

**RIESGO DE LESIÓN EN COLUMNA LUMBAR EN TRABAJADORES DE LA
CONSTRUCCIÓN, DURANTE UNA TAREA DE LEVANTAMIENTO MANUAL DE LA
CARGA, ESTIMADO MEDIANTE SIMULACIÓN COMPUTACIONAL.**

ANA MARIA ROSALES LABRADA

Asesora:

LESSBY GOMEZ SALAZAR

Fisioterapeuta. MsC en Salud Ocupacional. PhD en Ciencias Biomédicas

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE SALUD
ESCUELA DE SALUD PUBLICA
MAESTRIA EN SALUD OCUPACIONAL
SANTIAGO DE CALI
JULIO 2022**

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación está dedicado a mi madre y esposo quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por el apoyo que me brindaron durante todo el tiempo dedicado al proyecto.

A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

AGRADECIMIENTOS

A la empresa por abrirnos sus puertas para la realización de este proyecto.

A los trabajadores del área de ayudante general de la empresa constructora por su colaboración y buena disposición para la realización del estudio.

A mi asesora Doctora Lessby Gómez, por su paciencia, cariño y valiosa orientación en el proyecto de investigación.

A Luz Edith, Jhon, Vannesa, Jessica, Daniela y demás integrantes del macroproyecto por su disposición permanente para ayudarme a la toma de datos, corregirme y enseñarme, y por toda su colaboración para la culminación de este proyecto.

A la Universidad del Valle, porque a ella le debo lo que soy en mi profesión.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	10
1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	12
2. MARCOS DE REFERENCIA	15
2.1 ANTECEDENTES	15
2.2 MARCO CONCEPTUAL	19
2.2.1 ANTROPOMETRIA	19
2.2.2 COMPOSICIÓN CORPORAL	20
2.2.2.1 Porcentaje de masa grasa	20
2.2.2.2 Porcentaje de masa magra	21
2.2.3 POSTURA	21
2.2.3.1 Postura Corporal	21
2.2.3.2. Posturas inadecuadas	21
2.2.3.3. Posturas mantenidas	21
2.2.3.4. Posturas forzadas	21
2.2.3.5. Postura estática	21
2.2.4 LEVANTAMIENTO MANUAL DE CARGAS	21
2.2.5 FUERZAS	22
2.2.5.1 Fuerzas de compresión	22
2.2.5.2 fuerzas de cizallamiento	23
2.2.6 SOFTWARE 3DSSPP/3D Static Strength Prediction Program	23
2.2.7 SOFTWARE KINOVEA	25
2.3 MARCO CONTEXTUAL	25
2.4 MARCO LEGAL	26
3. OBJETIVOS	27
3.1 OBJETIVO GENERAL	27
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	27
4. METODOLOGÍA	28
4.1 Diseño o tipo de estudio	28
4.2 Población del estudio	28
4.3 Variables del estudio	28

4.4 Instrumentos y procedimientos	30
4.5 Fases del estudio	31
4.6 Aspectos éticos	33
5. RESULTADOS	36
5.1 Caracterización de la población objeto de estudio	31
5.2 Dimensiones antropométricas (longitudes y perímetros) en los trabajadores	36
5.3 Postura corporal en las diferentes etapas de levantamiento	38
5.4 Nivel de riesgo de lesión de disco intervertebral en cada etapa de levantamiento manual de la carga	40
5.4.1 Nivel de Riesgo de lesión de disco intervertebral según etapa de levantamiento	45
5.5 Análisis de las fuerzas musculares en cada etapa de levantamiento manual de la carga	37
6. DISCUSION	49
7. CONCLUSIONES	55
8. RECOMENDACIONES	56
REFERENCIAS	59

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Perímetro Abdominal	Pág. 20
Tabla 2. Características socio-laborales de los trabajadores	36
Tabla 3. Características antropométricas de los trabajadores	37
Tabla 4. Categoría Índice de Masa Corporal	38
Tabla 5. Grados de movimiento en las articulaciones durante las etapas del levantamiento (piso, rodilla, cadera y hombro)	39
Tabla 6. Fuerzas compresivas y cortantes en el segmento L4-L5.	40
Tabla 7. Comparación de posturas adoptadas por los sujetos en los que se reportaron los valores máximos y mínimos de fuerzas compresivas en columna lumbar.	42
Tabla 8. Fuerzas compresivas y cortantes según etapa de levantamiento y participación muscular.	46
Tabla 9. Resultados prueba Shapiro-Wilk	48
Tabla 10. Correlación entre la talla de los trabajadores y las fuerzas compresivas en el segmento L4-L5	48
Tabla 11. Correlación entre el peso de los trabajadores y las fuerzas compresivas en el segmento L4-L5	48
Tabla 12. Correlación entre el IMC de los trabajadores y las fuerzas compresivas en el segmento L4-L5	49

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Diagrama simplista del modelo sagital de las fuerzas de la espalda baja para levantar	24
Figura 2. Calificación riesgos de lesión lumbar L4-L5 de acuerdo a la antropometría	24
Figura 3. Grados de movimiento en cada articulación.	30
Figura 4. Pasos para levantar una carga.	32
Figura 5. Etapas del levantamiento y segmentos articulares evaluados en cada trabajador.	38
Figura 6. Fuerzas compresivas en el segmento L4-L5	40
Figura 7. Fuerzas cortantes en el segmento L4-L5	40
Figura 8. Número de trabajadores según el nivel de riesgo de lesión del disco intervertebral en cada etapa de levantamiento.	45

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Formato Para Recolección De Datos	Pág. 59
ANEXO B. Procedimiento Operativo Estandarizado Medición de Perímetros con Metro.	61
ANEXO C. Procedimiento Operativo Estandarizado Porcentaje de Masa Magra y Masa Grasa.	62
ANEXO D. Procedimiento Operativo Estandarizado: Toma de Fotos Simultáneas	63
ANEXO E. Procedimiento Operativo Estandarizado: Software KINOVEA versión 0.8.15	65
ANEXO F. Procedimiento Operativo Estandarizado: Software 3DSSPP	67
ANEXO G. Consentimiento Informado	69

RESUMEN

Introducción: El levantamiento manual de carga es una de las principales tareas que ocasionan alteraciones biomecánicas en la columna, generando aumento de las fuerzas compresivas y de cizallamiento en los segmentos L4-L5. Los trabajadores de la empresa donde se realizó este estudio, ejecutan esta actividad continuamente con un bulto de cemento de 50 kg predisponiendo a la región lumbar a alteraciones osteomusculares, sin que hasta la fecha se haya hecho un estudio del riesgo individual asociado al levantamiento. *Objetivo:* Establecer mediante simulación computacional, el riesgo de lesión en columna lumbar en un grupo de trabajadores de la construcción, durante una tarea de levantamiento manual de la carga. - *Metodología:* Se solicitó a 30 trabajadores, que realizaran un levantamiento manual de carga estandarizado que fue registrado mediante video y fotografía, en cuatro momentos (etapas) de su ejecución. Las imágenes fueron exportadas al software KINOVEA para establecer los arcos de movimiento en tronco, cadera y rodilla en el plano sagital y al software 3D SSPP para determinar el nivel de riesgo de lesión en L4-L5 a partir del cálculo de las fuerzas de cizallamiento y compresivas que se generan en la columna lumbar durante la ejecución de la tarea. *Resultados:* Riesgo biomecánico en columna lumbar asociado al levantamiento fue alto en todas las etapas del levantamiento, siendo un poco más bajo cuando la carga ya está ubicada a nivel del hombro. Los valores de las fuerzas compresivas y cortantes variaron entre un sujeto y otro, arrojando valores superiores de los límites permisibles de compresión y cizallamiento en el segmento L4/L5. *Conclusión:* Aunque la tarea del levantamiento de cemento de 50 kg genera un nivel de riesgo alto, el riesgo puede incrementarse en dependencia de la forma de levantamiento y factores antropométricos.

Palabras clave: riesgo biomecánico, fuerzas de cizallamiento, fuerzas compresivas, columna lumbar

INTRODUCCIÓN

De acuerdo a datos europeos, el 8.6% de los trabajadores ha sufrido un problema de salud derivado de su labor en el último año, de las cuales, siendo el 28% de los casos se encuentran asociados con problemas en la espalda. En Colombia de acuerdo las cifras sobre accidentes de trabajo, enfermedades laborales y muertes con causas asociadas al trabajo, el reporte de enfermedad laboral para el año actual aumentó un 27% en comparado con el año pasado, destacando el sector de la construcción el cual presentó la mayoría de enfermedades laborales acumuladas.(1)

La manipulación manual de cargas representa riesgo para los trabajadores de los diferentes sectores laborales y puede generar osteomusculares y dolor en articulaciones, debido a posturas de trabajo que asumen los individuos a la hora de laborar, esfuerzos que requieren gasto energético, movimientos repetidos llevando a fatiga muscular y manejo de cargas. De acuerdo a reportes del Ministerio de Protección Social de la República de Colombia en una publicación realizada en el año 2016, expone que los reportes por dolor en la región lumbar son de aproximadamente el 37% de estos se deben a la actividad laboral, donde existe mayor riesgo en hombres, ya que a éstos se les ubica en actividades donde se presenta la exposición al levantamiento manual de cargas.(2)

En el sector de la construcción se realizan trabajos que generan grandes riesgos para la seguridad de los trabajadores, tales como el levantamiento y transporte de material, incluidos bultos de cemento, que en ocasiones superan los 25 kg, por lo que existe el riesgo de desencadenar afecciones osteomusculares, trastornos relacionados con el movimiento corporal humano, dificultades en el desarrollo de procesos operativos y accidentes laborales.(3)

Existe un importante número de factores de riesgo que se asocian al levantamiento de cargas, entre los cuales se cuentan, el peso a levantar, el tipo de carga, la distancia de levantamiento, la frecuencia del mismo, así como la técnica y posturas adoptadas durante el levantamiento. Sobre este último, se cree que las variaciones antropométricas de los individuos como la

estatura y la longitud de los segmentos, pueden influir en el levantamiento, modificando con ello el riesgo al momento de realizar la tarea.(2)

Las consecuencias del trabajo con manejo de cargas en individuos que laboran en el sector de la construcción pueden afectar el sistema osteomuscular y ponerlo en riesgo de padecer una lesión de disco intervertebral, repercutiendo en un futuro en su calidad de vida. En el caso del levantamiento de cargas, las consecuencias de la tarea mal realizada, pueden ir desde un dolor lumbar, hasta lesiones discales las cuales pueden generar altas tasas de discapacidad. El riesgo de lesión también puede variar de acuerdo a variables antropométricas, ya que estas pueden afectar las posturas al levantar un objeto y de manera indirecta, modificar el riesgo de lesión sobre columna vertebral en un caso de levantamiento de carga considerado crítico por la empresa de construcción.(4)

Actualmente, se encuentran pocos registros de estudios en la población laboral colombiana del sector de la construcción(4) dada la dificultad para estimar de manera individual el riesgo de lesión. Los métodos observacionales tradicionales como la ecuación NIOSH se fundamentan en parámetros antropométricos americanos y no toman en consideración variaciones posturales individuales. Por el contrario, los actuales métodos de simulación computacional, permiten inferir riesgos de manera individual tomando en consideración las posturas que se asumen durante un levantamiento y las condiciones de estatura y peso entre otros.

Por lo anterior, se propuso un estudio de tipo descriptivo de corte transversal cuyo objetivo fue establecer, en trabajadores de una empresa constructora de la región, el riesgo de lesión del disco intervertebral (DIV) en una tarea de levantamiento de carga habitual, considerando la variabilidad antropométrica empleando métodos de simulación computacional.

