrada fue de 71.7 veces por minuto y la máxima fue de 146.4 veces por minuto.

8.2.2.1 Pruebas de normalidad

Tabla 42. Test de Kolmogorov – Smirnov para el pulso promedio

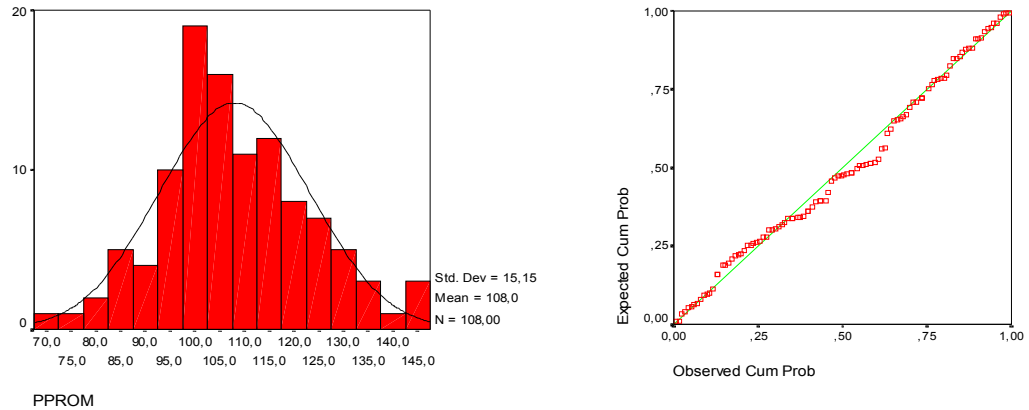
		PPROM
Diferencia más extrema	Absoluta	0,086
	Positiva	0,086
	Negativa	-0,050
Kolmogorov – Smirnov Z		0,890
Significancia		0,406

Fuente: Las autoras

La prueba de *Kolmogorov -Smirnov*, muestra que los datos registrados del pulso promedio en la tarea de halar, se distribuyen normalmente.

Además, la figura a continuación confirma la distribución de los datos del pulso promedio al encontrarse la mayoría de datos por debajo de la curva del histograma, y mostrando cercanía a la recta de la curva de probabilidad.

Figura 19. Histograma y gráfica de probabilidad normal para el pulso promedio



8.2.2.2 Análisis de varianza (ANOVA)

Tabla 43. ANOVA para el pulso promedio

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS TIPO III	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA CUADRÁTICA	F	SIGNIFICANCIA
FREC	6764,732	1	6764,732	37,466	0,000
DIST	52,522	1	52,522	0,291	0,717
ALTUR	120,651	2	60,325	0,334	0,591
FREC*ALTUR	38,745	2	19,372	0,107	0,898
FREC*DIST	74,359	1	74,359	0,412	0,523
ALTUR*DIST	63,402	2	31,701	0,176	0,839
FREC*ALTUR*DIST	96,925	2	48,463	0,268	0,765
ERROR	17333,437	96	180,557		
TOTAL	1283913,870	108			
TOTAL CORREGIDA	24544,771	107			

Fuente: Las autoras

El análisis de varianza, deja ver que la frecuencia es la única variable de control que muestra relación con el pulso promedio; esto, con una significancia de 0.00.

8.2.2.3 Pruebas de homogeneidad

Tabla 44. Pruebas de homogeneidad para la variable de altura, con respecto al pulso promedio

	ALTUR	SUBCONJ.
		1
Student – Newman – Keuls	3	106,707
	2	107,954
	1	109,295
	Sig.	0,693
Tukey	3	106,707
	2	107,954
	1	109,295
	Sig.	0,693

Fuente: Las autoras

La prueba de homogeneidad del pulso promedio con respecto a la altura muestra que la segunda no influye sobre el resultado de la primera.

8.2.2.4 Análisis de Correlación

Al efectuar el análisis de correlación de *Pearson* (Ver anexo O), se encontró que el pulso promedio tiene una correlación inversa, únicamente con el alcance funcional; mientras que con la envergadura, el alcance máximo, la altura trocantérica y el largo del brazo, esta es directamente proporcional.

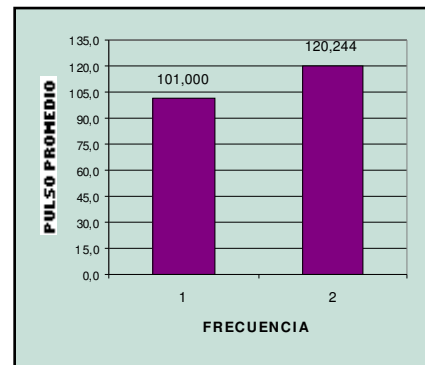
8.2.2.5 Relación de la variable de respuesta con las variables de control

En la tabla 69 que se encuentra en el anexo P, se ordenaron los valores del pulso promedio en las diferentes pruebas de manera descendente, con el objetivo de graficar las diferentes combinaciones y determinar la relación entre el pulso promedio y las variables de control.

Frecuencia

Figura 20. Comportamiento del pulso promedio de halar con respecto a la frecuencia

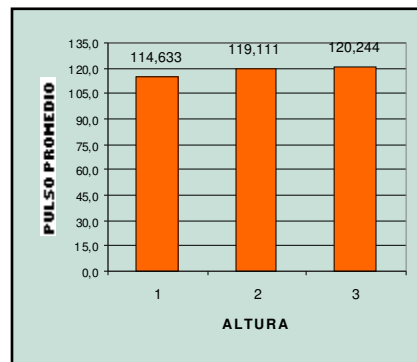
La figura 20 muestra una diferencia del 16% del pulso promedio ante la variación de la frecuencia, siendo la frecuencia dos, la mayor. Se puede decir que hay una relación directa, a mayor frecuencia, mayor número de pulsaciones por minuto.



Altura

En la relación que muestra la figura a continuación, se puede observar que a medida que la altura es mayor, el pulso promedio aumenta. Cabe anotar que la diferencia entre la altura dos y tres no es muy notoria.

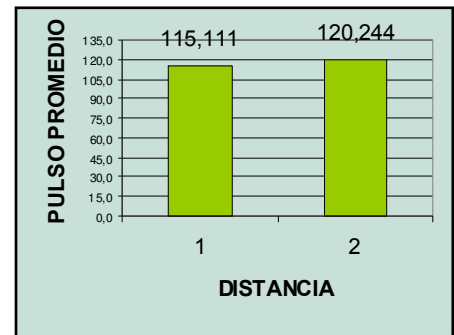
Figura 21. Comportamiento del pulso promedio de halar con respecto a la altura



Distancia

Figura 22. Comportamiento del pulso promedio de halar con respecto a la distancia

El pulso promedio se incrementa en un 4.27%, cuando la distancia de recorrido de la tarea de halar es de 15 metros.



8.2.2.6 Modelo de predicción

Regresión con respecto a las variables de control

El modelo resultante de la regresión, relaciona la frecuencia, el largo del brazo, el peso y la profundidad del pecho, con el pulso promedio bajo una significancia de 0.00.

Tabla 45. Regresión del pulso con respecto a variables independientes

MODELO	R	R ²	R ² AJUSTADA	ERROR ESTIMADO
1	0,525	0,275	0,269	12,94800
2	0,706	0,499	0,489	10,81800
3	0,821	0,673	0,664	8,77600
4	0,864	0,747	0,737	7,76900

MODELO	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA CUADRÁTICA	F	SIGNIFICANCIA
1 Regresión	6752,926	1	6752,926	40,277	0,000
Residual	17772,191	106	167,662		
Total	24525,117	107			
2 Regresión	12237,375	2	6118,688	52,285	0,000
Residual	12287,741	105	117,026		
Total	24525,117	107			
3 Regresión	16515,924	3	5505,308	71,487	0,000
Residual	8009,193	104	77,011		
Total	24525,117	107			
4 Regresión	19308,354	4	4577,088	75,834	0,000
Residual	6216,763	103	60,357		
Total	24525,117	107			

Modelo 1 (Constante), FREC

Modelo 2 (Constante), FREC, LBRA

Modelo 3 (Constante), FREC, LBRA, PESO

Modelo 4 (Constante), FREC, LBRA, PESO, PPECH

Variable dependiente: PPRM

Fuente: Las autoras

Tabla 46. Coeficientes del modelo del pulso con respecto a las variables independientes

MODELO	PARAMETROS	
	B	ERROR ESTANDAR
1 (Constante)	84,242	3,941
FREC	15,829	2,492

Variable dependiente: PPRM

Fuente: Las autoras

Los coeficientes que muestra la tabla anterior, son los que se encuentran multiplicando las variables de la siguiente ecuación:

$$PPROM = 84.242 + 15.829FREC$$

Regresión con respecto a las variables totales

Tabla 47. Regresión del pulso con respecto a variables totales

MODELO	R	R ²	R ² AJUSTADA	ERROR ESTIMADO
1	0,525	0,275	0,269	12,94800
2	0,706	0,499	0,489	10,81800
3	0,821	0,673	0,664	8,77600
4	0,864	0,747	0,737	7,76900

MODELO	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA CUADRÁTICA	F	SIGNIFICANCIA
1 Regresión	6752,926	1	6752,926	40,277	0,000
Residual	17772,191	106	167,662		
Total	24525,117	107			
2 Regresión	12237,375	2	6118,688	52,285	0,000
Residual	12287,741	105	117,026		
Total	24525,117	107			
3 Regresión	16515,924	3	5505,308	71,487	0,000
Residual	8009,193	104	77,011		
Total	24525,117	107			
4 Regresión	19308,354	4	4577,088	75,834	0,000
Residual	6216,763	103	60,357		
Total	24525,117	107			

Modelo 1 (Constante), FREC

Modelo 2 (Constante), FREC, LBRA

Modelo 3 (Constante), FREC, LBRA, PESO

Modelo 4 (Constante), FREC, LBRA, PESO, PPECH

Variable dependiente: PPRM

Fuente: Las autoras

Los coeficientes que se muestran en la tabla a continuación, son los que construyeron la ecuación que se encuentra inmediatamente después de esta.

Tabla 48. Coeficientes del modelo del pulso con respecto a las variables totales

MODELO	PARAMETROS	
	B	ERROR ESTANDAR
1 (Constante)	84,272	3,940
FREC	15,815	2,492
2 (Constante)	-43,408	18,939
FREC	15,815	2,082
LBRA	3,952	0,577
3 (Constante)	-41,849	15,365
FREC	15,815	1,689
LBRA	6,584	0,587
PESO	-1,433	0,192
4 (Constante)	-194,302	31,107
FREC	15,815	1,495
LBRA	9,047	0,688
PESO	-1,397	0,170
PPECH	4,486	4,486

Fuente: Las autoras

$$PPROM = -194.302 + 15.815FREC + 9.047LBRA - 1.397PESO + 4.486PPECH$$

8.2.3 Variable de respuesta presión arterial (sistólica y diastólica)

8.2.3.1 Pruebas de normalidad

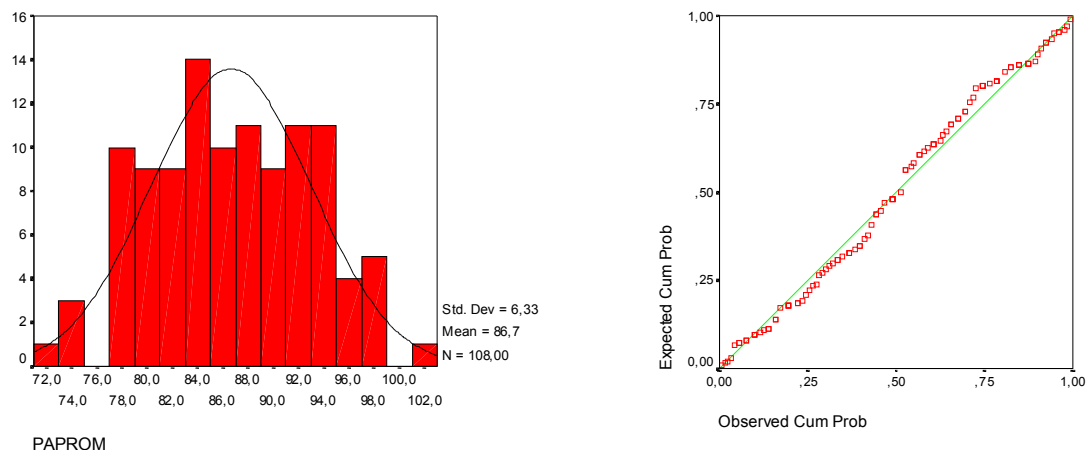
Tabla 49. *Test de Kolmogorov – Smirnov para la presión arterial promedio*

		PAPROM
Diferencia más extrema	Absoluta	0,071
	Positiva	0,600
	Negativa	-0,710
Kolmogorov – Smirnov Z		0,737
Significancia		0,650

Fuente: Las autoras

La prueba de normalidad *Kolmogorov – Smirnov*, muestra un resultado de significancia mayor a 0.05, por lo que se puede decir que la presión arterial promedio en la tarea de halar se distribuye normalmente.

Figura 23. Histograma y gráfica de probabilidad normal para la presión arterial promedio



La gráfica anterior confirma el resultado obtenido por la prueba de *Kolmogorov – Smirnov*, donde la mayoría de datos se encuentran debajo de la curva del histograma y los puntos de la curva de la probabilidad están muy cercanos a la recta.

8.2.3.2 Análisis de varianza (ANOVA)

El resultado del análisis de varianza para la presión arterial promedio, no arrojó ninguna variable de control significantes en su comportamiento. Así lo muestra la tabla a continuación.

Tabla 50. ANOVA para la presión arterial promedio

FUENTE	SUMA DE CUADRADOS TIPO III	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA CUADRÁTICA	F	SIGNIFICANCIA
FREC	100,791	1	100,791	2,458	0,120
DIST	3,997	1	3,997	0,097	0,756
ALTUR	23,715	2	11,857	0,097	0,750
FREC*ALTUR	85,062	2	42,531	1,037	0,358
FREC*DIST	89,128	1	89,128	2,174	0,144
ALTUR*DIST	51,877	2	25,938	0,633	0,533
FREC*ALTUR*DIST	1,413	2	0,707	0,017	0,983
ERROR	3936,477	96	41,005		
TOTAL	815319,136	108			
TOTAL CORREGIDA	4292,460	107			

Fuente: Las autoras

8.2.3.3 Pruebas de homogeneidad

Tabla 51. Pruebas de homogeneidad para la variable de altura, con respecto a la presión arterial promedio

	ALTUR	SUBCONJ.
		1
Student – Newman – Keuls	3	85,99500
	2	96,96300
	1	97,01400
	Sig.	0,779
Tukey	3	85,99500
	2	96,96300
	1	97,01400
	Sig.	0,779

Fuente: Las autoras

Como únicamente se presenta un subconjunto, se reafirma el hecho de que la altura no es significativa para este modelo.

8.2.3.4 Análisis de Correlación

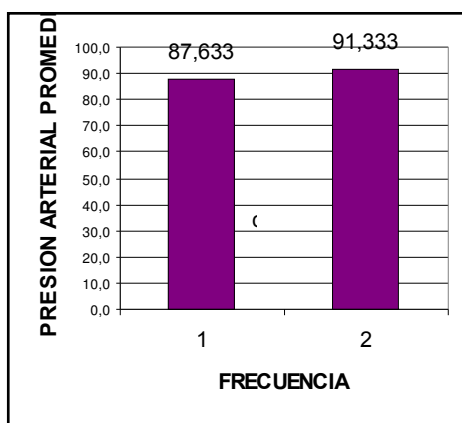
El peso, la altura de los nudillos, el largo del antebrazo, el ancho del pecho y el ancho del hombro, son variables que poseen una relación inversa a la presión arterial promedio; entre tanto que la profundidad del pecho si guarda una relación positiva.

8.2.3.5 Relación de la variable de respuesta con las variables de control

En la tabla 70 en el anexo P, se ordenaron los valores de la presión arterial promedio en las diferentes pruebas de manera descendente, con el objetivo de graficar las diferentes combinaciones y determinar la relación entre la presión arterial promedio y las variables de control.

Frecuencia

Figura 24. Comportamiento de la presión arterial promedio de halar con respecto a la frecuencia



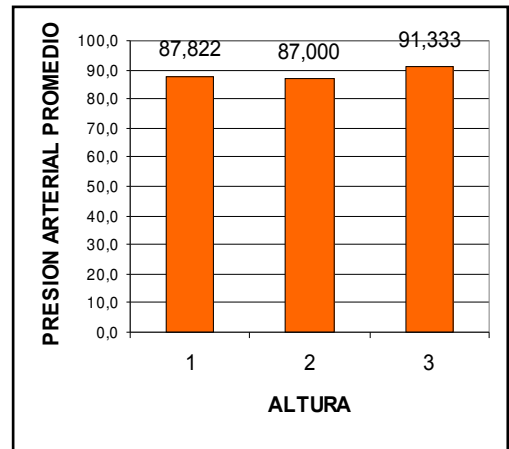
aumenta la frecuencia.

Altura

La figura muestra que la presión arterial varió 4.9%, cuando se efectuaron las pruebas con la segunda frecuencia. Se puede decir que las variables guardan una relación directa, donde la presión arterial promedio se incrementa en la medida que

Figura 25. Comportamiento de la presión arterial promedio de halar con respecto a la altura

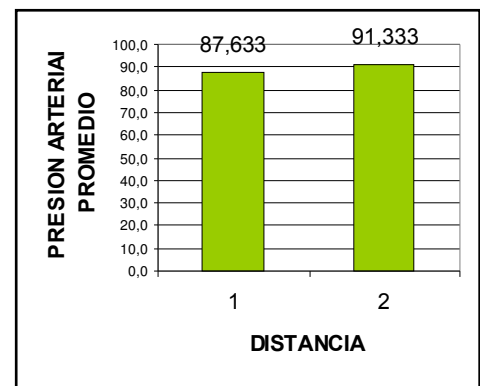
Aunque esta figura no muestra ninguna tendencia marcada en el comportamiento de la presión arterial promedio, al ser sometida a diferentes alturas, deja ver una leve diferencia. En la altura tres se presentó un mayor valor en comparación con las alturas dos y tres; siendo la altura dos la que posee el menor valor registrado.



Distancia

Figura 26. Comportamiento de la presión arterial promedio de halar con respecto a la distancia

El comportamiento de la presión arterial promedio observado, indica que esta aumentó al realizarse la prueba en una distancia de 15 metros.



8.2.3.6 Modelo de predicción

Regresión con respecto a las variables de control

No existe un modelo preliminar que muestre una relación entre la variable de respuesta analizada y las variables de control.

Regresión con respecto a las variables totales

Tabla 52. Regresión de la presión arterial con respecto a las variables totales

MODELO	R	R ²	R ² AJUSTADA	ERROR ESTIMADO
1	0,446	0,199	0,191	5,69600
2	0,518	0,269	0,255	5,46800
3	0,550	0,302	0,282	5,36600
4	0,595	0,354	0,329	5,18700
5	0,622	0,387	0,357	5,08000

MODELO	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA CUADRÁTICA	F	SIGNIFICANCIA
1 Regresión	853,077	1	853,077	26,294	0,000
Residual	3439,091	106	32,444		
Total	4292,168	107			
2 Regresión	1152,785	2	576,393	19,278	0,000
Residual	3139,382	105	29,899		
Total	4292,168	107			
3 Regresión	1297,086	3	432,362	15,013	0,000
Residual	2995,082	104	28,799		
Total	4292,168	107			
4 Regresión	1520,733	4	380,183	14,129	0,000
Residual	2771,435	103	26,907		
Total	4292,168	107			
5 Regresión	1659,964	5	331,993	12,865	0,000
Residual	2632,203	102	25,806		
Total	4292,168	107			

Modelo 1 (Constante), APECH

Modelo 2 (Constante), APECH, AHOMB

Modelo 3 (Constante), APECH, AHOMB, PPROM

Modelo 4 (Constante), APECH, AHOMB, PPROM, ENVG

Modelo 5 (Constante), APECH, AHOMB, PPROM, ENVG, HHOMB

Variable dependiente: PAPROM

Fuente: Las autoras

A diferencia de las variables de control, las variables antropométricas y las de respuesta, si guardan una relación con la presión arterial promedio en la tarea de halar. La tabla 46, muestra que ésta puede ser definida en función

del ancho del pecho, ancho del hombro, el pulso promedio, altura del hombro y la envergadura.

Con los coeficientes de la tabla a continuación, se construyó esta ecuación:

$$\text{PAPROM} = 137.436 - 0.861\text{APECH} - 1.101\text{AHOMB} + 0.126\text{PPROM} - 0.277\text{ENVG} + 0.206\text{HHOMB}$$

Tabla 53. Coeficientes del modelo de la fuerza promedio de halar con respecto a las variables totales

MODELO	PARAMETROS	
	B	ERROR ESTANDAR
1 (Constante)	110,418	4,667
APECH	-0,857	0,061
2 (Constante)	140,452	10,491
APECH	-0,897	0,161
AHOMB	-0,862	0,272
3 (Constante)	133,310	10,779
APECH	-0,888	0,158
AHOMB	-0,905	0,268
PPROM	7,694E-02	0,034
4 (Constante)	149,945	11,910
APECH	-0,927	0,153
AHOMB	-0,600	0,280
PPROM	-0,113	0,035
ENVG	-0,181	0,063
5 (Constante)	137,436	12,847
APECH	-0,861	0,153
AHOMB	-1,101	0,348
PPROM	0,126	0,035
ENVG	-0,277	0,074
HHOMB	0,306	0,132

Variable dependiente: PAPROM

Fuente: Las autoras

8.2.4 Reporte de incomodidad

Al realizar las pruebas de halar se evidenció que los trabajadores no estaban acostumbrados a realizar este tipo de tareas debido a la postura que debían asu-

mir; No obstante, durante las pruebas no reportaron incomodidad alguna. Únicamente, el día siguiente de las pruebas iniciales, expresaron cansancio en las extremidades.

9.8 COMPARACION CON OTRAS INVESTIGACIONES

9.1 EN EL ÁMBITO INTERNACIONAL

Aunque en el ámbito internacional se han llevado a cabo diferentes experimentos de este tipo, se consideró que el que más similitud tenía, de acuerdo a las características básicas de la metodología, era el realizado por Snook y Ciriello en el año 1978. Este experimento fue realizado con hombres y mujeres con experiencia, teniendo en cuenta que las alturas variaban de acuerdo a las características de la muestra. Asimismo, las frecuencias y distancias fueron más diversas que en el presente estudio. Por consiguiente, se tomaron los resultados de las pruebas similares y se calcularon los percentiles 10, 25, 50, 75 y 90 para cada combinación, para luego establecer el porcentaje de variación entre los estudios.

Inicialmente se comparó la fuerza de empuje para la distancia uno, la frecuencia uno y las alturas uno y dos. Los resultados detallados en la siguiente tabla muestran que en la altura dos, los trabajadores colombianos registraron una mayor fuerza máxima promedio de empuje en los diferentes percentiles, sustentado en el valor de la variación calculada (16,13%). Por el contrario, los trabajadores norteamericanos, ejercieron una mayor fuerza máxima promedio de empuje durante la prueba realizada con la altura uno. Sin embargo, en este último caso la variación fue de 5.05%, por lo que se puede considerar que la diferencia no es tan representativa.

Tabla 54. Comparación de fuerzas máximas de empuje en pruebas con frecuencia uno y distancia uno

	Percentiles	Snook y Ciriello	Variación	Estudio presente
CINTURA	90	18	9,27	19,84
	75	23	4,49	24,08
	50	29	1,16	29,34
	25	35	16,53	41,93
	10	40	30,66	57,69
	Promedio	29	16,13	34,576
NUDILLOS	90	14	3,25	14,47
	75	19	-12,63	16,87
	50	23	-17,05	19,65
	25	28	2,47	28,71
	10	32	-4,17	30,72
	Promedio	23,2	-5,05	22,084

Fuente: Snook y Ciriello y las autoras

La siguiente tabla de comparación muestra como las fuerzas máximas promedio de empuje fueron mayor en ambas alturas, con variaciones promedio de 22.98% para la altura dos y 24.81% para la altura uno.

Tabla 55. Comparación de fuerzas máximas de empuje en pruebas con frecuencia dos y distancia uno

	Percentiles	Snook y Ciriello	Variación	Estudio presente
CINTURA	90	16	35,51	24,81
	75	21	27,29	28,88
	50	26	20,20	32,58
	25	31	22,52	40,01
	10	35	15,05	41,20
	Promedio	25,8	22,98	33,496
NUDILLOS	90	13	33,50	19,55
	75	16	25,06	21,35
	50	20	29,58	28,40
	25	25	16,89	30,08
	10	28	22,80	36,27
	Promedio	20,4	24,81	27,13

Fuente: Snook y Ciriello y las autoras

Debido a la disminución que se realizó en la longitud de la distancia dos, fue necesario hacer la comparación de resultados de esta prueba con la tabla propuesta por Snook y Ciriello, creada preferiblemente para mujeres.

Tabla 56. Comparación de fuerzas máximas de empuje en pruebas con frecuencia uno y distancia dos

	Percentiles	Snook y Ciriello	Variación	Estudio presente
HOMBROS	90	13	24,64	17,25
	75	16	18,58	19,65
	50	18	39,29	29,65
	25	21	45,71	38,68
	10	24	53,73	51,87
	Promedio	18,4	41,44	31,42
CINTURA	90	15	24,55	19,88
	75	18	27,45	24,81
	50	21	28,03	29,18
	25	24	41,32	40,90
	10	27	39,75	44,81
	Promedio	21	34,20	31,916
NUDILLOS	90	13	13,85	15,09
	75	15	15,16	17,68
	50	17	25,04	22,68
	25	19	30,20	27,22
	10	21	47,01	39,63
	Promedio	17	30,50	24,46

Fuente: Snook y Ciriello y las autoras

Continuando la comparación, se realizó el mismo procedimiento con la tarea de hablar. Los resultados de las tablas 57 y 58 reiteran el mayor esfuerzo realizado por los trabajadores colombianos en las diferentes combinaciones descritas en ellas. Sin embargo, se destaca una menor variación en el caso de la distancia uno, frecuencia uno y altura uno, puesto que esta se encuentra seis puntos por debajo de las otras variaciones presentadas. Se debe tener en cuenta que estos resultados no pueden ser exactamente iguales, pues las condiciones de los experimentos no son idénticas.

Tabla 57. Comparación de fuerzas máximas de halamiento en pruebas con frecuencia

uno y distancia uno

	Percentiles	Snook y Ciriello	Variación	Estudio presente
CINTURA	90	18	14,85	21,14
	75	21	23,25	27,36
	50	26	22,69	33,63
	25	30	26,81	40,99
	10	33	34,74	50,57
	Promedio	25,6	26,31	34,738
NUDILLOS	90	20	4,21	20,88
	75	24	-0,25	23,94
	50	29	3,20	29,96
	25	34	12,12	38,69
	10	38	28,69	53,29
	Promedio	29	13,05	33,35

Fuente: Snook y Ciriello y las autoras

Tabla 58. Comparación de fuerzas máximas de halamiento en pruebas con frecuencias dos y distancia uno

	Percentiles	Snook y Ciriello	Variación	Estudio presente
CINTURA	90	15	39,54	24,81
	75	19	34,21	28,88
	50	23	29,40	32,58
	25	26	35,02	40,01
	10	30	27,18	41,2
	Promedio	22,6	32,53	33,50
NUDILLOS	90	18	9,77	19,95
	75	21	-1,89	20,61
	50	25	13,91	29,04
	25	30	33,16	44,88
	10	33	50,15	66,20
	Promedio	25,4	29,71	36,14

Fuente: Snook y Ciriello y las autoras

9.2 EN EL ÁMBITO NACIONAL

En Colombia, los pocos estudios de este tipo que se han llevado a cabo, han sido coordinados por el Centro de Estudios de Ergonomía (CEE) de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá. En esta línea de investigación se han

desarrollado experimentos relacionados con la manipulación de cargas, como son las tareas de llevar, levantar, empujar y halar, en muestras de hombres y mujeres con y sin experiencia. El estudio inicial fue realizado por el Ingeniero Leonardo Quintana del cual fueron extraídos los resultados utilizados para efectuar las siguientes comparaciones.