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La columna lumbar es una estructura compleja ubicada la parte más baja de la espalda que se conecta con la columna torácica en la parte superior y se extiende hacia abajo a la columna sacra, siendo las vértebras L4-L5 las dos más bajas que junto con las estructuras que le componen como el disco intervertebral, los nervios y los tejidos blandos, permiten diversidad de funciones, entre ellas, ser el soporte de la parte superior del cuerpo y permitir el movimiento en múltiples direcciones(5). Dadas las cargas que soporta el segmento, así como el amplio rango de movilidad, es propenso a desarrollar patologías que conllevan a dolor y limitación funcional, como por ejemplo, la degeneración del disco intervertebral, hernias discales o el desarrollo de osteoartritis.(6)

Existe gran evidencia que expone que los desórdenes músculo esqueléticos (DME) están entre los principales problemas en la industria de la construcción, esto se debe a que las actividades que se realizan normalmente requieren alta demanda física de trabajo, levantamiento de cargas, posturas forzadas, uso de herramientas manuales y otros esfuerzos enérgicos que pueden generar traumas acumulativos que derivan en lesiones osteomusculares y además pueden ser posibles causas de accidentalidad laboral. (6)

En el adulto que labora en sectores como el de la construcción, las consecuencias del trabajo con manejo de cargas pueden afectar su sistema músculo-esquelético y ponerlo en riesgo de padecer una lesión de columna vertebral, que a futuro puede repercutir en su calidad de vida. Las consecuencias de un levantamiento inadecuado, pueden ir desde un dolor lumbar, hasta hernias discales que generan altas tasas de discapacidad. De acuerdo a estadísticas, el dolor en la región lumbar, es la condición mecánica que genera mas costos a la industria, posicionándose como la primer causa de incapacidad laboral de origen osteomuscular, y segunda causa de discapacidad laboral de origen general. (7)

Estudios realizados en Alemania con trabajadores del sector de la construcción, evidenció que

aproximadamente el 31% de los trabajadores refirieron dolor lumbar. Los hombres son los más propensos a presentar dolor lumbar, debido a que presentan mayor participación en trabajos que requieren esfuerzos grandes como es el de manipulación de cargas. Además, se evidenció que las ocupaciones del sector de la construcción que se relacionan con el dolor lumbar son el transporte y manipulación de carga.(7)

La patología lumbar se encuentra entre las principales causas de discapacidad en la población trabajadora, en Latinoamérica se posiciona como la primera causa de discapacidad en individuos menores de 45 años de edad, también se cataloga en segundo lugar la causa de ausentismo laboral generando pérdidas de productividad, adicionalmente provocan las tasas más altas de discapacidad. Por otro lado, en Colombia, el dolor lumbar y enfermedades en el disco intervertebral se encuentran entre las primeras causas de enfermedad profesional reportadas por las Entidades Prestadoras de Salud (EPS). (8)

Aunque los protocolos actuales de seguridad y salud en el trabajo recomiendan evaluar y controlar las tareas de levantamiento, estas generalmente se enfocan en considerar las condiciones en las que se levanta el objeto, el peso a levantar y el género del trabajador, haciendo poca referencia a las variaciones individuales en la postura del levantamiento y las condiciones antropométricas de los trabajadores. Menos aún se encuentran investigaciones que se hayan realizado en trabajadores colombianos, los cuales presentan una antropometría diferente a los de países desarrollados, sobre los cuales se han creado los protocolos de evaluación del riesgo.(9)

Por lo anterior, este trabajo pretende ofrecer evidencia sobre el riesgo individual de lesión en columna lumbar, en un caso de levantamiento de carga considerado crítico por la empresa de construcción, en la que se realizó la investigación, mediante el uso del software de simulación computacional 3DSSPP — 3D Static Strength Prediction Program, que permite incluir entre otras variables, la estatura y peso, y las posturas que asume cada trabajador. Para ello, se realizó la valoración individual antropométrica de cada trabajador de la empresa que se dedicaba al levantamiento manual de cargas y se analizaron las posturas que adoptó cada uno durante las etapas de un levantamiento elegido para establecer un nivel de riesgo individual de lesión en columna vertebral. Este proyecto se enmarca en el macroproyecto denominado “Influencia de factores antropométricos del trabajador colombiano en el riesgo biomecánico de la columna lumbar durante el levantamiento manual de cargas en actividades de construcción usando simulación computacional”, dirigido por la profesora Lessby Gómez del grupo de investigación en Biomecánica, presentado a Min ciencias.

En la empresa de construcción en la cual se realizó la investigación, se realizan levantamientos manuales de carga de manera frecuente y con altos pesos, los cuales son catalogados de alto

riesgo, pero sin que haya sido analizado el riesgo individual a profundidad, al momento de realizar levantamientos manuales de cargas. Es por ello que la información que se genera de este proyecto, permitirá establecer a la sección de Seguridad y Salud en el trabajo de la empresa, acciones para la prevención de lesiones en la tarea estudiada. Así mismo la base de datos antropométrica, servirá de información para el diseño de nuevos puestos de trabajo y /o herramientas.

Por lo anteriormente expuesto, se realiza la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuáles es el riesgo de lesión en columna lumbar en trabajadores de una empresa de la construcción, durante una tarea de levantamiento manual de la carga, estimado mediante simulación computacional?

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 ANTECEDENTES

De acuerdo a estudios internacionales, en Finlandia demostraron que el 80% de los trabajadores de construcción de edificios en hormigón tenían problemas de espalda en algún momento de su vida, el 51% tenía síntomas diarios de dolor de espalda y el 38% tenía alguna restricción de flexión lumbar hacia adelante.(9) Diferentes morbilidades musculoesqueléticas, como el desarrollo prematuro de degeneración lumbar, el estrechamiento del espacio discal y alta incidencia de dolor ciático, se han correlacionado con las altas demandas físicas a las que se enfrentan los trabajadores de la construcción. Se informó que las grandes cargas estáticas, las posturas incómodas prolongadas, las cargas dinámicas al levantar objetos pesados y tirar y transportar varillas de acero causan problemas de espalda en estos trabajadores. (9)

Un estudio en Irán en 2019, se basó en la cuantificación de los riesgos ergonómicos para los trabajadores en la construcción de edificios residenciales, por medio de un método de observación de muestreo de trabajo, para estudiar las posturas de trabajo, las cargas manejadas y las actividades de manejo manual de materiales en trabajadores de la construcción. Se realizaron un total de 5832 observaciones sobre 10 trabajadores involucrados en tareas de tres trabajos (barra de refuerzo, encofrado y vertido de hormigón); encontraron que las posturas del tronco no neutrales se observaron con frecuencia en todas las tareas laborales, observando posturas de flexión moderada, flexión severa, torsión / flexión lateral y flexión y torsión simultáneas, también se observaron con frecuencia posturas de piernas no neutrales, especialmente en cuclillas, arrodilladas y piernas dobladas en tareas que incluían agacharse y arrodillarse. Basado en los datos, se concluyó que, en la construcción de edificios residenciales con estructura de hormigón, los trabajadores realizan su tarea con posturas no neutrales de tronco y piernas y manipulando cargas pesadas exponiéndolos a factores de riesgo ergonómico físico y que los controles recomendados podrían reducir la tensión musculoesquelética en las tareas.(9)

La Universidad de Washington en USA, reportó en un estudio en 2020 sobre prevalencia del dolor musculoesquelético relacionado con el trabajo en aprendices de albañilería, el estudio

estuvo conformado por 183 aprendices, se encontró en el 78% de los aprendices de albañilería síntomas musculoesqueléticos, informando regularmente sobre lesiones en otras regiones anatómicas además de la zona lumbar, incluidos el cuello, los hombros, las muñecas / manos y las rodilla, donde el 81% considera que sus síntomas están relacionados con el trabajo, debido a que, el trabajo de albañilería puede ser físicamente exigente, los albañiles permanecen de pie la mayor parte del día y doblan, retuercen y levantan repetidamente materiales pesados como bloques de hormigón, que pesan entre 9 y 27 kilogramos. El estudio concluyó que, aunque los síntomas no necesariamente indican la presencia de un trastorno musculoesquelético, las quejas de dolor deben tomarse en serio, ya que pueden ser una indicación de daño acumulativo que podría conducir a trastornos musculoesqueléticos a largo plazo.(10)

En Nepal se realizó un estudio transversal de base comunitaria entre los trabajadores de la construcción que trabajan en los municipios de Banepa y Panauti del distrito de Kavre, de septiembre de 2019 a febrero de 2020. Los datos se recopilaban intencionalmente mediante entrevistas personales de 402 participantes elegibles de ambos municipios. Este estudio tuvo como objetivo conocer la prevalencia de dolor lumbar, los factores asociados con el dolor lumbar entre los trabajadores de la construcción y conocer las medidas tomadas para prevenir y controlar el dolor lumbar. Entre los resultados se reportaron que la prevalencia de un año de dolor lumbar entre los trabajadores de la construcción fue del 52,0%, donde las probabilidades más altas de dolor lumbar se informaron en aquellos que viven por debajo del umbral de pobreza, participantes con más de cinco años de experiencia laboral y aquellos con calidad de sueño intermedia. Aproximadamente el 80% de los trabajadores de la construcción con dolor lumbar nunca buscan servicios de salud debido a limitaciones de tiempo (90,9%), limitaciones financieras (18,1%) y miedo a perder salarios al buscar servicios de salud (40,9%). La mayoría de los participantes (94,8% entre aquellos sin dolor lumbar y 72,3% entre aquellos con dolor lumbar) no hicieron nada para prevenir o controlar el dolor lumbar. Por tanto, concluyen que los profesionales de la salud pública deben poner en marcha la promoción de la salud, la educación y las intervenciones dirigidas a sensibilizar sobre las técnicas preventivas y los factores predisponentes del dolor lumbar en este área laboral.(11)

Diversos estudios en Latinoamérica han reportado que la patología lumbar reportada en los últimos años representa un amplio problema de salud pública, ya que, tareas que requieren alta demanda física y elementos relacionados con la actividad laboral pueden llevar a la incapacidad laboral. En Perú se realizó un estudio analítico donde a nueve ocupaciones (personal de construcción, vigilantes, policías, enfermeras, personal de limpieza, personal administrativo, profesores, agricultores y taxistas) que se catalogaban riesgosas en cuanto a la posibilidad de generar dolor lumbar, a través de encuestas. Se evidenció dolor lumbar y factores de riesgo relacionados con su ocupación; de los cuales el 98% de los encuestados, obteniendo valores altos sobre todo en el género masculino, en edades mayores y a mayor cantidad de horas de trabajo por día, esto generó un aumento de la frecuencia de dolor lumbar entre los trabajadores

de construcción y una mayor asociación con la incapacidad laboral.(12)

La manifestación de dolor lumbar en el sector de la construcción representa un alto porcentaje, el cual se relaciona a la postura y el levantamiento de cargas durante toda la jornada laboral, lo anterior se asocia a estudios en Chile, donde se evidenció que el trabajo físico con tareas con cargas realizadas se encuentra relacionadas a molestias lumbares. Este tipo de ocupaciones fueron las que tuvieron mayor prevalencia entre todas las demás.(12)

De acuerdo al Ministerio de Trabajo en Colombia, para marzo de 2021, los sectores como el de la construcción, se encuentra entre las primeras 5 actividades económicas con mayor prevalencia de accidentes de trabajo, donde en el año presente ocurrieron mas de cuarenta mil accidentes laborales y en lo referente a enfermedades laborales se encuentran registros en el primer semestre del año 177 casos (13). Sin embargo, a pesar de estas cifras, se encuentra poca información sobre estudios en el sector de la construcción realizados en nuestro país.

Según las Encuestas Nacionales de Condiciones de Trabajo que publica periódicamente el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) aproximadamente el 70% de los encuestados relacionados al sector de la construcción refirieron sentir alguna molestia osteomuscular, los cuales la relacionan a las posturas y esfuerzos provenientes del tipo de trabajo que realizan. Aproximadamente el 50% de las molestias se localizan en la región lumbar.(14)

En la revisión de estudios de trastornos osteomusculares en constructores se ha encontrado que el dolor lumbar afecta a gran cantidad de personas y principalmente a la población trabajadora y representando un destacable problema de salud con una incidencia de aproximadamente del 85%, lo cual puede llegar a la dificultad de procesos operativos y bajo rendimiento en la tarea. (14)

Entre los factores de riesgo relacionados con la sintomatología de dolor lumbar se destacan las exposiciones físicas relacionado al levantamiento de cargas pesadas, movimientos repetitivos y uso de herramientas manuales además de factores psicosociales. Pero también se asocia a las condiciones individuales de la persona como a otros factores no relacionados con el trabajo. Los diferentes factores contribuyen en la relación del dolor lumbar con el trabajo y lesiones osteomusculares.(15)

El dolor lumbar tiene un origen que corresponde a varios factores, con una alta prevalencia e incidencia en el sector de la construcción, la etiología ocupacional se asocia con variedad de factores de riesgo como la postura, el tipo de tarea, la existencia de traumas y el riesgo psicosocial.(14)

En Colombia de acuerdo a los datos aportados por el Consejo Colombiano de Seguridad, en el sector de la construcción, cifras de los últimos tres años evidenciaron accidentes de trabajo, enfermedades laborales y muertes con causas asociadas al trabajo, donde el reporte de enfermedad laboral para el año 2020 aumentó en aproximadamente un 27% comparado con el año 2018 y un aumento del 145% comparado con el año 2019. La actividad “Construcción edificaciones para uso residencial” presentó el mayor número de enfermedades laborales, correspondiendo al 37,7 % hasta la fecha.(13)

En todo el periodo analizado que corresponde desde 2018 a 2021, la actividad de Construcción edificaciones para uso residencial que incluye solo la construcción de casas y edificios, representa el mayor número de enfermedades laborales acumuladas correspondiente a un 37,7%(13). Entre las enfermedades reportadas más en este sector, las osteomusculares corresponden al 85%, ocupando el lumbago el quinto lugar.(16)

En el año 2014 Villar M, realizó un estudio sobre trastornos musculoesqueléticos en la población laboral, se encontró que los encuestados en el sector de la construcción, presentaban síntomas de algún tipo de molestia comúnmente relacionada a las posturas o esfuerzos realizados en el trabajo, el área específica fue la zona baja de la espalda (52.5%) y zona alta de la espalda (25.1%).(17)

Autores como Vicente Abad, M. A., en su estudio sobre las Enfermedades profesionales en el sector de la construcción, aportó reportes que evidencia que los trabajadores que llevaban menos tiempo trabajando tienen mayor incidencia de presentar enfermedades osteomusculares, por el contrario, los trabajadores con una antigüedad mayor a 30 años, representan menor importancia en las enfermedades osteomusculares (18)(19). En un estudio similar, se encontró un mayor reporte de dolor lumbar en un 23% de los trabajadores con antigüedad menor o igual a 5 años. Para lo cual concluyeron que el tiempo en la empresa no se relaciona con la predisposición de mayor riesgo para presentar sintomatología osteomuscular lumbar.(14)

En un estudio realizado en la ciudad de Barranquilla durante el año 2017, sobre los síntomas osteomusculares presentes en trabajadores, los síntomas más relevantes fueron los que comprometían al segmento corporal de la espalda baja, llevando a dolores siendo en la espalda inicialmente de un 57% que a tan solo tres meses aumentó a un 71%.(20)

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 ANTROPOMETRÍA

Es la ciencia dedicada a investigar, recopilar y analizar las medidas del cuerpo humano con el

fin de establecer diferencias entre los individuos en una variedad de perspectivas morfológicas, tiene que ver con la aplicación de medidas a la apreciación del tamaño, forma, proporción, composición y maduración.(21)

En cineantropometría existen 2 tipos de evaluaciones: la del estado y la del cambio. El primero es llamado evaluación de corte transversal, donde se desea conocer qué tan típico es un individuo, haciendo una comparación con una muestra representativa la cual incluye sujetos con características de varianza en tamaño y maduración iguales a esos del mismo sexo y edad.(21)

Los datos antropométricos se pueden aplicar a varios campos de intervención, ya que incluye lo relacionado a la descripción y comparación, evaluación de intervenciones e identificación de individuos o grupos de riesgo. La antropometría describe la condición morfológica ya sea de un individuo o de una muestra, también su uso se comprende en la comparación de varias muestras, por ejemplo, para visualizar individuos con obesidad, y en el ámbito fisioterapéutico esta herramienta cobra importancia ya que permite una mirada cuantitativa del cuerpo del individuo a evaluar, teniendo en cuenta las longitudes y diámetros, así como alineación de los segmentos corporales, comparando con el hemicuerpo contrario o con referentes externos, permitiendo así tener parámetros objetivos en la evaluación de la postura.(22)

Para esto, se utilizan unas técnicas antropométricas estandarizadas, que incluyen la medición de algunas dimensiones corporales entre las cuales se va a tomar la talla peso, perímetros en muslos y pantorrilla y longitud de ambos miembros inferiores.(22)

La talla se define como la distancia máxima entre la región plantar y el vertex en el plano sagital. Es el mejor indicador de la talla de los sujetos y sus longitudes óseas, está depende de diferentes factores, el principal, es el genético. Para su medición se utilizan estadiómetros fijos o portátiles.(22)

El peso es una de las variables antropométricas más comúnmente utilizadas. En realidad, lo que se mide es la masa de los sujetos, es importante está variable en la cuantificación de problemas de crecimiento, obesidad y malnutrición. Se utilizan generalmente balanzas de plataforma para calcular su medición.(21)

El perímetro es la medida del contorno de una parte del cuerpo. Son importantes mediciones antropométricas, que cuantifican tanto el perímetro de los segmentos corporales como la sección transversal aproximada. Para la medición de los perímetros corporales se recomienda una cinta flexible, calibrada en centímetros y milímetros, de al menos 1,5 m de longitud. En todas las mediciones, el recorrido de la cinta es perpendicular al eje longitudinal del segmento evaluado. La tensión de la cinta no debe ser mucha, ya que puede introducir errores en la medición debido a la compresión excesiva del tejido adiposo subcutáneo.(23)

El perímetro abdominal es el contorno del abdomen a nivel de la cicatriz umbilical, se utiliza para valorar la distribución de la adiposidad central y periférica siguiendo los siguientes criterios(24):

Riesgo	Hombres	Mujeres
Sustancialmente aumentado	>102	>88
Aumentado	94-101.9	80-88
Bajo	<94	<80

Tabla 1. Tomado de: Martínez y Ortiz ANTROPOMETRÍA manual básico SP, NC y Epi 2013(24)

El perímetro abdominal es una medida antropométrica que permite determinar la grasa acumulada en el cuerpo. Un resultado de bajo riesgo en la mujer es menor a 80 centímetros y en el hombre, menor a 94 centímetros. (Tabla 1)

En el cuerpo humano se pueden medir diferentes longitudes segmentarias con propósitos específicos, para este trabajo se centrará en la medición de la longitud de los extremidades superiores e inferiores. La medida real, requiere que el participante se ubique en posición supina con miembros en total extensión, se toma como punto de referencia la espina iliaca antero-superior y el maléolo interno de la tibia. La medida aparente consiste en que el participante se ubique en la misma posición anterior, posteriormente se toman como puntos de referencia el ombligo y el maléolo interno de la tibia para realizar la medición. De forma segmentaria el fémur se puede medir desde la creta ilíaca a la interlínea de la rodilla y la tibia desde la interlínea de la rodilla al maléolo. La extremidad superior se mide en bipedestación desde el acromion a la punta del tercer dedo. El brazo desde el acromion al epicóndilo y el antebrazo desde el olécranon a la estiloides radial o cubital.(23)

Respecto a la medición del tronco

2.2.2 COMPOSICIÓN CORPORAL

2.2.2.1 Porcentaje de masa grasa

Hay 2 categorías mayores de grasa corporal. La grasa subcutánea es la que está bajo la piel, y es la que es visible. El otro tipo es la grasa visceral: este tipo de grasa se acumula al interior del abdomen y rodea los órganos internos. Se realiza bajo el instrumento de bioimpedanciometría.(25)

2.2.2.2 Porcentaje de masa magra

Masa Magra Corporal, también conocido como Masa Libre de Grasa. Como lo dice el término,

es todo el peso del cuerpo que no sea grasa. Incluye músculo, órganos, huesos y agua corporal. Se realiza bajo el instrumento de bioimpedanciometría.(25)

2.2.3 POSTURA

2.2.3.1 Postura Corporal. La postura corporal correcta, implica la alineación simétrica y proporcional de los segmentos corporales alrededor del eje de la gravedad, el individuo no exagera la curva lumbar, dorsal o cervical, sino que conserva las curvas fisiológicas normales de la columna vertebral. (26)

2.2.3.2. Posturas inadecuadas. Son posiciones fijas o restringidas que sobrecargan los músculos, tendones, articulaciones de una manera asimétrica ocasionando alteración de origen musculo esquelético. (26)

2.2.3.3. Posturas mantenidas. Es cuando se adopta una postura biomecánicamente correcta por 2 o más horas continuas sin posibilidad de cambios. Si la postura es biomecánicamente incorrecta, se considera que es mantenida cuando el trabajador permanece 20 minutos o más en esta posición. (26)

2.2.3.4. Posturas forzadas. Son posiciones de trabajo que supongan que una o varias regiones anatómicas dejen de estar en una posición natural de confort para pasar a una posición forzada que genera la consecuente producción de lesiones por sobrecarga.(26)

2.2.3.5. Postura estática. Postura que se mantiene más de cuatro segundos; esto se aplica cuando existen variaciones ligeras o nulas respecto a una determinada fuerza desarrollada por los músculos y otras estructuras del cuerpo.(26)

2.2.4 LEVANTAMIENTO MANUAL DE CARGAS

El levantamiento manual de carga se trata de levantar un objeto contra la gravedad sin una ayuda mecánica por parte de uno o varios trabajadores, para esta tarea que genera riesgos biomecánicos existe una técnica adecuada. En general, el peso máximo que se recomienda es de 25 kg en condiciones que se consideren ideales, por ejemplo, cuando la carga esté cerca del cuerpo, espalda recta, y que durante el movimiento se generen giros ni inclinaciones), que se sujete de manera firme al objeto donde las articulaciones del miembro superior sean neutras, realizando levantamientos suaves, con periodos de descanso y en condiciones ambientales favorables.(1)

De acuerdo a la ecuación NIOSH(27) Los criterios para establecer los límites de carga son de carácter biomecánico, fisiológico y psicofísico. El criterio biomecánico al manejar una carga

pesada o al hacerlo incorrectamente, aparecen unos momentos mecánicos en la zona de la columna vertebral, que generan estrés en la zona lumbar. Al generarse fuerzas de compresión y cizallamiento en el segmento L4/L5 se considera como el mayor riesgo de lumbalgia. A través de modelos biomecánicos, y por medio de datos recolectados en estudios sobre la resistencia de este segmento, se llegó a considerar una fuerza de 3400 N (Newton) como fuerza límite de compresión para la aparición de riesgo de lumbalgia. Respecto al criterio fisiológico, en lo que corresponde a levantamientos repetitivos, se evidencia que esto llevaría a exceder esas capacidades normales de energía de los individuos, provocando disminución de la resistencia de los elementos estabilizadores de la columna lumbar, aumentando así la probabilidad de riesgo de lesión, aunque actualmente se dispone de pocos datos empíricos que demuestren que la fatiga incrementa el riesgo de daños musculoesqueléticos. (27)

El criterio psicofísico de la NIOSH se basa en datos como la resistencia y la capacidad de los trabajadores que manejan cargas con diferentes frecuencias y duraciones, recomendando un límite de peso permisible o aceptable para una individuo que labore en condiciones determinadas integrando el criterio biomecánico con el fisiológico, pero tendiendo a sobreestimar la capacidad de los trabajadores para tareas que generen levantamientos repetitivos con larga duración.(27)

2.2.5 FUERZAS

2.2.5.1 Fuerzas de compresión: Son las fuerzas iguales en sentido opuesto que comprimen el disco intervertebral, durante el movimiento de flexión del tronco. En la columna vertebral normalmente y principalmente en su zona lumbar por su forma lordótica presenta fuerzas compresivas hacia la superficie del disco y otras fuerzas horizontales que producen un desplazamiento posterior del disco intervertebral llamada fuerza cortante.(28)

2.2.5.2 fuerzas de cizallamiento: Se producen por el deslizamiento de una vértebra sobre otra debido a tensiones transversales en columna lumbar, las cuales pueden ser mayores, dependiendo de las fuerzas compresivas que generan contacto entre las superficie de las carillas articulares óseas correspondientes, haciendo que durante la flexión del tronco las fuerzas de cizallamiento aumenten por la activación de la musculatura extensora de la columna vertebral necesaria para mantener la espalda en posición neutral, ocasionando así un aumento de la presión intradiscal del núcleo pulposo llevando a alteraciones osteomusculares como hernias discales, microfracturas, y compresión nerviosa de los nervios adyacentes (Figura 1).(28)

2.2.6 SOFTWARE 3DSSPP/3D Static Strength Prediction Program: El Programa de Predicción de Fuerza Estática 3D TM de la Universidad de Michigan (3DSSPP) se basa en más de 35 años de investigación en el Centro de Ergonomía con respecto a las capacidades de resistencia biomecánica y estática del empleado en relación con las demandas físicas del entorno de

trabajo. Este manual proporciona al usuario del Programa de predicción de la fuerza estática 3D una referencia instructiva para aplicar correctamente el 3DSSPP para ayudar en la evaluación de las demandas físicas de un trabajo prescrito.(29) Cuando se introducen los datos de peso y estatura, el software estima la longitud de los miembros superiores e inferiores (Figura 2).