En las tablas 59 y 60, se muestran las comparaciones realizadas en cuanto a las fuerzas de empuje máximas encontradas en este estudio. Se encontró que la menor variación se presentó en las pruebas con frecuencia y distancia uno, a la altura de la cintura (7.86%); mientras que las otras pruebas los resultados obtuvieron variaciones mucho mayores, mostrando que las fuerzas máximas ejercidas en el presente estudio fueron mucho mayores que las encontradas por Quintana.

Tabla 59. Comparación de fuerzas máximas de empuje en pruebas con frecuencia uno y distancia uno.

	Percentiles	Quintana	Variación	Estudio presente
CINTURA	90	26,9	-35,58	19,84
	75	31,8	-32,06	24,08
	50	37,3	-27,13	29,34
	25	42,77	-2,00	41,93
	10	47,69	17,33	57,69
	Promedio	37,292	-7,86	34,576
NUDILLOS	90	22,2	-53,42	14,47
	75	28,6	-69,53	16,87
	50	35,72	-81,78	19,65
	25	42,83	-49,18	28,71
	10	49,22	-60,22	30,72
	Promedio	35,714	-61,72	22,084

Fuente: Quintana y las autoras

Tabla 60. Comparación de fuerzas máximas de empuje en pruebas con frecuencia dos y distancia uno

	Percentiles	Quintana	Variación	Estudio presente
CINTURA	90	37,94	-52,92	24,81
	75	42,87	-48,44	28,88
	50	48,35	-48,40	32,58
	25	53,83	-34,54	40,01
	10	58,76	-42,62	41,20
	Promedio	48,35	-44,35	33,496
NUDILLOS	90	31,13	-59,23	19,55
	75	36,93	-72,97	21,35
	50	42,23	-48,70	28,40
	25	48,08	-59,84	30,08
	10	53,00	-46,13	36,27
	Promedio	42,274	-55,82	27,13

Fuente: Quintana y las autoras

Para la tarea de halar se hizo el mismo análisis de comparación. Las tablas 61 y 62 muestran que las variaciones existentes entre los dos estudios nacionales son pequeñas en comparación con las variaciones obtenidas con los estudios internacionales. Esto es debido a que la muestra comparte las mismas características, lo cual permite atribuir a los errores humanos, la diferencia entre los datos resultantes.

Tabla 61. Comparación de fuerzas máximas de halamiento en pruebas con frecuencia uno y distancia uno

	Percentiles	Quintana	Variación	Estudio presente
CINTURA	90	21,69	-2,60	21,14
	75	27,21	0,55	27,36
	50	33,33	0,89	33,63
	25	39,40	3,88	40,99
	10	44,98	11,05	50,57
	Promedio	33,322	4,08	34,738
NUDILLOS	90	23,9	-14,46	20,88
	75	28,8	-20,30	23,94
	50	34,41	-14,85	29,96
	25	39,92	-3,18	38,69
	10	44,88	15,78	53,29
	Promedio	34,382	-3,09	33,35

Fuente: Quintana y las autoras

Tabla 62. Comparación de fuerzas máximas de halamiento en pruebas con frecuencia dos y distancia uno

|

	Percentiles	Quintana	Variación	Estudio presente
CINTURA	90	30,17	-21,60	24,81
	75	34,62	-19,88	28,88
	50	39,57	-21,45	32,58
	25	44,50	-11,22	40,01
	10	48,00	-16,50	41,2
	Promedio	39,372	-17,54	33,50
NUDILLOS	90	26,07	-30,68	19,95
	75	30,46	-47,79	20,61
	50	35,34	-21,69	29,04
	25	40,22	10,38	44,88
	10	44,60	32,63	66,20
	Promedio	35,338	2,21	36,14

Fuente: Quintana y las autoras

10. CONCLUSIONES

ACTIVIDAD DE EMPUJAR

La fuerza de empuje promedio de la muestra fue de 11.779 kgf, con una desviación estándar de 3.616 kgf; la fuerza mínima registrada fue de 5.296 kgf y la máxima fue de 18.789 kgf.

La variable significativa que arrojó el ANOVA para la fuerza de empuje fue la frecuencia, presentando una significancia de 0.034. Se observó, que a medida que aumentaba la frecuencia, se requería de un mayor esfuerzo, por lo que la fuerza promedio de empuje también aumentaba. Cuando se realizaron dos empujes por minuto, la fuerza promedio fue de 14.058 kgf; mientras que cuando fueron cuatro empujes por minuto fue de 18.008 kgf.

La significancia del modelo creado, basado en la importancia de la relación de la fuerza de empuje con la frecuencia fue de 0.032 con un porcentaje de certeza de un 3.4%. La ecuación resultante de este modelo fue:

$$\text{FEPROM} = 9.544 + 1.490\text{FREC}$$

El modelo creado a partir de los datos antropométricos presentó una significancia de 0.012; y dejó ver la estrecha relación que existía entre la fuerza de empuje promedio y la altura del hombro, con un porcentaje de certeza del 4.9%. Por lo que la ecuación resultante fue:

$$\text{FEPROM} = -7.024 + 0.137\text{HHOM}$$

El modelo resultante final relacionó, con una significancia de 0.004 y con un 8.3% de exactitud, la fuerza de empuje promedio con la altura del hombro y

con la frecuencia; y la ecuación resultante fue:

$$FEPRM = -9.259 + 0.137HHOMB + 1.490FREC$$

Las estadísticas descriptivas calculadas revelaron que el pulso promedio fue de 106.6210 pulsaciones por minuto, con una desviación estándar de 12.8325 pulsaciones por minuto; el valor del pulso mínimo registrado fue de 77.40 pulsaciones por minuto y el máximo fue de 139.37 pulsaciones por minuto.

Se encontró que la variable de frecuencia era la que presentaba una significancia de 0.000, por lo que se afirmó que efectivamente influía en el comportamiento del pulso. Además, al graficar la frecuencia versus el pulso promedio registrado se pudo observar que el efecto era directamente proporcional.

El primer modelo calculo presentó un coeficiente de determinación del modelo del 29.9%, con una significancia de 0.00, menor que el parámetro establecido por el nivel de confianza de la prueba, por lo cual se consideró como un modelo valido. Este modelo estaba basado principalmente en la importancia de la frecuencia, en el resultado del pulso en la tarea de empujar. Por lo cual la ecuación deducida fue:

$$PPROM = 85.427 + 14.129FREC$$

El modelo resultante de la regresión realizada con respecto a las variables antropométricas, tuvo una exactitud ajustada del 48.5% y una significancia de 0.00. El modelo se fundamentó en las relaciones que predichas entre la variable del pulso con la frecuencia, el largo del brazo, largo de la mano, profundidad del pecho y el peso en la tarea de empujar. Por consiguiente, la siguiente ecuación refleja lo encontrado:

$$PPROM = -58.012 + 13.329FREC + 4.988LBRA - 5.400LMANO + 2.862PPECHO + 0.419PESO$$

Las estadísticas descriptivas calculadas revelaron una presión arterial promedio de 88.066 mmHg, con una desviación estándar de 8.588 mmHg; el mínimo valor registrado de la presión arterial promedio fue de 39.2 mmHg y el máximo fue de 101.0 mmHg.

A diferencia de las otras pruebas de *Kolmogorov – Smirnov* realizadas, ésta no tuvo una significancia mayor a 0.05, por lo cual se concluyó que la presión arterial promedio en la tarea de empujar no se comportaba de una manera normal, lo que se comprobó con el histograma y la gráfica de probabilidad normal. Por lo tanto, al realizar la prueba de *Mann – Whitmey* se evidenció la importancia de una de las variables analizadas, la distancia, registrando una significancia de 0.002. Al graficar la relación entre la presión arterial y la distancia recorrida en la tarea; se encontró que en la medida en que aumentaba la distancia, aumentaba la presión arterial promedio.

La regresión lineal realizada expuso un primer modelo que relacionaba únicamente la distancia, confirmando los anteriores análisis. Éste, arrojó una significancia de 0.031, por lo que se consideró válido y la ecuación obtenida fue:

$$\text{PAPROM} = 82.730 + 3.557\text{DIST}$$

El siguiente modelo calculado se basó en la relación existente, según los datos, entre la presión arterial promedio con el alcance funcional, la altura del pecho y la distancia. Este obtuvo una significancia de 0.00, lo que lo hizo más que satisfactorio. La ecuación resultante del modelo descrito anteriormente es:

$$\text{PAPROM} = 86.183 + 8.880\text{E}-0.2\text{AF} - 0.720\text{APECH} + 3.557\text{DIST}$$

ACTIVIDAD DE HALAR

A partir de las estadísticas descriptivas calculadas se concluyó que la fuerza de halar promedio fue de 12.67674 kgf, con una desviación estándar de 3.75060 kgf; la fuerza mínima registrada fue de 6.468 kgf y la máxima fue de 19.822 kgf.

Al realizar el análisis de varianza se encontró una relación existente entre la variable de respuesta de la fuerza de halar, con la frecuencia y la altura, con una significancia de 0.017 y 0.034 respectivamente. Asimismo, por medio las pruebas de homogeneidad se pudo corroborar la relación que existía entre la fuerza de halar y su altura de apoyo, puesto que se encontraron dos subconjuntos con significancias mayores al parámetro de evaluación (0.05). Además, al graficar las variables, se mostró que la relación era directamente proporcional, cuando se hablaba de la frecuencia, e inversamente proporcional cuando se trataba de la altura

El modelo resultante, al realizar la correlación lineal con respecto a las variables de control, tuvo una significancia de 0.002, donde se relacionaron la altura y la frecuencia con la fuerza promedio de halar. Los coeficientes resultantes se tuvieron en cuenta para obtener la siguiente ecuación:

$$\text{FHPROM} = 12.387 - 1.126\text{ALTUR} + 1.695\text{FREC}$$

El modelo escogido al realizar la regresión lineal con respecto a las variables antropométricas mostró una relación entre la altura del hombro y el largo del brazo con la fuerza promedio de halar, con una la siguiente ecuación:

$$\text{FHPROM} = 12.304 - 0.821\text{AHOMB} + 0.864\text{LBRA}$$

Finalmente, el último modelo calculado arrojó una significancia de 0.00, en donde se relacionaron la altura del hombro, el largo del brazo, la altura y la frecuencia, con la fuerza promedio de halar. Como es evidente, este modelo

combinó las variables de tal forma que aproximadamente el 33% de los datos podrán ser predichos. La ecuación resultante de este modelo fue:

$$\text{FHPROM} = 12.013 - 0.821\text{AHOMB} + 0.864\text{LBRA} - 1.126\text{ALTUR} + 1.695\text{FREC}$$

De acuerdo a las estadísticas descriptivas calculadas, expusieron que el pulso promedio registrado fue de 107.985 veces por minuto, con una desviación estándar de 15.146 veces por minuto; la fuerza mínima registrada fue de 71.7 veces por minuto y la máxima fue de 146.4 veces por minuto.

El análisis de varianza dejó ver que la frecuencia fue la única variable de control que poseía una relación estrecha con el pulso promedio; esto, con una significancia de 0.00. La gráfica mostró una diferencia del 16% del pulso promedio ante la variación de la frecuencia, siendo la frecuencia dos, la mayor. Se puede decir que hay una relación directa, es decir, que a mayor frecuencia, mayor número de pulsaciones por minuto.

El modelo resultante de la regresión, relacionó la frecuencia, el largo del brazo, el peso y la profundidad del pecho, con el pulso promedio bajo una significancia de 0.00. Los coeficientes resultados son los que se expresados en la siguiente ecuación:

$$\text{PPROM} = 84.242 + 15.829\text{FREC}$$

Posteriormente, al realizar una nueva regresión lineal con todas las variables se encontró la siguiente ecuación:

$$\text{PPROM} = -194.302 + 15.815\text{FREC} + 9.047\text{LBRA} - 1.397\text{PESO} + 4.486\text{PPECH}$$

El resultado del análisis de varianza para la presión arterial promedio, no arrojó ninguna variable de control significantes en su comportamiento. Por lo que no existe un modelo preliminar que muestre una relación entre la variable de respuesta analizada y las variables de control.

Al realizar la regresión lineal, teniendo en cuenta las variables antropométricas, mostró que ésta podía ser definida en función del ancho del pecho, ancho del hombro, el pulso promedio, altura del hombro y la envergadura; esta relación fue expresada en la siguiente ecuación:

$$\text{PAPROM} = 137.436 - 0.861\text{APECH} - 1.101\text{AHOMB} + 0.126\text{PROM} - 0.277\text{ENVG} + 0.206\text{HHOMB}$$

Al realizar las pruebas de halar se evidenció que los trabajadores no estaban acostumbrados a realizar este tipo de tareas debido a la postura que debían asumir; No obstante, durante las pruebas no reportaron incomodidad alguna. Únicamente, el día siguiente de las pruebas iniciales, expresaron cansancio en las extremidades.

La fuerza promedio de halar para una población con las características de la muestra del experimento esta entre el rango de 11.0247 kgf y 14.9717 kgf (Ver anexo Q).

La fuerza promedio de empujar para una población con las características de la muestra del experimento esta entre el rango de 10.067 kgf y 11.557 kgf (Ver anexo Q).

El peso no fue una variable significativa en ninguna de las dos ecuaciones de la fuerza promedio. Aunque pareciera obvio que debería existir una relación predecible entre esta variable antropométrica y la variable de respuesta, esto se puede explicar teniendo en cuenta que en el movimiento la persona no utiliza directamente su peso, sino que utiliza sus pies para realizar el desplazamiento y los brazos para transmitir la fuerza al carro. Esto se ve reflejado en una fuerza inversa de fricción o tracción que se presenta en la planta de los pies y en las ruedas del carro. No obstante, en este caso, también se debe tener en cuenta un aspecto fundamental del análisis estadístico que influye en el resultado de los modelos de predicción; debido a que no se presenta-

ron grandes diferencias de peso en la muestra escogida, al realizar las regresiones no se presentó un impacto significativo, pero esto debería analizarse también en muestras de mayor heterogeneidad, donde lo más posible es que el resultado cambie dependiendo de las diferencias en las medidas con respecto a las fuerzas ejercidas

11. RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar realizando estudios donde se determinen las capacidades y buenas posturas de los trabajadores que manipulen cargas en todos los sectores industriales del país.