La fuerza de compresión del disco lumbar al nivel del disco L4/L5 se calcula como la suma de Erector Spinae / Rectus Abdominus (ya sea uno activo por postura), la fuerza abdominal, el peso de la parte superior del cuerpo por encima del nivel L4/L5 y la carga de la mano (Figura 1). Además, las fuerzas que actúan sobre el segmento L4/L5 se resuelven para calcular los componentes de corte en las direcciones Antero-Posterior y Lateral. La suma vectorial de estas dos fuerzas cortantes se llama "Fuerza cortante resultante" en el disco L4/L5. La optimización de la fuerza muscular en la columna lumbar se basa en los datos de longitud del brazo de momento L4 / L5 (con desviación estándar) y la optimización de la compresión de la espalda tridimensional se calcula a nivel lumbar L4 / L5.(29)

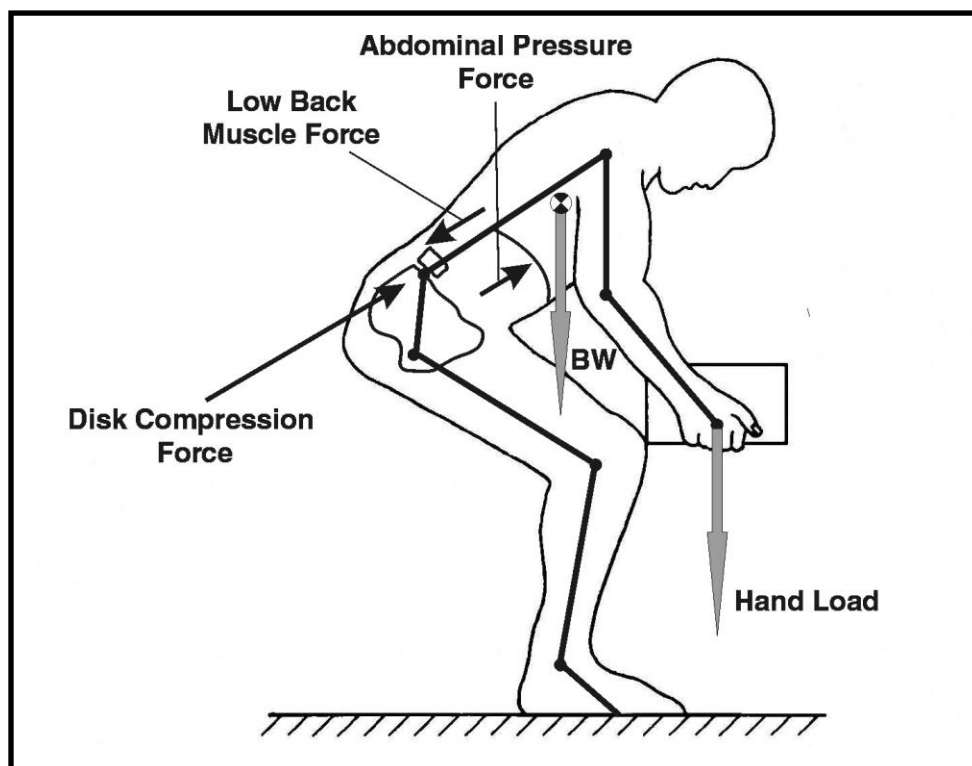


Figura 1: Diagrama simplista del modelo sagital de las fuerzas de la espalda baja para levantar. Tomado de: 3DSSPP Software Center for Ergonomics [Internet]. [cited 2021 Feb 14]

(29)

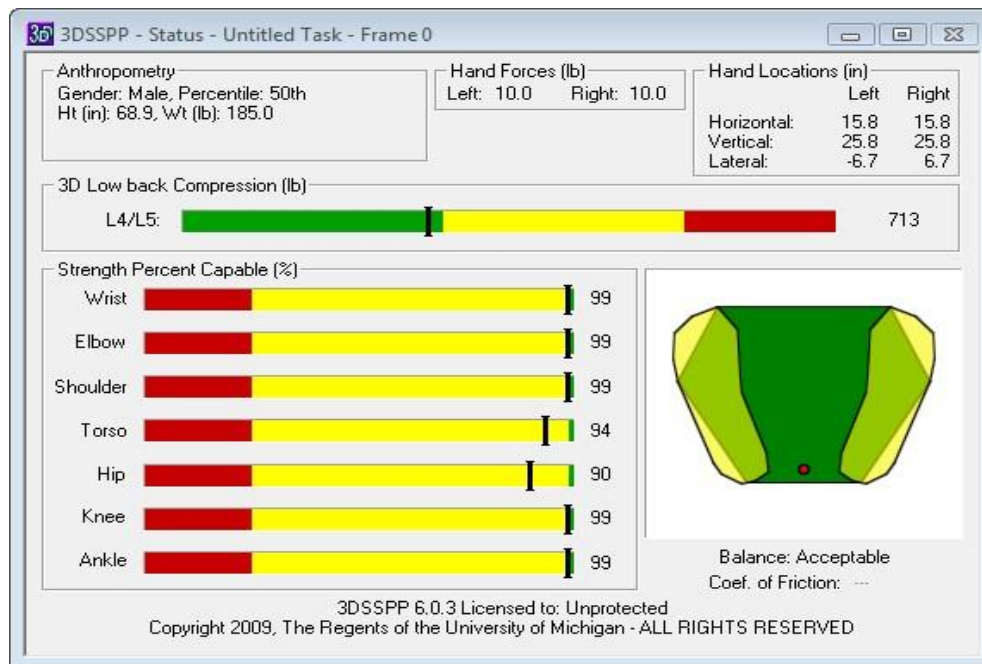


Figura 2. Calificación riesgos de lesión lumbar L4-L5 de acuerdo a la antropometría. Tomado de: 3DSSPP Software Center for Ergonomics [Internet]. [cited 2021 Feb 14] (29)

2.2.7 SOFTWARE KINOVEA: Es un programa que se utiliza para realizar análisis cinemáticos. Su desarrollo inicio en el año 2007 y actualmente es posible descargar libremente la versión 0.8.15 del programa, el software tiene como objetivo proporcionar las herramientas necesarias para que se puedan analizar a profundidad los movimientos y técnicas aplicados en diferentes tareas que se deseen, con el fin de corregir y mejorar los gestos empleados. Los controles de vídeo permiten centrarse en una acción específica y estudiar la estructura del movimiento fotograma a fotograma o a cámara lenta lo que permite comparar dos ejecuciones una al lado de la otra, ya que una vez que se introduce un vídeo en el programa va a permitir obtener información del mismo respecto a cálculos de angulaciones y demás.

2.3 MARCO CONTEXTUAL

La investigación propuesta se llevó a cabo en una constructora, en la ciudad de Cali, Valle del Cauca, donde su experiencia y trayectoria se ha especializado en el diseño, la gerencia, construcción y venta de viviendas para todos los estratos sociales.

La manipulación manual de cargas se encuentra presente en prácticamente todas las actividades relacionadas en la empresa e incluye levantamientos, transportes, empujes y arrastres de objetos, elementos y útiles necesarios para realizar una tarea.

Actualmente la empresa cuenta con 807 empleados; para el presente estudio se seleccionó el área de manejo manual de cargas con los ayudantes generales, prácticos y de formaleta cuya población correspondió a 30 trabajadores que en su mayoría son contratistas en el proyecto ciudad pacífico.

2.4 MARCO LEGAL

Ley 528 de 1999: Como primera norma fundamental que rige el quehacer fisioterapéutico en Colombia. Por la cual se reglamenta el ejercicio de la profesión de fisioterapia, se dictan normas en materia de ética profesional y otras disposiciones, a destacar los artículos: 1 donde define la fisioterapia, 2 donde se exponen los principios, 3 sobre el ejercicio de la profesión de fisioterapia y 13 sobre las relaciones del fisioterapeuta con los usuarios de sus servicios, en cuanto a la determinación de capacidades/discapacidades.(30)

Código sustantivo del trabajo, adoptado por el decreto ley 2663 del 5 de agosto de 1950, congreso de la república de Colombia, artículos 56, 57 y 348: Obligaciones de las partes en general obligaciones específicas del empleador suministrar y acondicionar sitios de trabajo que garanticen seguridad y salud de los trabajadores. Hacer exámenes médicos a su personal y adoptar medidas de higiene y seguridad.(31)

Decreto 487 de 1997 del 14 de abril, Por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación de cargas. Ley 31/1995 del 8 de noviembre, Prevención de riesgos laborales.(32)

Ley 9 de 1979, Norma para preservar, conservar y mejorar la salud de los individuos en sus ocupaciones, artículos 37, 80, 84, 125, 126: se debe maximizar la salud de las personas previniendo enfermedad ubicando el trabajador en una ocupación adaptada a su constitución fisiológica y psicológica, dotar a los trabajadores de asientos cómodos y adecuados.(18)

Decreto 3518 de 2016, Por el cual se crea y reglamenta el Sistema de Vigilancia en Salud Pública y se dictan otras disposiciones.(33)

Resolución 2844 de 2007, Ministerio de la protección social, se adoptan las Guías de atención integral de Salud y seguridad en el trabajo basadas en la evidencia (Actualización octubre 19-2015) GATISST.(34)

Ley 1562 de 2012, “por la cual se modifica el sistema de riesgos laborales y se dictan otras disposiciones en materia de salud ocupacional”. Decreto 1477 de 2014, nueva tabla de enfermedades laborales en Colombia Decreto 1507 de 2014, Por el cual se expide el Manual Único para la Calificación de la Pérdida de la Capacidad Laboral y Ocupacional. Decreto 1072 de 2015, Libro 2, Parte 2, Título 4 capítulo 6, Sistema de gestión en seguridad y salud en el trabajo.(35)

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Establecer mediante simulación computacional, el riesgo de lesión en columna lumbar en un grupo de trabajadores de la construcción, durante una tarea de levantamiento manual de la carga.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Caracterizar laboral y antropométricamente a los trabajadores seleccionados de la empresa.
- Determinar las etapas de la tarea de levantamiento manual de cargas elegida y las posturas corporales adoptadas por los trabajadores para su ejecución.
- Establecer de las fuerzas musculares, compresivas y cortantes generadas en el segmento L4-L5 de la población a estudio.

4. METODOLOGÍA

4.1 DISEÑO O TIPO DE ESTUDIO

Estudio de tipo descriptivo de corte transversal,

4.2 POBLACIÓN DEL ESTUDIO

La población a estudio fue 30 trabajadores del área ayudante general de una empresa Constructora de Cali., de acuerdo a los criterios de inclusión y exclusión.