Para próximos estudios, es favorable tener en cuenta el coeficiente de rozamiento de la superficie del lugar del experimento. En el caso del presente estudio, el coeficiente determinó que el suelo era peligroso, y se recomienda que éste presente optimas condiciones para disminuir riesgos durante la realización de las pruebas; si se presenta lo contrario, es recomendable hacer uso de zapatos o franjas antideslizantes en el piso.

Se recomienda también para los próximos estudios, tener una iluminación adecuada para que no sea un factor que aumente la fatiga del participante durante las pruebas. Esta debe corresponder al tipo de tareas de manipulación de materiales a la que pertenezca.

Teniendo en cuenta que en en el país se toman como referencia los estandares internacionales y que estos no cubren todos los riesgos a los que se expone un trabajador colombiano, se recomienda tener en cuenta y aplicar los resultados de estos estudios.

Para cumplir con la recomendación anteior, es necesario divulgar los resultados de los estudios relacionados a las capacidades de los trabajadores y capacitar tanto a los empleadores como a los trabajadores en el tema. De esta manera se contribuiye con el bienestar de las personas, la productividad de las organizaciones y disminución de los costos incurridos por lesiones de traumas generados por el trabajo.

Durante la exposición de los trabajadores en las tareas relacionadas con cargas pesadas, es muy recomendable que se utilicen fajas de seguridad que mantengan a la persona en buena postura y prevenga traumas musculoesqueleticos.

Para los estudios posteriores a este, se recomienda a los investigadores,

realizar a los participantes ejercicios de calentamiento y estiramiento previos y posteriores a las pruebas y así evitar molestias.

Una vez conocidos los estándares nacionales, es importante que las herramientas de trabajo sean adecuadas a las características de las personas que laboren con ellas y no ser las personas quienes se ajusten a las herramientas.

Complementar estos experimentos con estudios de tiempos y movimientos, para reducir las largas distancias en los recorridos de las tareas de manipulación de cargas

Ofrecer una infraestructura que responda a las necesidades de las aplicaciones evaluadas

Utilizar para este tipo de tareas, carros con agarraderas ajustables tanto horizontal como vertical y con un grosor cómodo que facilite el ejercicio y no perturbe las palmas de las manos

Adecuar las herramientas de trabajo a las características de las personas que laboren con ellas y no ser las personas quienes se ajusten a las herramientas

Mantener disponibilidad de los equipos y herramientas necesarias para llevar a cabo de la mejor manera las pruebas de los experimentos

Ofrecer seguridad en la manipulación de materiales mediante equipos estables que prevengan accidentes y mayores esfuerzos para el operario, reduce costos de mantenimiento y tiempos

Seleccionar el carro adecuado a la tarea para reducir las fuerzas aplicadas para hacer rodar y girar el carro

Mejorar las medidas de productividad, calidad, salubridad, seguridad y otros productos y procesos por medio de la aplicación de los principios de ergonomía

Para tareas de empujar, se recomienda utilizar frecuencias bajas ya que el pulso y la fuerza son menores. Vale aclarar, que la frecuencia debe corresponder a la distancia que se deba ser recorrida, por ejemplo dos eventos por minuto en distancias de 10mts a 15mts.

Para tareas de halar, se recomienda utilizar frecuencias mayores a las de empujar, en este caso la frecuencia 2 demostró la necesidad de ejercer menor fuerza que una frecuencia mas baja. Esta sugerencia se hace bajo la aclaración que los trabajadores deben ser instruidos y entrenados para

realizar tareas de halamiento para no alterar de una manera inversa el ritmo cardiaco.

Se recomienda que para tareas de empujar y halar, no se realice la fuerza a una altura 3, el trabajador ejerce una menor fuerza en las alturas 1 y 2 y la alteración del ritmo cardiaco no es representativo.

Se recomienda realizar este tipo de tareas de halar y empujar en distancias de recorrido mayores a 10mts pero que al mismo tiempo que no sean tan largas.

Se recomienda reducir las tareas de halar y reemplazarlas por tareas de empujar, ya que representa un menor esfuerzo por parte de los trabajadores.

12. BIBLIOGRAFÍA

- FUNDACION MAPFRE. Manual de Ergonomía. Madrid: Editorial Mapfre, 1994.
- MITAL, Anil y AYOUB, M. Manual Materials Handling. Londres: Taylor And Francis, 1989.
- ESTRADA MUÑOZ, Jairo. Ergonomía: Introducción al análisis del trabajo. Colombia: editorial Universidad de Antioquia.
- MONDELO, Pedro. Ergonomía 1. Barcelona: Alfaomega, 2000.
- QUINTANA, Leonardo. Determinación de las capacidades máximas aceptables para empujar y halar de trabajadores colombianos. Disertación Doctoral, Universidad de Houston. Texas, 2000
- NIEBEL, Benjamin W. Ingeniería Industrial: Métodos, Tiempos Y Movimientos. México: Alfaomega, 1996. p.120.
- CORTÉS DÍAZ, José María. Seguridad e Higiene del Trabajo. México: Alfaomega, 2001.

- PINZÓN, Liliana y PUENTES, Andrés. Determinación de la fuerza máxima aceptable para empujar y halar cargas por parte de hombres trabajadores con experiencia previa en la manipulación de cargas. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, 2001.
- CUERVO, Carlos Alberto y SARMIENTO, Andrea. Determinación de la fuerza máxima aceptable para empujar y halar por parte de féminas con experiencia previa en manipulación de cargas en Bogotá 2002. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, 2002.
- RUEDA, María Clemencia. Y ANGULO, María Emma. Sistema de Vigilancia Epidemiológica para Manipulación de cargas y posturas inadecuadas del ISS. Bogotá. 1998.
- WALPOLE, Ronald y MYERS, Raymond. Probabilidad y estadística. Cuarta Edición. México: McGrawHill, 1992.
- DEVORE, Jay L. Probabilidad y Estadística para ingeniería y ciencias. Cuarta Edición. México: Internacional Thompson Editores, 1998.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACIÓN. Tesis y otros trabajos de grado. Bogotá: ICONTEC, 1994, 1995, 1996, 1998.
- <http://www.cdc.gov/>.
- <http://www.mintrabajo.gov.co/>.

ANEXO A: PROTOCOLO

**La Escuela de Salud Pública de la Universidad de Texas
Pontificia Universidad Javeriana
Permiso para participar en un estudio de manejo de materiales
Comité para la protección de Sujetos Humanos
Protocolo Aprobado No. HSC-SPH 02-018**

TITULO DEL PROTOCOLO: Determinación de capacidades de manejo de materiales para trabajadores colombianos.

INTRODUCCIÓN: Los accidentes de trabajo ocurren frecuentemente cuando de levantan, llevan, empujan o jalan objetos pesados. No se conocen bien cuáles son los límites aceptables para estas actividades en trabajadores latinoamericanos y colombianos. Es importante saber los niveles de estas actividades que van a tener menor posibilidad de producir un accidente en el trabajo, para que puedan establecerse leyes que protejan a los trabajadores colombianos.

PROPÓSITO DEL ESTUDIO: El propósito principal de este estudio es realizar una serie de pruebas que ayuden a determinar las capacidades y los límites para levantar, cargar, empujar o jalar cargas pesadas, para trabajadores con y sin experiencia.

PROCEDIMIENTO: Primero, usted tomará parte en una reunión con el investigador principal, Ingeniero Leonardo Quintana, quien explicará los detalles de este estudio y estará disponible para contestar cualquier pregunta que usted tenga. A continuación se le tomarán distintas medidas de su cuerpo (altura, peso y distintas medidas de brazos y piernas). Esta primera sesión durará aproximadamente 30 minutos. Se le programarán tres (3) sesiones más. En la segunda sesión las tareas consistirán en levantar objetos y durará aproximadamente 4 horas (9 sesiones de 20 minutos mas descanso). La tercera sesión (cargando), durará aproximadamente 7 a 8 horas 18 sesiones de 20 minutos mas descanso). La cuarta sesión (empujar y halar) durará aproximadamente 10 horas (24 sesiones de 20 minutos más descanso). El tiempo total de participación en este estudio de investigación será aproximadamente 22 a 24 horas. Antes y después de cada una de estas tres sesiones se le medirá la fuerza prensil de sus manos con un aparato llamado dinamómetro. Su frecuencia cardiaca y la presión de la sangre estará vigilada durante cada una de estas sesiones. Además, durante algunas de estas actividades se le pedirá que lleve una mascarilla ligera de que permitirá saber la cantidad de oxígeno que su cuerpo está gastando durante la tarea. A continuación describimos cada una de estas sesiones en mayor detalle:

Segunda sesión (levantamiento): Antes de iniciar estas tareas usted recibirá capacitación sobre la manera correcta de levantar objetos. Esto le familiarizará con la tarea y con las medidas de precaución que debe tomar durante este tipo de actividad. Después de esto habrá una sesión de levantamiento. Usted podrá elegir su propio estilo de levantamiento para las pruebas. A continuación, se le pedirá que levante un objeto (una caja) de determinado peso, y usted podrá aumentar o disminuir el peso d ese objeto. Se le darán precisas para ayudarle a controlar tanto la duración de la sesión como el numero de veces que levanta el objeto. Se le pedirá que levante la caja desde: (a) el suelo hasta la altura de los nudillos de su mano; (b) desde la altura de los nudillos hasta la altura de sus hombros; (c) desde la altura de sus hombros hasta lo más alto que pueda alcanzar. Realizará esta

actividad durante 20 minutos. Al final de los 20 minutos, descasará durante 5 minutos y luego continuara levantando durante otros 20 minutos. Se realizarán un total de 9 taras de levantamiento. Al principio de cada sesión, así como al final de cada sesión y de la tarea, se le pedirá que llene un diagrama indicando si presenta molestia y en qué punto.

Tercera sesión (llevar objetos): Antes de iniciar estas tareas usted recibirá capacitación sobre la manera correcta de llevar objetos. El objetivo de esta capacitación es familiarizarlo con la tarea y con las medidas de precaución que debe tomar durante este tipo de actividad. Después de esto habrá una sesión de precalentamiento para minimizar la posibilidad de un accidente y para familiarizarlo con la manera adecuada de llevar objetos. Usted podrá elegir su propio estilo de llevar objetos durante las pruebas. A continuación, se le pedirá que lleve un objeto (una caja) de determinado peso, y usted podrá aumentar o disminuir el peso de ese objeto. Se le pedirá que lleve la caja a distintas alturas (al nivel de los nudillos, de la cintura y de los hombros), en distinto orden. Realizará esta tarea durante 20 minutos. Al final de los 20 minutos, descasará durante 5 minutos y luego continuara llevando el objeto durante otros 20 minutos. Se realizarán un total de 18 tareas. Al principio de cada sesión, así como al entre cada sesión y al final de la tarea, se le pedirá que llene un diagrama indicando si presenta molestia y en qué parte del cuerpo.

Cuarta sesión (empujar y halar): Antes de iniciar estas tareas usted recibirá capacitación sobre la manera correcta de empujar y halar objetos. El objetivo de esta capacitación es familiarizarlo con la tarea y con las medidas de precaución que debe tomar durante este tipo de actividad. Después de esto habrá una sesión de precalentamiento para minimizar la posibilidad de un accidente y para familiarizarlo con los métodos de empujar y halar objetos. Para la tarea de halar, se le pedirá que hale un carrito cargado a lo largo de una distancia predeterminada, con sus pies en el suelo y las manos en el carrito. Usted ajustará el peso de carrito hasta que indique una fuerza que podría ejercer durante un periodo de 8 horas. Realizará esta

tarea durante 20 minutos. Para la tarea de empujar, se le pedirá que empuje un carrito cargado a lo largo de una distancia predeterminada, con sus pies en el suelo y las manos en el carrito. Usted ajustará el peso de carrito hasta que indique una fuerza que podría ejercer durante un periodo de 8 horas. Realizará esta tarea durante 20 minutos. Se realizaran un total de 24 tareas. Al principio de cada sesión, así como al entre cada sesión y al final de la tarea, se le pedirá que llene un diagrama indicando si presenta molestia y en qué parte del cuerpo.

RIESGOS Y MOLESTIAS: Antes de comenzar cualquiera de las pruebas, el equipo de investigadores le enseñaran como maneja correctamente un objeto pesado. Durante la prueba, usted estará vigilado por un miembro del equipo de investigadores, para estar seguro de que todo se esta haciendo con la mayor precaución y seguridad. De todas maneras, existe cierto riesgos de que usted podría sufrir molestias o una lesión mientras esta llevando, levantando, empujando o jalando el objeto pesado. Si esto ocurre, la prueba se detendrá inmediatamente y un médico lo examinará.

BENEFICIOS: Su participación en el estudio ayudará a mejorar lo que se conoce sobre limite de carga de trabajo, y beneficiará sobretodo a aquellos trabajadores que realicen este tipo de trabajo a diario. Usted también aprenderá como manejar objetos pesados. De todas maneras, también es posible que no se beneficie directamente de este estudio.

GASTOS, REEMBOLSO Y COMPENSACION: Usted recibirá un pago de hasta US\$50 para gastos relacionados con aparcamiento, comidas y su tiempo.

ALTERNATIVAS: Usted puede no elegir no participar en este estudio. Si usted decide no participar, puede recibir información, de uno del equipo investigador sobre el método de manejo de cargas pesadas.

CONFIDENCIALIDAD: Se hará todo lo posible por mantener la confidencialidad de

su información. El equipo de investigadores no dará el resultado de su análisis sin su autorización, salvo si fuera requerido por ley. En caso de publicarse los datos de este estudio, usted nunca ser identificado por su nombre y solamente se presentaran datos agregados.

GASTOS ECONOMICOS PARA LOS PARTICIPANTES: Usted no tendrá ningún gasto económico representado por este estudio.

DERECHOS DE LOS PARTICIPANTES: Usted ha sido informado que puede haber riesgos o molestias desconocidos asociados con este estudio. También ha sido informado que se le comunicará cualquier información nueva descubierta en el transcurso del estudio. Si usted sufre una lesión como resultado de la participación de esta prueba se le ofrecerán los cuidados médicos necesarios de la misma manera que a cualquier otro ciudadano. En caso de sufrir algún accidente, deberá comunicar al Dr. George Delclos (Investigador principal) al teléfono (713) 500-9459, o al Ingeniero Leonardo Quintana (Investigador principal) al teléfono (571) 3208320 así como al Comité de la Protección de Humanos al teléfono (713) 500-5827. Su participación es enteramente voluntaria y usted puede negarla o discontinuarla en cualquier momento sin penalización ni pérdida de beneficios y derechos. El investigador tiene el derecho de retirarlo del estudio en cualquier momento.