Criterios de inclusión:

- Trabajadores entre los 18 y 45 años de edad.
- Trabajadores de la empresa que realicen entre sus tareas habituales, levantamiento de cargas.

Criterios de exclusión:

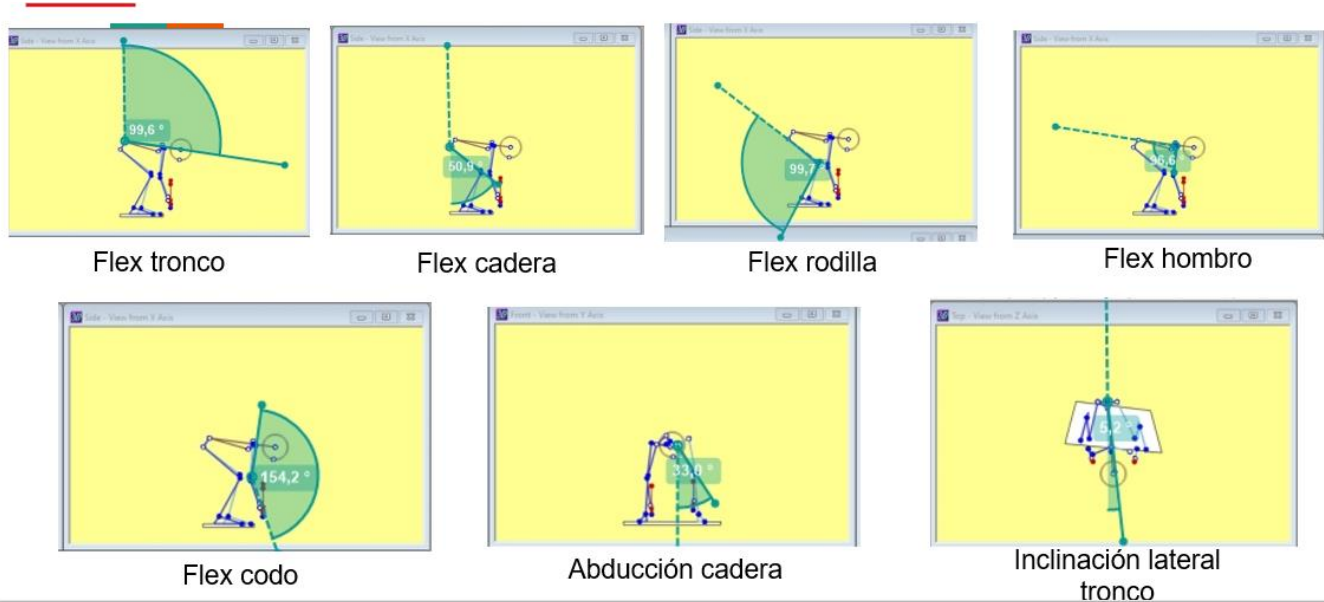
- Trabajadores que no se encuentren en el momento de la evaluación
- Trabajadores que presenten dolor >1/10 escala EVA (Evaluación Visual Analógica del Dolor) o alguna patología que les impida realizar el levantamiento manual de cargas.
- Trabajadores que consumen sustancias alcohólicas o fármacos que alteren su desempeño laboral.

4.3 VARIABLES DEL ESTUDIO

Tabla 1. Operacionalización de variables:

Objetivo específico	Variable	Definición	Operacionalización	Instrumento
Caracterizar laboral y antropométricamente los trabajadores seleccionados de la empresa.	Talla	Medida de la estatura del cuerpo humano desde los pies hasta el techo de la bóveda del cráneo.	Centímetros	Metro
	Peso	Cantidad de materia presente en un cuerpo humano	Kilogramos	Balanza

	Masa grasa	totalidad de grasas o lípidos presentes en el cuerpo	Porcentaje	Impedanciometro
	Masa magra	todo lo que queda en el cuerpo sin contar la grasa de depósito	Porcentaje (del volumen corporal humano)	Impedanciometro
	Perímetro abdominal	Medición de la distancia alrededor del abdomen en un punto específico	Centímetros (Medio centímetro o centímetro y medio)	Cinta métrica
	Longitud de tibia	Largo del hueso de la tibia.	Centímetros	Software Kinovea
	Longitud fémur	Largo del hueso del fémur	Centímetros	Software Kinovea
	Longitud de tronco	Largo del tronco	Centímetros	Software Kinovea
	Longitud de miembros superiores	Largo de los miembros superiores	Centímetros	Software Kinovea
Determinar las etapas de la tarea de levantamiento manual de cargas elegida y las posturas corporales adoptadas por los trabajadores para su ejecución.	Etapas del levantamiento	Fases determinadas a partir del análisis cualitativo del gesto	fases	Software Kinovea
	Postura corporal	Postura en cada etapa del levantamiento, posición de tronco, miembros superiores e inferiores, en el plano sagital y frontal	Grados de movimiento en cada articulación	



Fuente: Propia

Esta información cinemática, se llevó al software 3DSSPP, al que se agregó la información antropométrica y posturas adoptadas de los trabajadores para obtener los datos cinéticos relacionados con fuerzas compresivas, cortantes y musculares. El software de manera automática, genera el dato del nivel de riesgo derivados del levantamiento, clasificándolo como alto, medio o bajo. (ANEXO F).

4.5 FASES DEL ESTUDIO

Preparación para el estudio: Se solicitó el aval de la empresa para la realización de la investigación y para poder tener acceso a los trabajadores e instalaciones. Posteriormente se solicitó el aval del Comité de Ética de la Universidad del Valle con ACTA DE APROBACION N°(020-021).

Se realizaron visitas de reconocimiento a la empresa y se concertaron reuniones con el equipo directivo de la empresa para explicar el proyecto, resolver dudas y recibir sugerencias.

Para el desarrollo de este estudio, la investigadora realizó un entrenamiento de dos días, con la fisioterapeuta Lessby Gómez, experta en biomecánica, para adquirir habilidades en las mediciones y procedimientos que se realizaron en la presente investigación.

Diseño y ajuste de instrumentos: Con el fin de registrar los datos del estudio se diseñó un formato de recolección de datos (ANEXO A). Los instrumentos solo fueron utilizados en una prueba piloto y en las sesiones de evaluación y se diseñaron de acuerdo a las variables del

estudio. Los instrumentos utilizados fueron: Formato de recolección de datos que contenía aspectos sociodemográficos y tablas para consignar mediciones, metro para medición de longitudes, balanza y cámaras de video.

La prueba piloto se realizó en 6 trabajadores que no hicieron parte de la muestra para calcular el tiempo en promedio que se demoran los evaluadores recolectando todos los datos de cada individuo.

Recolección de datos: La investigadora inició la recolección de datos la primera semana de inicio del proyecto, posterior a la aplicación del consentimiento, durante 10 semanas, utilizando el formato de recolección de datos diseñado. La medición del tiempo que toma cada paso se realizó en la prueba piloto.

Para el análisis de la postura corporal se hizo uso de dos cámaras de video que tomaron los ejes frontal, posterior y sagital durante la tarea de levantamiento presentes en las cuatro etapas del levantamiento manual de la carga: al piso, rodilla, cadera y hombro.

Figura 4. Pasos para levantar una carga

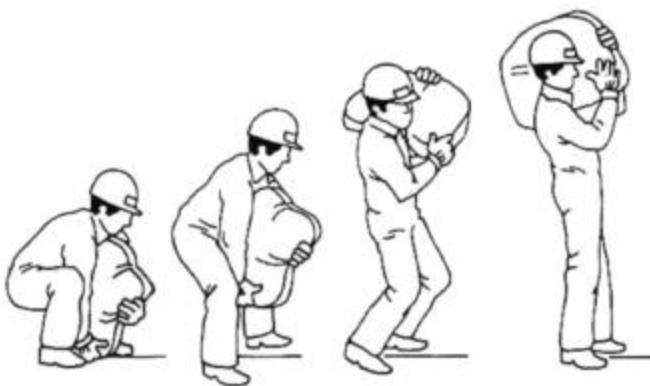


Figura 4. Recomendaciones para la manipulación manual de carga.

Fuente: PREVING CONSULTORES SL. Recomendaciones para la manipulación manual de cargas [Internet]. 2022 [cited 2022 Aug 17]. p. 1–1. Available from: <https://www.preving.com/recomendaciones-la-manipulacion-manual-cargas/> (36)

Plan de análisis de datos: los datos recolectados por medio de los formatos fueron llevados al software **IBM SPSS Statistics** versión 23.0. Se realizó un análisis estadístico descriptivo de frecuencia, promedios y desviación estándar.

De manera complementaria, se realizó la asociación entre los valores de fuerza compresiva (FC) y las variables antropométricas de peso y estatura en cada una de las etapas de levantamiento analizadas. Para ello, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk para corroborar la normalidad de los datos y posteriormente se determinó el coeficiente de correlación de Pearson

($p < 0.005$)

4.6 ASPECTOS ÉTICOS

De acuerdo a la Ley 1581 de 2012 sobre la protección de datos y la Resolución nº 008430 del 4 de octubre de 1993 del Ministerio De Salud, por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud, el estudio fue clasificado como un estudio con riesgo mínimo, ya que, se empleó el registro de datos obtenidos a través de exámenes físicos y pruebas clínicas de uso frecuente: encuestas, antropometría y videografía. Las actividades de levantamiento que se le solicitaron realizar a los participantes, son las que ellos realizan frecuentemente en el marco de su desempeño laboral.

Se avaló el estudio por medio del acta de aprobación expedida por el Comité de Ética Humana de la Universidad del Valle.

Se realizó una observación en la empresa y se escoge en conjunto con los responsables de Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) de la empresa, una tarea que sea de levantamiento manual, que pudiera generar riesgo en la columna vertebral y que la realicen de manera habitual en la empresa, para determinar qué tipo de levantamiento realizaban, como lo hacían, con que lo hacían, y su frecuencia; a partir de dicha observación se escogió uno de los levantamientos observados, una vez escogida la tarea se seleccionó la población a estudio, que cumpliera con los criterios de inclusión y exclusión.

Los trabajadores seleccionados fueron citados a una reunión en la que el investigador principal del proyecto les informó sobre el proyecto, se realizó la lectura del consentimiento informado (ANEXO G), explicando todos y cada uno de los beneficios, riesgos y control de los procedimientos a los cuales estarían expuestos, y que los riesgos estarán relacionados con dolor, posible caída del objeto a levantar o desgarro muscular. También se les explicó que la información generada será estrictamente confidencial, se mantendrá su privacidad y no será identificado en ninguna publicación. Finalmente, a los participantes que aceptaron ser parte del estudio, se les solicitó la firma del consentimiento y se les hizo entrega de una copia de este. Ante cualquier duda fue respondida de manera inmediata y si no decidía participar se le informó que esto no perjudicaría ni conllevaría a cambios en su situación laboral.

Para minimizar el riesgo de exposición, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Los sujetos fueron individuos adultos jóvenes, sin alteraciones de salud que les impidiera la ejecución de la actividad de levantamiento. Para verificar esto, solo ingresaron al estudio, los trabajadores que contaron con el aval del médico empresarial quién dio constancia de que el estado de salud del trabajador era apto para la realización de los levantamientos programados, las valoraciones se realizaron a los trabajadores

seleccionados después de que firmaron el consentimiento informado, y se llevaron a cabo en el consultorio médico de la empresa.

- Los sujetos fueron entrenados para realizar el levantamiento elegido, de manera que se minimizó el riesgo por falta de conocimiento en la técnica adecuada de ejecución. Cada sujeto adquirió habilidad, realizando varios intentos con un objeto de bajo peso similar en forma al objeto que se va a levantar. En caso de que algún sujeto presentara evidente dificultad o considerará que no es capaz de realizar el ejercicio propuesto, fue excluido del estudio.
- Previo al levantamiento, se hizo ejercicio de calentamiento y preparación para la actividad a realizar. Y una vez terminó, cada participante realizó una rutina de estiramientos para evitar la aparición de dolores o molestias.
- Durante la filmación del gesto, se contó con el acompañamiento de un profesional experto en el área de fisioterapia y ergonomía, para garantizar la forma más segura de ejecutar el gesto.
- Para proteger ante el riesgo de caídas, se aseguró que el área de evaluación estuviera en buenas condiciones y limpia, la investigadora realizó personalmente la evaluación, teniendo en cuenta los parámetros adecuados para evitar caídas.

En caso de que algo ocurriera, la empresa contó con personal de salud que atendiera al participante inicialmente. Del mismo modo los trabajadores contaron con póliza de seguro de accidentes de trabajo, que se trata de un seguro colectivo que ampara el estado físico de los trabajadores en el caso de un accidente, con el que se les protege frente a las eventualidades que puedan presentarse, este servicio se tuvo en cuenta en caso de ser necesario y de acuerdo al daño causado, que, en caso de necesitarse, el trabajador sería remitido a su ARL.

Adicionalmente, el riesgo de confidencialidad fue controlado de la siguiente manera:

- Los datos del participante fueron codificados y depositados en una base de datos a la que solo tuvieron acceso los investigadores de proyecto.
- La información del proyecto fue depositada en un computador al que tuvieron acceso solo los investigadores del proyecto
- En caso de que se requirieran imágenes que se tomaron de los participantes, estas fueron tratadas para cubrir el rostro del participante.
- La información del proyecto será guardada en un computador seguro por la investigadora principal, hasta por 5 años.
- Cada participante firmó previo a su participación el consentimiento firmado, en el que se le informó de sus derechos, condiciones de participación, los posibles riesgos a los que se exponían, el control de los mismos, el manejo que se daría a los datos que se obtuvieron de su participación y los beneficios que obtendría al participar. Se le aclara que la información solo será utilizada con fines investigativos.

Si el trabajador decidía participar en este estudio, se le explicó que no recibiría ninguna compensación económica, sin embargo, el tiempo no se descontó del pago de su jornada laboral. La participación en el estudio fue voluntaria y tuvo como beneficio que el trabajador pudo conocer riesgo de lesión de disco intervertebral así detectar si existen posibles riesgos que puedan tratarse tempranamente, además gracias a la participación se pudo sustentar el desarrollo de programas de prevención e intervención fisioterapéutica en relación a la postura, buscando mejoras en la calidad de vida.

5. RESULTADOS

5.1. CARACTERIZACION DE LA POBLACIÓN OBJETO DE ESTUDIO

A continuación, se presentan los resultados correspondientes a los trabajadores evaluados.

El estudio se realizó con 30 trabajadores en cargo de ayudante general de una empresa constructora de Cali, Colombia. De manera general las edades oscilaron entre los 18 y 47 años de edad, con una edad promedio de 28.5 años, siendo todos de género masculino. El promedio de tiempo desarrollando el cargo fue de 3 años aproximadamente. (Tabla 2)

Tabla 2. Características socio-laborales de los trabajadores.

<i>VARIABLE</i>	<i>N: 30</i>
<i>EDAD (años)</i>	
<i>Media ± DE</i>	28.5+ _7.9
<i>Rango</i>	18 - 47
<i>Mediana</i>	28
<i>Genero (%)</i>	
<i>Masculino</i>	100.0
<i>Femenino</i>	0.0
<i>TIEMPO DESARROLLANDO EL CARGO DE AYUDANTE GENERAL (AÑOS)</i>	
<i>Media ± DE</i>	2.9+ _1.9
<i>Rango</i>	0.5 - 8.0
<i>Mediana</i>	2.3

N= Tamaño de la población

5.2 DIMENSIONES ANTROPOMETRICAS (LONGITUDES Y PERIMETROS) EN LOS TRABAJADORES

De acuerdo al promedio de talla y peso de la población, el peso oscilo entre 52 y 104 kilogramos. Respecto a la talla los valores estuvieron entre 1.53 y 1.84 metros. (Tabla 3)

Respecto a las longitudes corporales, se encontró que las longitudes oscilaron entre 26.5 y 38.7 centímetros; longitud de antebrazo osciló entre 21 y 33.6 centímetros; longitud de mano entre 17.4 y 24 centímetros; longitud de tronco entre 40 y 57.4 centímetros, longitud de miembros inferiores (del trocánter mayor al piso) entre 77.4 y 101 centímetros, teniendo en cuenta el lado dominante de cada trabajador. En cuanto al perímetro abdominal oscilaron valores entre 67.5 y 115 centímetros, teniendo en cuenta que este valor se tomó para determinar el nivel de grasa abdominal en cada trabajador. (Tabla 3)

Tabla 3. Características antropométricas de los trabajadores

N=30				
Variable	Min	Max	Media	DE
EDAD	18	47	28.5	7.9
PESO (kg)	52	104	70.0	12.3
TALLA (m)	1.53	1.84	1.7	0.1
IMC	18.2	35.8	24.6	3.6
MASA MAGRA	34.4	53.0	43.1	4.9
MASA GRASA	13.9	45.0	31.9	8.9
PERIMETRO ABD	67.5	115.0	82.9	10.5
LONG BRAZO	26.5	38.7	32.8	2.8
LONG ANTEBRAZO	21.0	33.6	25.1	2.6
LONG MANO	17.4	24.0	20.7	1.6
LONG TRONCO	40.0	57.4	48.2	3.8
LONG MUSLO	31.6	50.0	42.0	4.0
LONG PIERNA	33.0	47.0	39.2	3.6
LONG MMII	77.4	101.0	86.9	4.8

N= Numero de la población, Kg= kilogramos, m= metros, IMC= Índice de Masa Corporal, ABD= abdominal, Long= Longitud, MMII= Miembros Inferiores.

Según la clasificación de índice de masa corporal se encontró un peso normal en el 61.3% de los trabajadores, sobrepeso en el 29% y grado de obesidad I y II en solo 2 de los sujetos evaluados. (Tabla 4)

Tabla 4. Categoría Índice de Masa Corporal

Categoría IMC	Frecuencia	Porcentaje
Normal	19	61.3
Obesidad I	1	3.2
Obesidad II	1	3.2
Sobrepeso	9	29
Total	31	100

IMC= Índice de Masa Corporal

5.3 POSTURA CORPORAL EN LAS DIFERENTES ETAPAS DE LEVANTAMIENTO

Los datos obtenidos a través video y fotografías, los cuales fueron exportados al software Kinovea, donde se determinaron cuatro etapas del levantamiento manual de la carga: a nivel del piso, de rodilla, de cadera y de hombro. (Ver figura 5)

Figura 5. Etapas del levantamiento y segmentos articulares evaluados en cada trabajador.



PISO

RODILLA



CADERA

HOMBRO

A continuación, se presentan los resultados de las mediciones de rango de movimiento articular, en cada una de las etapas del levantamiento (Tabla 5).

Tabla 5. Grados de movimiento articular, en el plano sagital, en las etapas del levantamiento

ETAPA LEVANTAMI ENTO	FLEXION TRONCO (°)	INCLINACIO N LATERAL TRONCO (°)	FLEXION CADERA (°)		FLEXION RODILLA (°)		FLEXION HOMBRO (°)		FLEXION CODO (°)		ABDUCCION CADERA (°)	
			D	I	D	I	D	I	D	I	D	I
PISO	90±12	27±33	55±16	50±8	90±25	91±20	85±16	85±15	35±23	36±22	29±19	29±20
RODILLA	82±7	18±15	38±13	39±13	56±38	56±38	56±15	57±15	61±17	61±17	19±14	20±14
CADERA	57±12	7±7	35±16	36±16	47±27	46±27	29±30	39±30	83±27	83±26	23±17	24±17
HOMBRO	9±16	38±21	19±12	21±12	49±20	50±20	98±52	98±53	93±36	91±36	13±11	13±12

D= Derecho, I= Izquierdo

En la tabla 5 se observa que los grados de movilidad de tronco, cadera, rodilla, hombro y codo, en la flexión de tronco, cadera y rodilla disminuyen conforme la etapa de levantamiento avanza, lo que se relaciona con que el sujeto inicia flexionando sus articulaciones para levantar la carga desde el piso hasta tener una postura totalmente erguida. En general se pueden observar pocas variaciones entre cada hemicuerpo (lado derecho e izquierdo), de acuerdo a la etapa de levantamiento y la articulación correspondiente.

Respecto a la flexión de hombro, se observa una disminución gradual hasta la etapa a nivel de cadera, aumentando de modo relevante en la última etapa, que se relaciona a que el bulto es llevado a uno de los hombros. En cuanto a la flexión de codo se observa un aumento gradual de la etapa a nivel del piso a la etapa a nivel del hombro, es decir, en promedio el sujeto inicia la etapa de levantamiento con el codo casi totalmente extendido y termina con una flexión mayor a 90 grados al llevar el bulto de cemento al hombro. Sobre la abducción de cadera se pudo establecer que los sujetos mantuvieron aproximadamente la misma posición en las 3 primeras

etapas de levantamiento de la carga, encontrando en la última etapa una disminución donde se puede relacionar a que hacían un cierre de las piernas al llevar el bulto de cemento al hombro.

Con relación a la inclinación lateral de tronco, se aprecia un valor máximo en la última etapa, relacionado a que el bulto de cemento es llevado por el sujeto evaluado a uno de los hombros, por lo tanto, se tiende a realizar una inclinación hacia el lado del peso, llama la atención el valor mínimo promedio de inclinación lateral de tronco en la etapa a nivel de cadera, lo cual podría presumir que el sujeto realiza una alineación corporal previa a la etapa final de levantamiento de la carga.

La inclinación lateral de tronco a nivel del piso, varía 33 grados, teniendo una menor variabilidad a nivel de la cadera. La mayor variabilidad fue de 53 grados y se presentó en la etapa a nivel del hombro a nivel de flexión de hombro, etapa donde los sujetos posicionan el bulto de cemento en uno de los hombros.

5.4 NIVEL DE RIESGO DE LESION DE DISCO INTERVERTEBRAL EN CADA ETAPA DE LEVANTAMIENTO

A partir de los valores que arrojo el software 3DSSPP para cada sujeto en las diferentes etapas de levantamiento (Tabla 6), se observó que las FC a nivel de L4-L5 fueron mayores en la primera etapa con un resultado promedio de 6797 newtons. Al analizar todo el levantamiento, el menor valor de FC, fue de 976 newtons en la cuarta etapa, cuando la carga se encontraba en el hombro (Imagen 2) y el mayor valor 9291 newtons en la etapa de levantamiento desde el piso (Imagen 1). En cuanto a las fuerzas cortantes en los segmentos L4-L5, el mayor valor lo obtuvo también la etapa con 907 newtons y el menor valor en la etapa a nivel del hombro, con un resultado de 83 newtons.

Tabla 6. Fuerzas compresivas y cortantes en el segmento L4-L5.