Este estudio (HSC-SPH 02-018) ha sido revisado por el Comité de la Protección de Humanos (SPHS) de la University of Texas Health Science en Houston. Si tiene cualquier pregunta referente a sus derechos como participante o si tiene que reportar una lesión causada por el estudio llámé SPHS al teléfono (713) 500-5827. Los Investigadores principales (Dr. Delclos y el Ingeniero Quintana) podrán contestar cualquier pregunta que tenga en cualquier momento.

HE LEIDO ESTA INFORMACIÓN (O ME LA HAN LEIDO) Y HE RECIBIDO RESPUESTAS SATISFACTORIAS A TODAS MIS PREGUNTAS. VOLUNTARIAMENTE DOY CONSENTIMIENTO A PARTICIPAR EN ESTE

ESTUDIO. RECIBIRÉ UNA COPIA DE ESTE DOCUMENTO.

_____.

Firma del Participante

Hora

_____.

Fecha

_____.

Firma de la Persona que obtiene el consentimiento

_____.

Nombre de la Persona que obtiene el consentimiento (en letra de molde)

ANEXO B: FORMATO PARA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN ANTROPOMÉTRICA

DATOS GENERALES

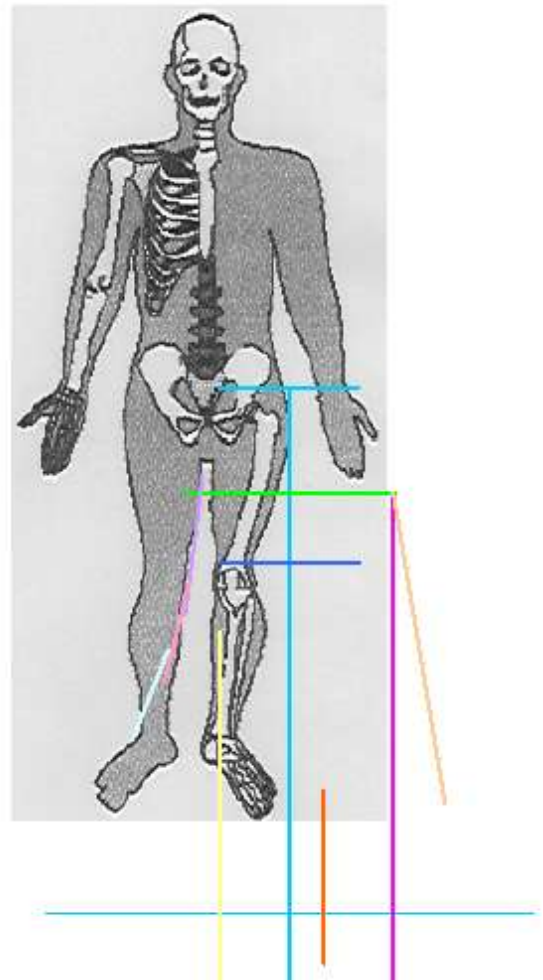
Fecha de Nacimiento (mes/día/año): ___/___/___

Nombre del participante: _____

1. Edad: _____ años
2. Peso: _____ Kg.
3. Estatura: _____ m
4. Presión Arterial: _____ mm de mercurio
5. Pulso Basal: _____ pulsaciones por minuto

PUNTOS DE REFERENCIA ANATOMICOS





6. Envergadura: _____ cm
7. Alcance Máximo: _____ cm
8. Altura del Hombro: _____ cm
9. Alcance Funcional: _____ cm
10. Altura Trocantérica: _____ cm
11. Altura de la Rodilla: _____ cm
12. Largo del Brazo: _____ cm
13. Largo del Antebrazo: _____ cm
14. Largo de la Mano: _____ cm
15. Altura del Nudillo: _____ cm
16. Largo del acromio al dactilo: _____ cm
17. Profundidad del Pecho: _____ cm
18. Ancho del Pecho: _____ cm
19. Ancho de los Hombros: _____ cm
20. Profundidad Abdominal: _____ cm



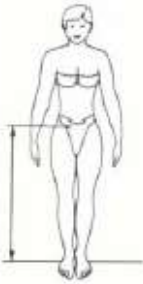
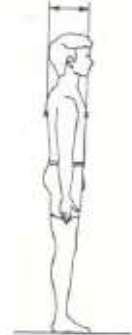


ANEXO C: MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

Tabla 63. Descripción de las medidas antropométricas

Medidas de pie

Medida	Figura
<p>1. Masa corporal (peso)</p> <p><i>Descripción:</i> Masa total del cuerpo humano.</p> <p><i>Método:</i> La persona está de pie sobre una balanza.</p> <p><i>Instrumento:</i> Balanza.</p>	
<p>2. Estatura</p> <p><i>Descripción:</i> Distancia vertical desde el piso hasta el punto más alto de la cabeza (vértice)</p> <p><i>Método:</i> La persona está de pie completamente recto con los pies juntos. La cabeza es orientada en el plano horizontal.</p> <p><i>Instrumento:</i> Antropómetro.</p>	
<p>3. Altura de ojos</p> <p><i>Descripción:</i> Distancia vertical desde el piso hasta la esquina más saliente del ojo.</p> <p><i>Método:</i> La persona está de pie completamente recto con los pies juntos. La cabeza es orientada en el plano horizontal.</p> <p><i>Instrumento:</i> Antropómetro.</p>	
<p>4. Altura de hombros</p> <p><i>Descripción:</i> Distancia vertical desde el piso hasta el acromio.</p> <p><i>Método:</i> La persona está de pie completamente recto con los pies juntos. Los hombros están relajados, con los hombros colgando de forma relajada.</p> <p><i>Instrumento:</i> Antropómetro.</p>	
<p>5. Altura de codos</p> <p><i>Descripción:</i> Distancia vertical desde el piso hasta el punto más saliente del codo.</p> <p><i>Método:</i> La persona está de pie completamente recto con los pies juntos. El brazo cuelga libremente hacia abajo, con el antebrazo flexionado 90° con respecto a este.</p> <p><i>Instrumento:</i> Antropómetro.</p>	


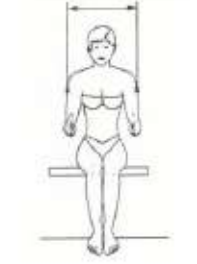
Continuación tabla 63

<p>6. Altura de la espina iliaca.</p> <p><i>Descripción:</i> Distancia vertical desde el piso hasta el punto más saliente de la espina hiliaca.</p> <p><i>Método:</i> La persona está de pie completamente recto con los pies juntos.</p> <p><i>Instrumento:</i> Antropómetro.</p>	
<p>7. Profundidad de pecho</p> <p><i>Descripción:</i> Profundidad del torso medido en el plano sagital a la altura de la mitad del esternón.</p> <p><i>Método:</i> La persona está de pie completamente recto con los pies juntos. Los brazos cuelgan libremente hacia abajo.</p> <p><i>Instrumento:</i> Antropómetro.</p>	
<p>8. Profundidad del cuerpo</p> <p><i>Descripción:</i> Máxima profundidad del cuerpo.</p> <p><i>Método:</i> La persona está de pie contra la pared con los pies juntos y los brazos cuelgan libremente hacia abajo.</p> <p><i>Instrumento:</i> Antropómetro.</p>	
<p>9. Ancho de pecho</p> <p><i>Descripción:</i> Ancho del pecho medido a la altura de la mitad del esternón.</p> <p><i>Método:</i> La persona está de pie contra la pared con los pies juntos y los brazos cuelgan libremente hacia abajo.</p> <p><i>Instrumento:</i> Antropómetro.</p>	

Continuación tabla 63

Medidas sentado.



Medida	Figura
<p>10. Altura sentado</p> <p><i>Descripción:</i> : Distancia vertical desde la superficie horizontal del asiento hasta el punto más alto del vértice de la cabeza.</p> <p><i>Método:</i> La persona está sentada completamente recta con los muslos completamente apoyadas y las piernas colgando libremente. La cabeza es orientada en el plano horizontal.</p> <p><i>Instrumento:</i> Antropómetro.</p>	
<p>11. Altura de ojos</p> <p><i>Descripción:</i> : Distancia vertical desde la superficie horizontal del asiento hasta la esquina más salida del ojo.</p> <p><i>Método:</i> La persona está sentada completamente recta con los muslos completamente apoyadas y las piernas colgando libremente. La cabeza es orientada en el plano horizontal.</p> <p><i>Instrumento:</i> Antropómetro.</p>	
<p>12. Altura cervical</p> <p><i>Descripción:</i> Distancia vertical desde la superficie horizontal del asiento el piso hasta el cervical.</p> <p><i>Método:</i> La persona está sentada completamente recta con los muslos completamente apoyadas y las piernas colgando libremente. La cabeza es orientada en el plano horizontal.</p> <p>relajados, con los hombros colgando de forma relajada.</p> <p><i>Instrumento:</i> Antropómetro.</p>	
<p>13. Altura de hombros</p> <p><i>Descripción:</i> Distancia vertical desde la superficie horizontal del asiento el piso hasta el acromio.</p> <p><i>Método:</i> La persona está sentada completamente recta con los muslos completamente apoyadas y las piernas colgando. Los hombros están relajados con los brazos colgando libremente.</p> <p><i>Instrumento:</i> Antropómetro.</p>	

<p>14. Altura de codo</p> <p><i>Descripción:</i> Distancia vertical desde la superficie horizontal del asiento hasta el punto más bajo del hueso del codo con el brazo doblado a 90°.</p> <p><i>Método:</i> La persona está sentada completamente recta con los muslos completamente apoyadas y las piernas colgando. Los hombros están relajados con los brazos colgando libremente.</p> <p><i>Instrumento:</i> Antropómetro.</p>	
<p>15. Longitud hombro - codo</p> <p><i>Descripción:</i> Distancia vertical desde el acromio hasta el codo con el brazo doblado a 90°.</p> <p><i>Método:</i> La persona está sentada completamente recta con los muslos completamente apoyadas y las piernas colgando. Los hombros están relajados con los brazos colgando libremente.</p> <p><i>Instrumento:</i> Antropómetro.</p>	
<p>16. Longitud codo - muñeca</p> <p><i>Descripción:</i> Distancia horizontal desde la pared hasta la muñeca.</p> <p><i>Método:</i> La persona está sentada completamente recta contra la pared y con el brazo colgando libremente. Los codos tocan la pared y el antebrazo está horizontal.</p> <p><i>Instrumento:</i> Antropómetro.</p>	
<p>17. Ancho entre hombros (biacromial)</p> <p><i>Descripción:</i> Distancia a lo largo de una línea recta entre acromio y acromio.</p> <p><i>Método:</i> La persona está sentada o parada completamente recta con los hombros relajados.</p> <p><i>Instrumento:</i> Calibrador largo.</p>	
<p>18. Ancho entre hombros (bideltaide)</p> <p><i>Descripción:</i> Distancia a lo largo de la máxima protuberancia lateral de los músculos deltoides izquierdo y derecho.</p> <p><i>Método:</i> La persona está sentada o parada completamente recta con los hombros relajados.</p> <p><i>Instrumento:</i> Calibrador largo.</p>	

Continuación tabla 63

<p>19. Ancho entre codos</p> <p><i>Descripción:</i> Distancia máxima entre las superficies laterales de la región de los codos.</p> <p><i>Método:</i> La persona está sentada o parada completamente recta con los brazos colgando hacia abajo y tocando ligeramente los lados del cuerpo. Los antebrazos están extendidos horizontalmente y paralelos el uno al otro y el piso. La medida es tomada sin presionar el músculo de los codos.</p> <p><i>Instrumento:</i> Calibrador largo.</p>	
<p>20. Longitud de la pierna baja (altura poplítea)</p> <p><i>Descripción:</i> Distancia vertical desde el piso donde descansan los pies hasta la superficie inferior del muslo inmediatamente atrás de la rodilla, con la pierna doblada en ángulo recto.</p> <p><i>Método:</i> La persona está sentada con la pierna doblada en ángulo recto.</p> <p><i>Instrumento:</i> Antropómetro.</p>	
<p>21. Espacio de muslo</p> <p><i>Descripción:</i> Distancia vertical desde la superficie del asiento al punto más alto del muslo.</p> <p><i>Método:</i> La persona está sentada de manera recta con la pierna doblada en ángulo recto y los pies soportados en el piso.</p> <p><i>Instrumento:</i> Antropómetro.</p>	
<p>22. Altura de rodilla</p> <p><i>Descripción:</i> Distancia vertical desde el piso al punto más alto del borde superior de la patena.</p> <p><i>Método:</i> La persona está sentada de manera recta con la pierna doblada en ángulo recto y los pies soportados en el piso.</p> <p><i>Instrumento:</i> Antropómetro.</p>	
<p>23. Profundidad abdominal sentado</p> <p><i>Descripción:</i> Máxima profundidad del abdomen causado por la postura sentado.</p> <p><i>Método:</i> La persona está sentada completamente recta con los brazos colgando libremente hacia abajo.</p> <p><i>Instrumento:</i> Antropómetro.</p>	

Continuación tabla 63

<p>24. Profundidad del tórax en los senos</p> <p><i>Descripción:</i> Máxima profundidad del tórax al nivel de los senos de una mujer.</p> <p><i>Método:</i> La persona está sentada o parada completamente recta con los brazos colgando libremente hacia abajo. La persona usa su ropa interior usual.</p> <p><i>Instrumento:</i> Antropómetro.</p>	
<p>25. Profundidad del abdomen-nalga sentado</p> <p><i>Descripción:</i> Máxima profundidad proyectada de la protuberancia más baja del torso desde la protuberancia anterior del abdomen y la protuberancia posterior de la nalga.</p> <p><i>Método:</i> La persona está sentada completamente recta con los muslos completamente soportados en el asiento y la parte baja de las piernas colgando libremente. La parte más sobresaliente de la nalga debe tocar la superficie vertical de la pared.</p> <p><i>Instrumento:</i> Antropómetro.</p>	

FUENTE: Centro de Estudios de Ergonomía. Guía de laboratorio Ingeniería de Métodos (2002).