Etapa Levantamiento	Fuerzas Compresivas(N)				Fuerzas Cortantes (N)											
					Total				Antero Posterior				Lateral			
	Min	Max	Media	DE	Min	Max	Media	DE	Min	Max	Media	DE	Min	Max	Media	DE
PISO	4835	9291	6797.2	1020.6	445	907	659.5	122.1	444	907	660	122	-12	5	-1	5
RODILLA	2873	7640	5901.0	936.9	369	855	654.9	140.5	368	855	655	141	-30	9	-2	8
CADERA	3163	7684	5742.6	1145.1	282	822	519.7	158.1	282	822	520	158	-21	16	-4	8
HOMBRO	976	6006	3930.4	1236.2	83	441	190.2	86.9	-262	424	98	150	-272	139	-40	105

Min= Mínimo, Max= Máximo, DE= Desviación Estándar, N= Newtons

Figura 6. Fuerzas compresivas en el segmento L4-L5

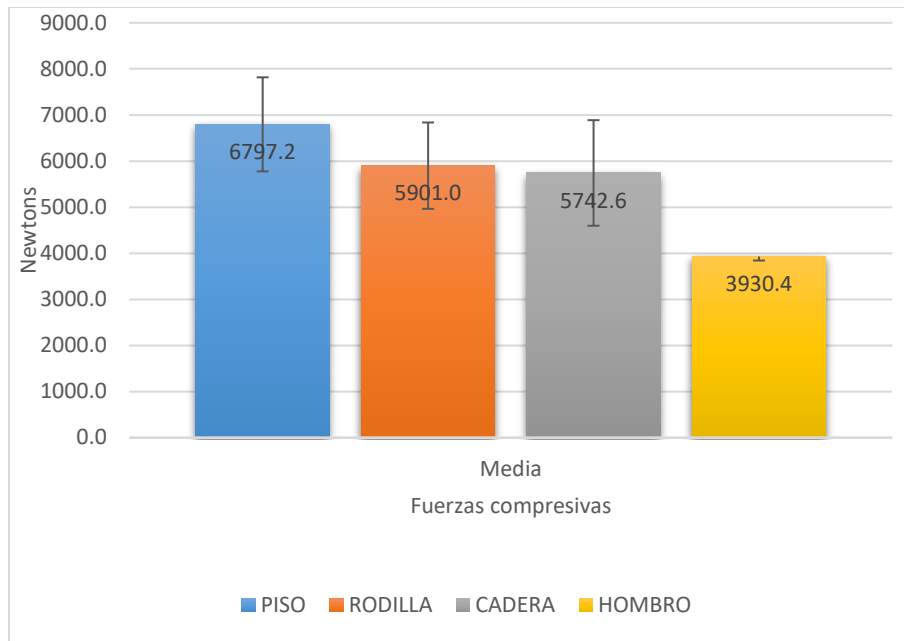
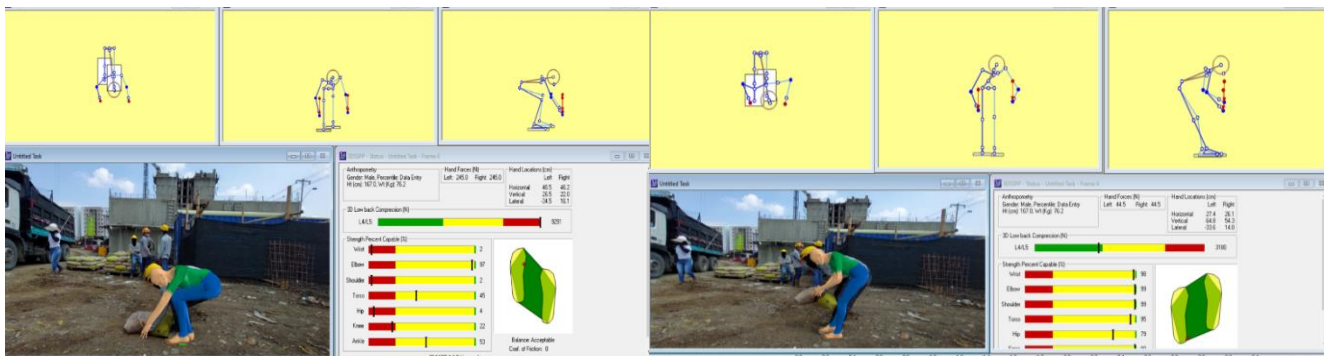
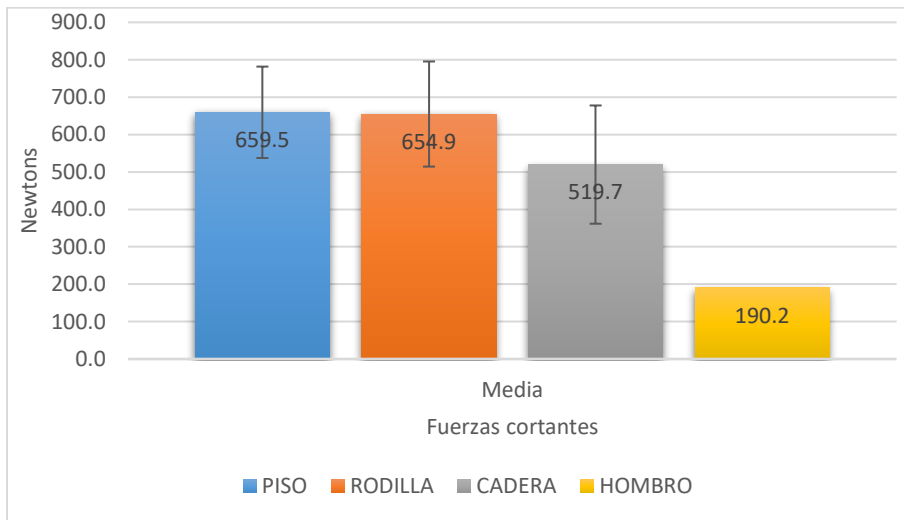


Figura 7. Fuerzas cortantes en el segmento L4-L5



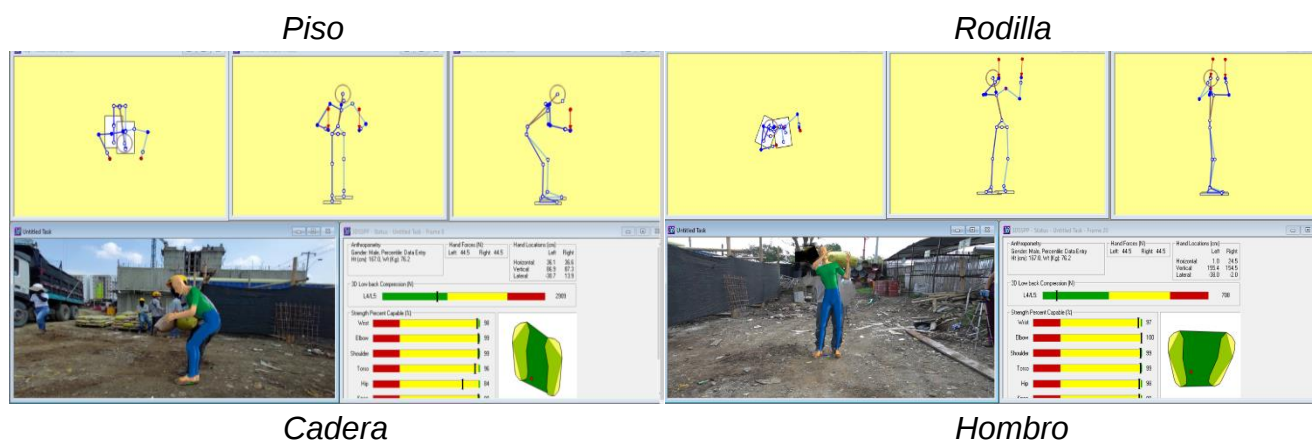


Imagen 1. Ejemplo de reporte del software 3DSSPP, del nivel de riesgo en segmento lumbar, en las diferentes etapas de levantamiento.

La imagen 1 representa una visualización de la simulación computacional en el software 3DSSPP, en conjunto con los datos de antropometría del trabajador con mayor fuerza compresiva (FC) en el segmento L4-L5. Se realizó el mismo proceso en cada trabajador que participó en el estudio.

Se realizó la comparación de los sujetos que obtuvieron los valores máximos y mínimos en fuerzas compresivas en el segmento L4-L5 (Tabla 7), donde se observan posiciones de levantamiento distintas en las diferentes etapas que coinciden con los resultados destacados. La diferencia principal radica en la alineación de la columna al realizar el levantamiento del bulto. De acuerdo a los resultados, 3 de los evaluados que obtuvieron riesgo máximo de fuerzas compresivas, presentaron sobrepeso.

Tabla 7. Comparación de posturas adoptadas por los sujetos en los que se reportaron los valores máximos y mínimos de fuerzas compresivas en columna lumbar.

Etapas de levantamiento	Valor Mínimo de FC	Valor Máximo de FC

Piso



4835 N



9291 N



Rodilla



2873 N



7640 N

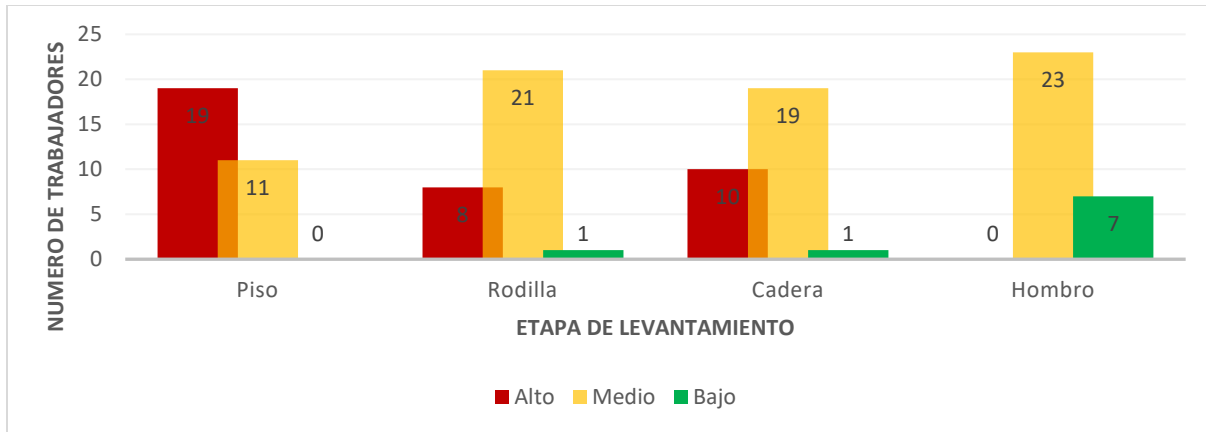
		
Cadera	 3163 N	 7684 N
		

Hombro	 976 N 	 6006 N 
----------------------	---	--

5.4.1 Nivel de Riesgo de lesión de disco intervertebral según etapa de levantamiento.

El nivel de riesgo individual de lesión de disco intervertebral, de acuerdo las fuerzas compresivas establecidas, en cada etapa de levantamiento de la carga, es categorizado en nivel alto, medio por el software de predicción de fuerza (3DSSPP). (Gráfico 2.)

Figura 8. Número de trabajadores según el nivel de riesgo de lesión del disco intervertebral en cada etapa de levantamiento.



La figura 8 muestra que en la etapa del piso el riesgo biomecánico es alto en 19 de los trabajadores, correspondiente al 61.3% de la población total y un riesgo medio en 11 trabajadores, correspondiente al 35.5% de los trabajadores. No se generan datos de riesgo bajo en esta etapa. Se observó que en la etapa a nivel de rodilla, el riesgo biomecánico es alto en 8 trabajadores, medio en 21 trabajadores, correspondiente al 67.7% y solo un trabajador presentó riesgo bajo.

Finalmente se observa que al final del levantamiento existió una disminución de las fuerzas de cizallamiento y de compresión en los trabajadores, donde ningún trabajador presentó riesgo alto.

5.5 ANALISIS DE LAS FUERZAS MUSCULARES EN CADA ETAPA DE LEVANTAMIENTO MANUAL DE LA CARGA

Tabla 8. Fuerzas compresivas y cortantes según etapa de levantamiento y participación muscular.