ANEXO D: MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS DE LOS PARTICIPANTES

Tabla 64. Base de datos antropométricos de los participantes

ANEXO E: HORARIO DE LAS PRUEBAS

Antes de iniciar las pruebas, se consultaron las jornadas de trabajo de lo participantes, con sus jefes inmediatos; con el fin de coordinar los horarios de las pruebas. Se debieron realizar diferentes ciclos, pues se tuvo que tener en cuenta la disponibilidad de los equipos.

Tabla 65. Programación de pruebas

PARTICIPANTE	HORA														
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															

Jefes

ZONA NORTE	María Consuelo Ramirez
ZONA SUR TALLERES	Ing. José Domingo
ZONA SUR	Rosalba Fino

Fuente: Las autoras

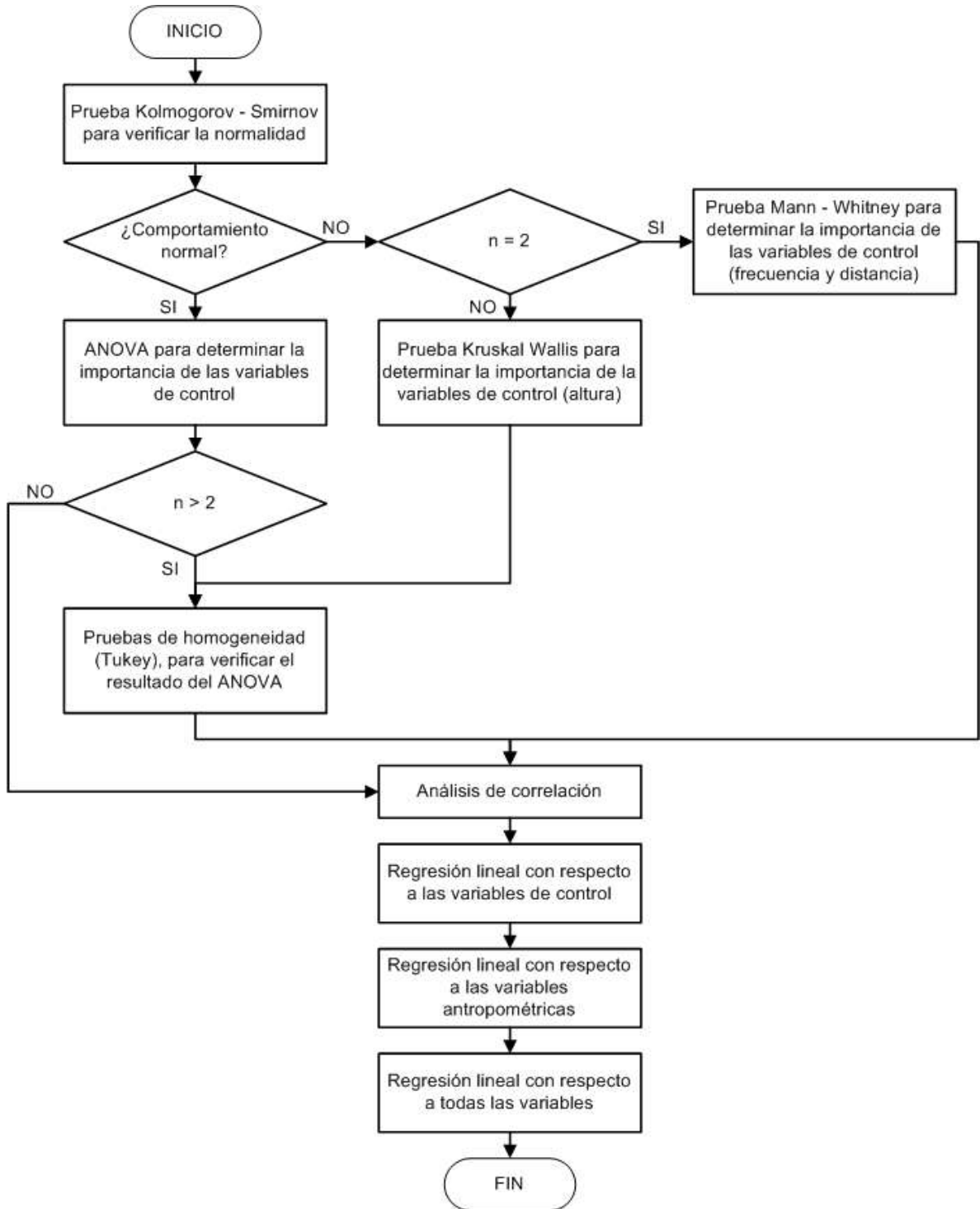
ANEXO F: FORMATO DE CAPTURA DE DATOS

Fecha ____/____/____ Nombre _____ Código _____

Frecuencia	Altura	Distancia
(1) 2xmin	(1) piso-nudillos	
(2) 4xmin	(2) nudillos-hombros	
	(3) hombros-alcance máx	

	Pulso		Pulso		Pulso		Pulso		Pulso		Pulso
1	41		81		1	41		81			
2	42		82		2	42		82			
3	43		83		3	43		83			
4	44		84		4	44		84			
5	45		85		5	45		85			
6	46		86		6	46		86			
7	47		87		7	47		87			
8	48		88		8	48		88			
9	49		89		9	49		89			
10	50		90		10	50		90			
11	51		91		11	51		91			
12	52		92		12	52		92			
13	53		93		13	53		93			
14	54		94		14	54		94			
15	55		95		15	55		95			
16	56		96		16	56		96			
17	57		97		17	57		97			
18	58		98		18	58		98			
19	59		99		19	59		99			
20	60		100		20	60		100			
21	61		101		21	61		101			
22	62		102		22	62		102			
23	63		103		23	63		103			
24	64		104		24	64		104			
25	65		105		25	65		105			
26	66		106		26	66		106			
27	67		107		27	67		107			
28	68		108		28	68		108			
29	69		109		29	69		109			
30	70		110		30	70		110			
31	71		111		31	71		111			
32	72		112		32	72		112			
33	73		113		33	73		113			
34	74		114		34	74		114			
35	75		115		35	75		115			
36	76		116		36	76		116			
37	77		117		37	77		117			
38	78		118		38	78		118			
39	79		119		39	79		119			
40	80		120		40	80		120			

ANEXO H: FLUJOGRAMA DEL ANÁLISIS DE DATOS






ANEXO I: RECURSOS FÍSICOS

Tabla 66. Recursos físicos utilizados durante el proyecto

RECURSO	DESCRIPCIÓN	
Antropómetro	Aparato de medición de datos antropométricos	 A photograph showing an anthropometer, a tool used for measuring body dimensions, resting on a blue cloth-covered surface.
Tensiómetro	Aparato automático para medir el pulso y las presiones arteriales sistólica y diastólica	 A photograph of an automatic blood pressure monitor with a digital display, connected to a cuff, being used on a person's arm.
Pulsómetro	Dispositivo de pulsera, utilizado para medir la frecuencia cardiaca.	 A photograph of a black wrist-worn heart rate monitor device with a digital display and a black strap.
Cinta métrica	Cinta para medir distancias grandes.	 A photograph of a large blue and yellow retractable measuring tape.
Carro adaptado	Dispositivo diseñado para realizar las tareas de halar y empujar.	 A photograph of a metal hand truck or dolly with a flat platform and two vertical handles.

<p>Instalaciones de la Pontificia Universidad Javeriana</p>	<p>Lugar donde se realizaron los experimentos (Edificio de parqueaderos).</p>	
<p>Dinamómetro</p>	<p>Aparato de medición para registrar las fuerzas ejercidas por los participantes.</p>	
<p>Báscula</p>	<p>Aparato para medir el peso de los participantes y de los bultos de arena.</p>	
<p>Grabadora y Compact Disc de frecuencia</p>	<p>Equipo necesario para lograr exactitud en el comando de salida de cada evento</p>	
<p>Sacos de arena</p>	<p>Cargas que simulan los productos que se deben manipular (4 bultos de 85 kg cada uno).</p>	
<p>Cámara de video y cámara fotográfica</p>	<p>Aparato para captura de imágenes de la forma como se realiza la tarea.</p>	
<p>Software Sistema de Análisis Estadístico y (SPSS)</p>	<p>Sistema utilizado para establecer la relación entre las variables</p>	

Computadora (dos unidades)	Equipo para efectuar la toma de datos y los cálculos por medio de los programas, conectar los equipos y elaborar el documento	
Software de computador	Windows Me, Microsoft Office 2000, Microsoft Internet Explorer 5, etc.	
Impresora y tinta	Para imprimir el documento y la información adicional requerida	

Fuente: Las autoras

ANEXO J: RECURSOS HUMANOS

Tabla 67. Recurso humano utilizado durante el proyecto

RECURSO	DESCRIPCIÓN
----------------	--------------------

Director del proyecto	Ingeniero Industrial con Doctorado en Ingeniería Industrial, con énfasis en ergonomía, factor humano y seguridad industrial. También es co-investigador y gestor del diseño de la prueba.
Autoras	Estudiantes de Pregrado de Ingeniería Industrial en la Pontificia Universidad Javeriana, ejecutantes del proyecto.
Doctor	Evaluador de la condición médica de los participantes.
Participantes de la muestra	Hombres con experiencia previa en la manipulación de cargas asociados al personal de la Pontificia Universidad Javeriana.

Fuente: Las autoras

ANEXO K: DATOS DE LA TAREA DE EMPUJAR

Tabla 68. Base de datos de la actividad de empuje

PRUEBA	FRECUENCIA	ALTURA (Cm)	DISTANCIA (Mts)	PARTICIPANTE	FUERZA PROMEDIO (Kgf)	FUERZA MAXIMA (Kgf)	PULSO PROMEDIO	PULSO MAXIMO	PRESION ARTERIAL PROMEDIO	PRESION A. SISTÓLICA PROMEDIO	PRESION A. DIASTÓLICA PROMEDIO
1	1	1	1	1	9,852	19,520	105,25	98	86,50	113,5	73
1	1	1	1	2	11,085	21,060	112,45	120	91,80	113,5	81
1	1	1	1	3	7,163	15,670	100,55	111	90,50	116,5	78
1	1	1	1	4	9,874	18,070	103,95	114	78,30	98	69
1	1	1	1	5	5,987	14,480	98,15	102	84,00	109	72
1	1	1	1	6	16,836	30,730	82,33	89	84,00	110	71
1	1	1	1	7	6,019	29,950	93,05	99	89,70	124	73
1	1	1	1	8	14,057	19,650	106,60	116	92,70	114	82
1	1	1	1	9	7,357	27,470	87,69	94	86,80	117	72
2	2	1	1	1	10,506	20,220	110,00	122	87,30	108	77
2	2	1	1	2	10,055	19,550	111,15	120	89,50	105,5	82
2	2	1	1	3	18,789	36,270	105,10	113	86,50	106,5	77
2	2	1	1	4	11,047	25,980	126,18	143	80,20	98,5	71
2	2	1	1	5	10,057	22,490	122,73	131	83,50	108,5	71
2	2	1	1	6	13,297	28,430	93,56	103	85,50	113,5	72
2	2	1	1	7	12,872	29,140	102,80	109	85,20	111,5	72
2	2	1	1	8	12,055	30,080	98,18	106	85,30	112,5	72
2	2	1	1	9	18,008	30,080	98,18	106	85,30	112,5	72
3	1	2	1	1	10,384	26,040	85,85	95	89,80	115,5	77
3	1	2	1	2	15,736	30,480	92,90	95	91,30	117	79
3	1	2	1	3	12,578	26,750	113,55	120	95,70	125	81
3	1	2	1	4	16,765	29,340	116,25	121	76,70	92	69
3	1	2	1	5	13,383	19,840	98,80	103	86,00	114	72
3	1	2	1	6	6,355	42,950	82,83	93	81,50	104,5	70
3	1	2	1	7	17,270	22,120	111,70	119	84,00	109	72
3	1	2	1	8	14,065	40,920	99,75	107	84,40	109	72
3	1	2	1	9	12,450	57,690	104,71	110	87,80	113,5	75
4	2	2	1	1	8,055	41,160	100,08	108	89,20	107,5	80
4	2	2	1	2	16,198	33,020	108,70	116	91,50	110,5	82
4	2	2	1	3	12,054	24,810	133,78	148	91,70	125	75
4	2	2	1	4	7,235	28,990	111,73	121	76,70	96	67
4	2	2	1	5	13,383	32,590	111,95	118	86,70	114	73
4	2	2	1	6	15,987	31,480	95,96	103	79,00	102	68
4	2	2	1	7	17,968	28,770	121,15	127	89,50	126,5	71
4	2	2	1	8	12,787	41,520	111,41	118	85,50	115,5	71
4	2	2	1	9	10,587	38,860	117,10	123	88,00	118	73
5	1	3	1	1	11,290	19,090	97,00	103	86,80	116,5	72
5	1	3	1	2	15,967	36,050	104,15	112	89,50	114,5	77
5	1	3	1	3	6,678	14,370	100,20	106	94,70	124	80
5	1	3	1	4	8,057	24,230	116,25	123	76,80	94,5	68
5	1	3	1	5	14,497	35,040	93,75	100	91,80	109,5	83
5	1	3	1	6	9,621	19,880	77,80	86	93,80	106,5	88
5	1	3	1	7	7,086	9,910	103,76	190	89,70	124	73
5	1	3	1	8	8,537	20,120	93,32	129	86,30	108,8	75
5	1	3	1	9	7,083	14,900	98,41	110	75,30	96	65
6	2	3	1	1	14,074	56,200	107,53	113	94,20	124,5	79
6	2	3	1	2	15,967	40,060	111,65	122	92,20	112,5	82
6	2	3	1	3	15,758	19,050	110,00	122	96,20	119,5	85
6	2	3	1	4	13,056	21,050	115,55	130	85,70	102	78
6	2	3	1	5	16,262	21,700	98,75	106	91,80	112,5	82
6	2	3	1	6	10,587	16,480	113,71	119	93,20	120,5	80
6	2	3	1	7	18,574	16,480	113,71	119	93,20	120,5	80
6	2	3	1	8	8,577	25,220	110,58	119	39,20	51,5	73
6	2	3	1	9	8,087	33,010	115,53	123	81,50	103,5	71

Continuación tabla 68

PRUEBA	FRECUENCIA	ALTURA (Cm)	DISTANCIA (Mts)	PARTICIPANTE	FUERZA PROMEDIO (Kgf)	FUERZA MAXIMA (Kgf)	PULSO PROMEDIO	PULSO MAXIMO	PRESIÓN ARTERIAL PROMEDIO	PRESIÓN A. SISTÓLICA PROMEDIO	PRESIÓN A. DIASTÓLICA PROMEDIO
7	1	1	2	1	13,643	22,690	96,45	100	82,20	96,5	75
7	1	1	2	2	12,055	24,850	99,80	103	92,50	114,5	82
7	1	1	2	3	15,132	19,980	88,15	94	96,70	121	85
7	1	1	2	4	7,229	24,880	101,50	108	87,70	110	77
7	1	1	2	5	10,478	15,680	84,45	90	91,70	117	79
7	1	1	2	6	14,756	29,640	92,48	99	83,70	114	69
7	1	1	2	7	8,987	15,090	99,21	104	91,20	126,5	74
7	1	1	2	8	6,326	19,680	104,74	114	81,50	103,5	71
7	1	1	2	9	14,058	29,560	114,20	120	91,50	114,5	80
8	2	1	2	1	14,715	31,700	108,78	114	81,00	101	71
8	2	1	2	2	14,058	32,250	125,53	131	88,50	107,5	79
8	2	1	2	3	14,588	20,560	120,00	130	91,00	106	84
8	2	1	2	4	16,298	39,060	115,50	123	92,70	115	82
8	2	1	2	5	8,195	16,660	109,53	119	88,00	121	72
8	2	1	2	6	8,980	17,350	113,71	119	93,20	120,5	80
8	2	1	2	7	14,852	11,270	123,18	130	84,70	116	69
8	2	1	2	8	6,382	24,440	133,00	146	91,50	133,5	71
8	2	1	2	9	11,058	27,960	129,57	140	89,50	113,5	78
9	1	2	2	1	13,858	19,880	91,40	95	91,00	109	82
9	1	2	2	2	8,930	38,160	99,95	104	97,70	117	88
9	1	2	2	3	11,743	24,890	90,16	100	96,30	117	86
9	1	2	2	4	11,142	43,650	110,26	119	95,30	115	86
9	1	2	2	5	7,048	24,750	98,99	107	90,70	112	80
9	1	2	2	6	13,738	35,860	77,40	82	84,30	115	69
9	1	2	2	7	15,704	44,810	103,55	110	81,30	108	68
9	1	2	2	8	11,853	25,820	95,48	101	84,40	113,3	70
9	1	2	2	9	9,594	29,180	105,50	112	87,70	117	73
10	2	2	2	1	17,456	31,970	102,55	107	92,00	118	79
10	2	2	2	2	10,689	26,820	100,50	105	95,00	117	84
10	2	2	2	3	13,852	34,060	115,00	124	98,50	116,5	90
10	2	2	2	4	14,077	39,220	127,00	138	101,00	122	91
10	2	2	2	5	6,071	30,260	108,55	118	97,70	127	83
10	2	2	2	6	11,270	19,890	106,65	114	85,00	120	68
10	2	2	2	7	12,742	25,580	116,38	126	89,80	126,5	72
10	2	2	2	8	7,975	24,730	118,81	127	88,60	124	71
10	2	2	2	9	10,042	18,110	133,40	140	90,80	125,5	74
11	1	3	2	1	8,504	17,530	92,90	96	101,00	112	96
11	1	3	2	2	5,778	21,770	98,00	112	92,20	114,5	81
11	1	3	2	3	17,431	38,410	100,00	112	97,00	122	85
11	1	3	2	4	12,057	28,590	106,00	118	94,80	121,5	82
11	1	3	2	5	5,296	29,650	107,00	118	99,70	119	90
11	1	3	2	6	15,190	38,950	86,05	95	86,70	111	75
11	1	3	2	7	10,370	51,870	107,80	116	78,70	113	62
11	1	3	2	8	10,456	30,900	139,37	160	44,20	63,5	35
11	1	3	2	9	8,456	17,260	104,25	113	81,80	105,5	70
12	2	3	2	1	7,083	26,160	102,68	109	97,80	116,5	89
12	2	3	2	2	17,345	33,580	117,60	125	93,70	114	84
12	2	3	2	3	18,594	20,080	115,00	128	95,70	117	85
12	2	3	2	4	8,059	36,870	113,75	127	94,30	110	87
12	2	3	2	5	7,085	35,060	112,50	127	94,30	111	86
12	2	3	2	6	16,156	12,210	103,02	117	77,00	104	64
12	2	3	2	7	11,789	32,580	114,88	126	92,00	133	72
12	2	3	2	8	15,980	26,840	137,95	160	94,50	114,5	85
12	2	3	2	9	9,052	27,640	137,26	146	90,30	122	75

Fuente: Las autoras

ANEXO L: DATOS DE LA TAREA DE HALAR

Tabla 69. Base de datos de la actividad de halamiento

PRUEBA	FRECUENCIA	ALTURA (Cm)	DISTANCIA (Mts)	PARTICIPANTE	FUERZA PROMEDIO (Kgf)	FUERZA MAXIMA (Kgf)	PULSO PROMEDIO	PULSO MAXIMO	PRESIÓN ARTERIAL PROMEDIO	PRESIÓN A. SISTÓLICA PROMEDIO	PRESIÓN A. DIASTÓLICA PROMEDIO
1	1	1	1	1	10,568	44,560	96,30	101	89	111,5	77
1	1	1	1	2	15,979	53,290	103,90	110	90	107,5	82
1	1	1	1	3	9,484	27,330	106,80	112	90	112,5	79
1	1	1	1	4	6,700	22,660	100,90	106	82	101,5	72
1	1	1	1	5	6,732	20,880	104,90	111	99	130,5	83
1	1	1	1	6	14,670	29,960	71,70	76	84	110,5	70
1	1	1	1	7	17,972	32,820	101,70	116	86	118	70
1	1	1	1	8	18,781	31,330	108,20	111	91	127,5	72
1	1	1	1	9	11,987	25,230	101,60	120	80	109,5	65
2	2	1	1	1	19,188	33,620	96,60	99	90	108,5	81
2	2	1	1	2	13,941	47,050	123,50	134	92	110	83
2	2	1	1	3	10,097	31,140	116,90	130	86	108	76
2	2	1	1	4	10,951	30,430	109,00	115	79	92	73
2	2	1	1	5	15,589	36,940	120,40	128	91	114,5	79
2	2	1	1	6	17,464	33,530	86,50	93	86	114,5	72
2	2	1	1	7	11,986	28,050	123,60	132	91	116	79
2	2	1	1	8	19,782	39,400	138,90	151	89	119,5	74
2	2	1	1	9	19,822	36,080	116,30	125	83	111,5	69
3	1	2	1	1	13,894	50,570	96,40	99	81	103	70
3	1	2	1	2	10,637	30,250	98,30	100	93	124	78
3	1	2	1	3	11,315	37,570	100,60	111	88	116	75
3	1	2	1	4	11,245	36,490	100,10	108	75	88,5	68
3	1	2	1	5	10,459	33,420	101,80	113	92	119	79
3	1	2	1	6	19,780	44,410	83,70	88	78	101	66
3	1	2	1	7	17,987	33,630	119,70	125	96	114	87
3	1	2	1	8	14,931	24,470	103,80	111	92	125,5	76
3	1	2	1	9	13,602	21,140	97,90	105	86	114	73
4	2	2	1	1	13,982	66,200	110,40	118	82	107,5	70
4	2	2	1	2	13,504	47,620	115,60	124	94	118,5	81
4	2	2	1	3	11,460	33,090	116,90	126	87	112	74
4	2	2	1	4	12,930	20,880	107,00	119	78	87	73
4	2	2	1	5	7,579	19,950	114,60	125	94	106,5	87
4	2	2	1	6	8,950	20,360	92,90	99	94	133,5	74
4	2	2	1	7	18,388	42,150	130,80	145	73	105	58
4	2	2	1	8	14,742	29,040	106,40	116	77	98,5	67
4	2	2	1	9	13,133	22,340	125,80	220	88	123	71
5	1	3	1	1	12,876	36,120	95,70	98	78	101	67
5	1	3	1	2	7,127	24,440	98,20	100	98	128,5	83
5	1	3	1	3	9,809	23,670	100,30	105	88	112,5	76
5	1	3	1	4	8,341	22,130	101,70	110	78	101	67
5	1	3	1	5	7,918	21,180	94,70	101	83	109	70
5	1	3	1	6	12,865	16,510	81,40	87	84	119,5	67
5	1	3	1	7	15,123	29,620	101,90	106	83	108,5	71
5	1	3	1	8	9,070	30,590	119,90	128	78	99	68
5	1	3	1	9	13,789	27,180	113,90	124	92	115	81
6	2	3	1	1	15,758	55,350	107,80	113	88	117	73
6	2	3	1	2	12,590	35,990	128,30	137	95	119	83
6	2	3	1	3	10,859	31,260	102,60	110	89	111	78
6	2	3	1	4	7,785	21,360	108,20	116	79	101,5	68
6	2	3	1	5	8,887	24,090	113,80	121	84	107,5	72
6	2	3	1	6	12,987	26,780	88,00	93	84	114,5	69
6	2	3	1	7	17,394	32,280	122,10	135	88	120	72
6	2	3	1	8	15,355	51,970	146,40	160	85	109,5	73
6	2	3	1	9	17,855	44,990	118,80	129	92	109,3	84

Continuación tabla 69

PRUEBA	FRECUENCIA	ALTURA (Cm)	DISTANCIA (Mts)	PARTICIPANTE	FUERZA PROMEDIO (Kgf)	FUERZA MAXIMA (Kgf)	PULSO PROMEDIO	PULSO MAXIMO	PRESIÓN ARTERIAL PROMEDIO	PRESIÓN A. SISTÓLICA PROMEDIO	PRESIÓN A. DIASTÓLICA PROMEDIO
7	1	1	2	1	8,050	24,530	89,60	95	86	113	73
7	1	1	2	2	13,010	43,490	94,60	99	92	116	80
7	1	1	2	3	10,676	31,840	107,40	110	94	116	83
7	1	1	2	4	9,259	31,680	100,20	111	72	92	62
7	1	1	2	5	6,990	29,900	92,90	98	90	117,5	76
7	1	1	2	6	10,940	23,980	73,50	77	81	98	72
7	1	1	2	7	18,439	34,830	108,60	113	86	114	72
7	1	1	2	8	17,552	37,320	116,90	123	79	97	70
7	1	1	2	9	19,667	39,470	114,00	125	86	118,5	70
8	2	1	2	1	18,426	34,840	102,60	128	84	110	71
8	2	1	2	2	11,123	39,920	107,20	126	92	112	83
8	2	1	2	3	11,386	33,800	120,00	138	97	122	85
8	2	1	2	4	16,495	29,880	118,20	126	96	111,5	89
8	2	1	2	5	15,749	29,540	103,20	112	95	125,5	79
8	2	1	2	6	16,068	29,400	88,50	99	83	110	70
8	2	1	2	7	9,975	22,960	125,90	134	84	111,5	70
8	2	1	2	8	16,118	33,360	134,50	149	78	102,5	65
8	2	1	2	9	13,134	29,750	116,30	127	82	113,5	66
9	1	2	2	1	6,994	19,990	85,10	90	89	118,5	74
9	1	2	2	2	12,548	38,010	98,50	100	96	127	80
9	1	2	2	3	9,901	25,670	107,00	113	94	128	77
9	1	2	2	4	6,581	20,930	101,20	105	74	87	67
9	1	2	2	5	14,785	27,350	94,90	101	81	109,5	67
9	1	2	2	6	11,174	25,840	83,80	86	81	113,5	65
9	1	2	2	7	17,044	28,640	107,40	111	81	109,5	67
9	1	2	2	8	16,577	32,020	103,90	113	82	115,5	65
9	1	2	2	9	10,543	21,050	110,20	116	89	121	74
10	2	2	2	1	7,054	13,990	101,90	111	84	107,5	72
10	2	2	2	2	15,823	48,690	97,00	116	97	128	82
10	2	2	2	3	10,625	30,190	128,20	138	90	121,5	74
10	2	2	2	4	8,085	24,150	119,60	128	85	106,5	74
10	2	2	2	5	14,840	19,920	114,30	124	81	107,5	68
10	2	2	2	6	19,238	62,850	103,90	115	83	104,5	72
10	2	2	2	7	11,840	21,970	134,60	145	78	105,5	64
10	2	2	2	8	15,154	29,200	128,60	141	94	110,5	85
10	2	2	2	9	13,409	24,960	143,90	157	93	131	75
11	1	3	2	1	7,719	14,760	84,80	89	81	111,5	66
11	1	3	2	2	7,061	19,960	99,10	100	93	119	81
11	1	3	2	3	12,346	24,880	112,70	120	92	122	77
11	1	3	2	4	6,468	21,610	97,90	108	81	101	71
11	1	3	2	5	12,458	23,860	88,30	93	80	102,5	69
11	1	3	2	6	13,963	20,950	80,00	88	88	104	81
11	1	3	2	7	7,570	25,530	112,10	124	84	120,5	66
11	1	3	2	8	9,337	40,260	125,60	136	79	83	77
11	1	3	2	9	7,474	24,530	108,50	115	86	117	71
12	2	3	2	1	8,837	19,930	107,20	114	89	115,5	76
12	2	3	2	2	14,554	34,300	132,60	140	92	117,5	79
12	2	3	2	3	11,608	34,590	124,80	134	94	118	82
12	2	3	2	4	8,474	34,140	123,90	134	84	107	72
12	2	3	2	5	8,706	29,280	108,30	118	97	135	79
12	2	3	2	6	13,394	20,320	99,00	108	89	121	73
12	2	3	2	7	14,677	25,820	146,00	158	102	119	93
12	2	3	2	8	17,797	34,540	131,90	143	85	108	73
12	2	3	2	9	14,792	29,350	108,50	115	91	127	74

Fuente: Las autoras

ANEXO M: CORRELACIÓN DE PEARSON EN LA ACTIVIDAD DE EMPUJAR

Tabla 70. Coeficientes de correlación de *Pearson* en la tarea de empujar

		FPROM	PPROM	PAPROM
FPROM	Correlación Pearson	1,000	0,190*	-0,001
	Significancia	0,000	0,490	0,989
PPROM	Correlación Pearson	0,051	1,000	0,179
	Significancia	0,602	0,000	0,064
PAPROM	Correlación Pearson	0,071	0,179	1,000
	Significancia	0,466	0,064	0,000
EDAD	Correlación Pearson	-0,124	-0,069	0,171
	Significancia	0,202	0,476	0,078
PESO	Correlación Pearson	-0,088	0,306**	0,190*
	Significancia	0,366	0,001	0,049
ESTATURA	Correlación Pearson	0,202*	0,129	-0,95
	Significancia	0,036	0,183	0,331
AF	Correlación Pearson	0,175	-0,125	0,324**
	Significancia	0,071	0,199	0,001
AHOMB	Correlación Pearson	0,120	0,170	0,059
	Significancia	0,217	0,078	0,543
AM	Correlación Pearson	0,158	0,162	-0,187
	Significancia	0,103	0,094	0,078
APECHO	Correlación Pearson	-0,171	0,085	-0,316**
	Significancia	0,077	0,38	0,001
ENVG	Correlación Pearson	0,085	0,149	-0,219**
	Significancia	0,379	0,123	0,025
HHOMB	Correlación Pearson	0,240*	0,089	-0,034
	Significancia	0,012	0,361	0,724
HNUD	Correlación Pearson	0,149	-0,008	-0,228*
	Significancia	0,124	0,937	0,017
HROD	Correlación Pearson	0,131	-0,016	-0,210*
	Significancia	0,177	0,87	0,029
HTRO	Correlación Pearson	0,196*	0,077	-0,031
	Significancia	0,042	0,427	0,747
LABRA	Correlación Pearson	0,108	0,047	-0,212*
	Significancia	0,265	0,633	0,028
LBRA	Correlación Pearson	0,097	0,254**	-0,229*
	Significancia	0,319	0,008	0,017
LMANO	Correlación Pearson	0,132	-0,009	-0,149
	Significancia	0,174	0,922	0,123
PABD	Correlación Pearson	-0,116	-0,091	0,086
	Significancia	0,232	0,350	0,375
PPECH	Correlación Pearson	-0,187	-0,057	0,148
	Significancia	0,052	0,560	0,126

* La correlación es significativa al nivel 0,05 (Bilateral)

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (Bilateral)

Fuente: Las autoras

ANEXO N: PROMEDIOS DE LA VARIABLES DE RESPUESTA EN LA TAREA DE EMPUJAR

Tabla 71. Fuerzas promedio ejercidas al empujar

PRUEBA	FRECUENCIA	ALTURA	DISTANCIA	FUERZA PROMEDIO (kgf)
2	2	1	1	18,008
7	1	1	2	14,058
3	1	2	1	12,450
8	2	1	2	11,058
4	2	2	1	10,587
10	2	2	2	10,042
9	1	2	2	9,594
12	2	3	2	9,052
11	1	3	2	8,456
6	2	3	1	8,087
1	1	1	1	7,357
5	1	3	1	7,083

Fuente: Las autoras

Tabla 72. Pulso promedio registrado al empujar.

PRUEBA	FRECUENCIA	ALTURA	DISTANCIA	PULSO PROMEDIO
12	2	3	2	137,26
10	2	2	2	133,40
8	2	1	2	129,57
4	2	2	1	117,10
6	2	3	1	115,53
7	1	1	2	114,20
9	1	2	2	105,50
3	1	2	1	104,71
11	1	3	2	104,25
5	1	3	1	98,41
2	2	1	1	98,18
1	1	1	1	87,69

Fuente: Las autoras

Tabla 73. Presión arterial promedio registrado al empujar

PRUEBA	FRECUENCIA	ALTURA	DISTANCIA	PRESION ARTERIALPROMEDIO
7	1	1	2	91,50
10	2	2	2	90,80
12	2	3	2	90,30
8	2	1	2	89,50
4	2	2	1	88,00
3	1	2	1	87,80
9	1	2	2	87,70
1	1	1	1	86,80
2	2	1	1	85,30
11	1	3	2	81,80
6	2	3	1	81,50
5	1	3	1	75,30

Fuente: Las autoras

ANEXO O: CORRELACIÓN DE PEARSON EN LA ACTIVIDAD DE HALAR

Tabla 74. Coeficientes de correlación de *Pearson* en la tarea de halar

		FPROM	PPROM	PAPROM
FPROM	Correlación Pearson	1,000	0,190*	-0,001
	Significancia	0,000	0,490	0,989
PPROM	Correlación Pearson	0,190*	1,000	0,179
	Significancia	0,490	0,000	0,064
PAPROM	Correlación Pearson	-0,001	0,179	1,000
	Significancia	0,989	0,064	0,000
EDAD	Correlación Pearson	-0,021	-0,069	0,171
	Significancia	0,828	0,476	0,078
PESO	Correlación Pearson	0,228*	-0,049	-0,234*
	Significancia	0,018	0,617	0,015
ESTATURA	Correlación Pearson	0,05	0,175	-0,103
	Significancia	0,609	0,070	0,288
AF	Correlación Pearson	-0,257**	-0,297**	0,115
	Significancia	0,007	0,002	0,234
AHOMB	Correlación Pearson	-0,291**	0,074	-0,228*
	Significancia	0,002	0,449	0,018
AM	Correlación Pearson	0,133	0,248**	-0,170
	Significancia	0,170	0,010	0,078
APECHO	Correlación Pearson	0,118	-0,033	-0,446**
	Significancia	0,224	0,737	0,000
ENVG	Correlación Pearson	0,212*	0,353**	-0,185
	Significancia	0,028	0,000	0,055
HHOMB	Correlación Pearson	0,008	0,105	-0,063
	Significancia	0,932	0,282	0,520
HNUD	Correlación Pearson	0,158	-0,013	-0,253**
	Significancia	0,102	0,892	0,008
HROD	Correlación Pearson	0,185	-0,011	-0,121
	Significancia	0,055	0,908	0,214
HTRO	Correlación Pearson	0,156	0,281**	0,161
	Significancia	0,106	0,003	0,096
LABRA	Correlación Pearson	0,179	0,136	-0,279**
	Significancia	0,063	0,161	0,003
LBRA	Correlación Pearson	0,278**	0,473**	-0,127
	Significancia	0,004	0,000	0,189
LMANO	Correlación Pearson	0,239*	0,084	0,017
	Significancia	0,013	0,385	0,860
PABD	Correlación Pearson	-0,249**	-0,165	0,026
	Significancia	0,009	0,087	0,787
PPECH	Correlación Pearson	-0,208*	-0,162	0,249**
	Significancia	0,031	0,095	0,009

* La correlación es significativa al nivel 0,05 (Bilateral)

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (Bilateral)

Fuente: Las autoras

ANEXO P: PROMEDIOS DE LA VARIABLES DE RESPUESTA EN LA TAREA DE HALAR

Tabla 75. Fuerzas promedio ejercidas al halar

PRUEBA	FRECUENCIA	ALTURA	DISTANCIA	FUERZA PROMEDIO
2	2	1	1	15,422
8	2	1	2	14,275
3	1	2	1	13,761
6	2	3	1	13,274
10	2	2	2	12,896
4	2	2	1	12,741
7	1	1	2	12,731
1	1	1	1	12,541
12	2	3	2	12,538
9	1	2	2	11,794
5	1	3	1	10,769
11	1	3	2	9,377

Fuente: Las autoras

Tabla 76. Pulso promedio registrado al halar

PRUEBA	FRECUENCIA	ALTURA	DISTANCIA	PULSO PROMEDIO
12	2	3	2	120,244
10	2	2	2	119,111
6	2	3	1	115,111
2	2	1	1	114,633
4	2	2	1	113,378
8	2	1	2	112,933
11	1	3	2	101,000
5	1	3	1	100,856
3	1	2	1	100,256
7	1	1	2	99,744
1	1	1	1	99,556
9	1	2	2	99,111

Fuente: Las autoras

Tabla 77. Presión arterial promedio registrado al halar

PRUEBA	FRECUENCIA	ALTURA	DISTANCIA	PRESION ARTERIALPROMEDIO
12	2	3	2	91,333
8	2	1	2	87,822
1	1	1	1	87,633
2	2	1	1	87,433
6	2	3	1	87,044
10	2	2	2	87,000
3	1	2	1	86,811
4	2	2	1	85,100
9	1	2	2	85,056
7	1	1	2	84,967
11	1	3	2	84,889
5	1	3	1	84,767

Fuente: Las autoras

ANEXO Q: TABLA DE FUERZAS PROMEDIO EN LAS TAREAS DE HALAR Y EMPUJAR

Estas fuerzas fueron calculadas para la muestra descrita por la medidas antropométricas encontradas en el anexo D y por consiguiente, podrá ser aplicada a poblaciones con características muy similares a ella.

Tabla 78. Fuerza promedio en la tarea de empujar

FUERZA PROMEDIO EN LA TAREA DE EMPUJAR	
FEPROM=-9,259+0,13HHOMB+1,490FREC	
FEPROM=-9,259+0,13(137,2)+1,490(FREC)	
Variable	FEPROM
Frecuencia 1	10,067
Frecuencia 2	11,557

Fuente: Las autoras

Tabla 79. Fuerza promedio en la tarea de empujar

FUERZA PROMEDIO EN LA TAREA DE HALAR	
FHPROM=12,304-0,821AHOMB+0,864LBRA-1,126ALTUR+1,695FREC	
FHPROM=12,304-0,821(33,5)+0,864(32,3)-1,126(ALTUR)+1,695(FREC)	
Combinación de variables	FHPROM
Frecuencia 1 + Altura 1	13,2767
Frecuencia 1 + Altura 2	12,1507
Frecuencia 1 + Altura 3	11,0247
Frecuencia 2 + Altura 1	14,9717
Frecuencia 2 + Altura 2	13,8457
Frecuencia 2 + Altura 3	12,7197

Fuente: Las autoras

TABLA DE CONTENIDO

0. INTRODUCCIÓN.....	1
1. TITULO.....	2
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
<i>1 ANTECEDENTES.....</i>	<i>3</i>
2.1.1Historia de la ergonomía.....	3
2.1.2Investigaciones realizadas y resultados.....	5
<i>2 FORMULACIÓN.....</i>	<i>8</i>
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	9
<i>1 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA Y SOCIAL.....</i>	<i>9</i>
<i>2 JUSTIFICACIÓN DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA INGENIERÍA INDUSTRIAL ...</i>	<i>12</i>
4. OBJETIVOS.....	13
<i>1 OBJETIVO GENERAL.....</i>	<i>13</i>
<i>2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</i>	<i>13</i>
5. MARCO TEÓRICO.....	15
<i>1 NOCIÓN DE ERGONOMÍA.....</i>	<i>15</i>
<i>2 ENFOQUES DE LA ERGONOMÍA.....</i>	<i>17</i>
5.2.1Enfoque biomecánico.....	17
5.2.2Enfoque fisiológico.....	18
5.2.3Enfoque psicofísico	19
<i>3 MANIPULACIÓN DE MATERIALES.....</i>	<i>20</i>
6. METODOLOGÍA.....	25
<i>1 DISEÑO EXPERIMENTAL.....</i>	<i>25</i>
<i>2 VARIABLES INDEPENDIENTES DEL EXPERIMENTO.....</i>	<i>29</i>
6.2.1Frecuencia.....	29
6.2.2Altura.....	30
6.2.3Distancia.....	30
<i>3 ANÁLISIS DE DATOS.....</i>	<i>31</i>
<i>4 RECURSOS UTILIZADOS.....</i>	<i>33</i>

6.4.1 Recursos físicos.....	34
6.4.2 Recursos humanos.....	34
7. RESTRICCIONES.....	34
8. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	36
<i>1 TAREA DE EMPUJAR.....</i>	<i>37</i>
8.1.1 Variable de respuesta fuerza de empuje.....	37
8.1.2 Variable de respuesta fuerza de empuje máxima.....	47
8.1.3 Variable de respuesta pulso.....	50
8.1.4 Variables de respuesta presión arterial (sistólica y diastólica).....	57
8.1.5 Reporte de incomodidad	64
<i>2 TAREA DE HALAR.....</i>	<i>65</i>
8.2.1 Variable de respuesta fuerza de halar.....	65
8.2.2 Variable de respuesta fuerza de halar máxima.....	74
8.2.2 Variable de respuesta pulso.....	77
8.2.3 Variable de respuesta presión arterial (sistólica y diastólica).....	85
9.8 COMPARACION CON OTRAS INVESTIGACIONES.....	92
<i>9.1 EN EL ÁMBITO INTERNACIONAL.....</i>	<i>93</i>
<i>9.2 EN EL ÁMBITO NACIONAL.....</i>	<i>96</i>
10. CONCLUSIONES.....	100
11. RECOMENDACIONES.....	106
12. BIBLIOGRAFÍA.....	111
ANEXO A: PROTOCOLO.....	113
ANEXO B: FORMATO PARA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN ANTROPOMÉTRICA.....	119
ANEXO C: MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS.....	120
ANEXO D: MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS DE LOS PARTICIPANTES.....	126
ANEXO E: HORARIO DE LAS PRUEBAS.....	127
ANEXO F: FORMATO DE CAPTURA DE DATOS.....	128

ANEXO G: FORMATO DE INCOMODIDAD.....	129
ANEXO H: FLUJOGRAMA DEL ANÁLISIS DE DATOS.....	130
ANEXO I: RECURSOS FÍSICOS.....	131
ANEXO J: RECURSOS HUMANOS.....	133
ANEXO K: DATOS DE LA TAREA DE EMPUJAR.....	134
ANEXO L: DATOS DE LA TAREA DE HALAR.....	137
ANEXO M: CORRELACIÓN DE PEARSON EN LA ACTIVIDAD DE EMPUJAR	139
ANEXO N: PROMEDIOS DE LA VARIABLES DE RESPUESTA EN LA TAREA DE EMPUJAR.....	140
ANEXO O: CORRELACIÓN DE PEARSON EN LA ACTIVIDAD DE HALAR.....	142
ANEXO P: PROMEDIOS DE LA VARIABLES DE RESPUESTA EN LA TAREA DE HALAR.....	143
ANEXO Q: TABLA DE FUERZAS PROMEDIO EN LAS TAREAS DE HALAR Y EMPUJAR.....	145