ETAPA DE LEVANTAMIENTO

MUSCULO	Fuerzas Compresivas (N)				Fuerzas Cortantes (N)			
	Piso	Rodilla	Cadera	Hombro	Piso	Rodilla	Cadera	Hombro
ERECTORES DE LA ESPINA DER	2671 $\pm$ 397	2319 $\pm$ 375	2236 $\pm$ 480	1310 $\pm$ 556	0	0	0	0
ERECTORES DE LA ESPINA IZQ	2739 $\pm$ 407	2381 $\pm$ 388	2294 $\pm$ 493	1106 $\pm$ 609	0	0	0	0
RECTOABDOMINAL DER	0.37 $\pm$ 2	0	0	0	0	0	0	0
RECTOABDOMINAL IZQ	0.93 $\pm$ 5	0	0	0	0	0	0	0
OBLICUO INTERNO DER	67.4 $\pm$ 78.7	23.3 $\pm$ 42.1	22.2 $\pm$ 16.2	192.1 $\pm$ 166.4	47.8 $\pm$ 56	17 $\pm$ 30	16 $\pm$ 11	136 $\pm$ 118
OBLICUO INTERNO IZQ	9.4 $\pm$ 26.9	17.5 $\pm$ 29.5	3.7 $\pm$ 10.2	53.3 $\pm$ 128	6.6 $\pm$ 19	13.5 $\pm$ 21	3 $\pm$ 8	38 $\pm$ 91
OBLICUO EXTERNO DER	54.7 $\pm$ 111	91.2 $\pm$ 140.3	39.1 $\pm$ 81.5	375.9 $\pm$ 310	39 $\pm$ 79	65 $\pm$ 99	28 $\pm$ 58	266 $\pm$ 220
OBLICUO EXTERNO IZQ	96.9 $\pm$ 126	49.2 $\pm$ 118	114.7 $\pm$ 150	102.7 $\pm$ 222	69 $\pm$ 89	35 $\pm$ 83	81 $\pm$ 106	73 $\pm$ 158
LATISIMO DEL DORSO DER	569 $\pm$ 138	512 $\pm$ 83	493 $\pm$ 105	299 $\pm$ 109	418 $\pm$ 62	363 $\pm$ 59	350 $\pm$ 75	212 $\pm$ 77
LATISIMO DEL DORSO IZQ	588 $\pm$ 87	512 $\pm$ 83	493 $\pm$ 106	291 $\pm$ 124	418 $\pm$ 62	457 $\pm$ 506	350 $\pm$ 75	206 $\pm$ 86

Der: Derecho, Izq.: Izquierdo, N: Newtons

La máxima fuerza compresiva (FC) fue de 2739 N correspondiente a los erectores de la espina, en la etapa a nivel del piso, disminuyendo gradualmente en las siguientes etapas. Las menores fuerzas compresivas se obtuvieron en oblicuo interno izquierdo, en la etapa a nivel de cadera. Con referencia a las fuerzas cortantes, se obtuvo la mayor fuerza cortante en latísimo del dorso, disminuyendo de manera sucesiva en cada etapa de levantamiento del bulto, y al igual que en fuerzas compresivas, la menor fuerza cortante se encontró en la etapa a nivel de cadera en oblicuo interno. (Tabla 10)

RELACIÓN ENTRE VARIABLES ANTROPOMÉTRICAS Y VALORES DE FUERZA COMPRESIVA (FC)

Aunque no fue un objetivo de esta investigación, se estableció de manera complementaria, la asociación entre las variables de FC, talla e IMC. Previamente se estableció la distribución normal de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk (Tabla 9).

Tabla 9. Resultados prueba Shapiro- Wilk		
Variable	Estadístico	p
FC a nivel del piso	0.970	0.533
FC a nivel de la rodilla	0.949	0.156
FC a nivel de la cadera	0.978	0.760
FC a nivel del hombro	0.958	0.282
Talla	0.966	0.432
IMC	0.941	0.100
p <0.05		

Fuente: Elaboración propia

Para establecer la correlación entre la talla (ver Tabla 10) y el peso (Tabla 11) y el IMC (Tabla 12) con las fuerzas compresivas en las diferentes etapas del levantamiento, se aplicó la prueba de correlación de Pearson. Estos resultados evidencian una correlación positiva entre las variables, pero que, con relación a la talla, solo fue significativa ($p < 0.05$) cuando la carga es levantada a nivel de la rodilla, mientras que, con relación al peso y al IMC existe una correlación significativa entre el nivel de levantamiento desde el piso, la rodilla y la cadera con las FC en el segmento L4-L5.

Tabla 10. Correlación entre la talla de los trabajadores y las fuerzas compresivas en el segmento L4-L5		
Variable	Correlación de pearson	p
Carga a nivel del piso	0.350	0.058
Carga a nivel de la rodilla	0.362*	0.049
Carga a nivel de la cadera	0.288	0.123
Carga a nivel del hombro	0.099	0.603
p <0.05		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11. Correlación entre el peso de los trabajadores y las fuerzas compresivas en el segmento L4-L5		
Variable	Correlación de pearson	p
FC a nivel del piso	0.536*	0.002
FC a nivel de la rodilla	0.494*	0.006
FC a nivel de la cadera	0.484*	0.007

FC a nivel del hombro	0.190	0.314
* Correlación significativa p <0.05		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12.		
Correlación entre el IMC de los trabajadores y las fuerzas compresivas en el segmento L4-L5		
Variable	Correlación de pearson	p
Carga a nivel del piso	0.445*	0.014
Carga a nivel de la rodilla	0.382*	0.037
Carga a nivel de la cadera	0.435*	0.016
Carga a nivel del hombro	0.157	0.408
* Correlación significativa p <0.05		

Fuente: Elaboración propia

6. DISCUSION

La presente investigación se enfocó en establecer el nivel de riesgo de lesión del disco intervertebral, cuando los trabajadores de una empresa levantaban un bulto de 50Kg, desde el piso. De acuerdo a la normatividad que rige a Colombia, el límite de peso permitido es de 25Kg (36), y en estudios reportados por Chaffin (37), el límite permisible de fuerzas compresivas (FC) es de 3400 N y se considera que si supera los 6000 newtons, los resultados de esta investigación corroboran que el 90% de los trabajadores podría sufrir algún daño a nivel discal. Gallagher menciona que, las fuerzas de compresión y las fuerzas de cizallamiento en las direcciones lateral y anterior-posterior (AP), se incrementan cuando se dobla el tronco hacia adelante, pueden ser generadoras de al daño debido a una carga de grande o repetida. (38)

En el presente estudio se evidenciaron en las diferentes etapas de levantamiento FC y de cizallamiento en el segmento L4-L5 mayores a lo considerado como seguro (oscilaron entre 9291 N y 976 N), generando un riesgo de padecer algún tipo de lesión a nivel intervertebral en los trabajadores. Una de las principales razones del riesgo está relacionada con que el peso del bulto de 50kg, ya que, representa el doble del límite de peso considerado seguro. (36)

Con relación a las fuerzas cortantes , en el presente estudio se encontraron valores por encima del límite referenciado por Gallagher S. et al (38), quien examinó la literatura sobre la tolerancia al corte de los segmentos de movimiento espinal para determinar los límites apropiados para la exposición al cizallamiento y determinó que se recomiendan límites de 1000 N para exposición ocasional al corte (100 cargas/día), y un límite de 700 N para exposición frecuentes (100–1000 cargas por día). Estos valores protegerían el 90 % de las columnas lumbares en edad laboral, reduciendo así el riesgo de dolor lumbar. En este estudio se halló que en la etapa a nivel del piso, la fuerza cortante promedio fue de 907 N, obteniéndose valores >800 N en las etapas siguientes. El autor expone que el movimiento de la columna cuando sale de los parámetros neutros, genera que el disco articular quede expuesto a las fuerzas de cizallamiento capaces de degenerar el tejido, adicionalmente, empeora en la ausencia de una buena musculatura que haga de faja abdominal que proteja la espalda. (41)

Aunque los valores de FC fueron elevados por efecto del peso del bulto de cemento, el estudio evidenció que, aunque la carga fue la misma y las instrucciones dadas a los trabajadores fueron las mismas, los valores de las FC y cortantes en columna vertebral, variaron de un sujeto a otro y en virtud de la etapa del levantamiento (Tabla 6). Estas variaciones, pueden estar influenciadas por varios factores como, las posturas adoptadas por los participantes, las

variables antropométricas de los sujetos, los condicionantes físicos de los participantes, entre otros. (3)

Con relación a posturas de levantamiento, aunque a cada uno de los trabajadores había sido capacitado sobre la forma de realizar un levantamiento seguro y al momento de la toma de datos se les dieron nuevamente las indicaciones, cada trabajador realizó el levantamiento del modo que les pareció más cómodo, por consecuencia, hubo diferencia en los resultados en los ángulos articulares de miembro inferior y superior en las diferentes etapas levantamiento (Tabla 5).

Se observó que los grados de movilidad en los segmentos del miembro inferior y tronco disminuyen conforme la etapa de levantamiento avanza, coincidiendo con que el sujeto inicia el levantamiento del bulto desde el piso. Ziaei M. (48), determinó que las posturas críticas en el levantamiento de cargas son aquellas en las que los ángulos de flexión lumbar superan los 45 grados, que coincide con los resultados obtenidos en este estudio, donde la flexión lumbar en las primeras tres etapas oscilo entre 57 y 90 grados, realizando el levantamiento desde suelo y por debajo de la altura de la cadera, esto se debe a que el sujeto prefiere flexionar la espalda en lugar de doblar las rodillas; el disminuir esta flexión lumbar, genera una reducción en FC de aproximadamente 280N, apoyando que al mejorar la postura de levantamiento se libera carga en el segmento L4-L5.(39)

En el estudio se encontró además que, los valores de inclinación lateral de tronco son mayores en la última etapa del levantamiento, relacionado a que el bulto de cemento es llevado por el sujeto evaluado a uno de los hombros, por lo tanto, se tiende a realizar una inclinación hacia el lado del peso, llama la atención el valor mínimo promedio de inclinación lateral de tronco en la etapa a nivel de cadera, lo cual podría presumir que el sujeto realiza una alineación corporal previa a la etapa final de levantamiento de la carga.

Aunque el INSHT refiere que, si el levantamiento es desde el suelo hasta una altura importante, por ejemplo, la altura de los hombros o más, se debe apoyar la carga a medio camino para poder cambiar el tipo de agarre, evitando así, compensaciones, inclinaciones y giros en el momento del levantamiento. (27)(41), los valores de FC a nivel de rodilla y cadera, seguían generando un riesgo importante, por lo que se corrobora que, si la carga es muy pesada, el riesgo sigue siendo permanente a lo largo de todo el levantamiento y que llevarlo por fases no es suficiente para disminuir el riesgo del levantamiento.

En lo que concierne a los resultados de abducción de cadera, se observó que durante las primeras tres etapas se mantuvo en valores similares, sin embargo, en la etapa cuatro se observó disminución de este ángulo, relacionado a que los sujetos disminuían la base de sustentación al llevar el bulto de cemento al hombro. De acuerdo al método para levantar cargas

adecuadamente propuesto por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), se deben utilizar las técnicas que permitan utilizar los músculos de las piernas más que los de la espalda, inicialmente se deben separar los pies en dirección a la carga, posteriormente doblar las rodillas, sin llegar a una flexión profunda, manteniendo en todo momento la espalda derecha, sujetar firmemente la carga empleando ambas manos y levantarse suavemente por extensión de las piernas, manteniendo la espalda derecha, lo que sugiere, que la técnica de levantamiento que responde a los resultados varió de un sujeto a otro. (27)

Los modelos biomecánicos para establecer las fuerzas compresivas en columna, involucran como uno de los factores a considerar, el peso del sujeto(37). Debido a que el peso del tronco y miembros superiores, comprimen el disco intervertebral(40), es importante considerar esta variable como un factor que modifica la FC de un sujeto a otro. Los resultados de la correlación entre el peso, el IMC y las FC corroboran la importancia de considerar el peso de los trabajadores como un factor que puede incrementar el nivel de riesgo, puesto que se obtuvo que existe una correlación significativa entre el nivel de levantamiento desde el piso, la rodilla y la cadera con las FC en el segmento L4-L5. Ibarra y Astudillo (2019), realizaron un estudio ergonómico que se centró en el análisis de la actividad de trabajo de operadores de carga y descarga. Relacionado al IMC, encontraron que el promedio de los trabajadores con sobrepeso, presentó mayores fuerzas de carga espinal, determinando que, los cambios en el peso corporal influyen en las cargas espinales, pues, un mayor peso corporal produce cargas espinales más grandes llevando a una predisposición de riesgo mayor de sufrir de trastornos de la espalda. (41) representado lo expuesto, en el presente estudio, en las 3 primeras etapas los sujetos con valores máximos de compresión de columna lumbar, presentaron sobrepeso y obesidad.

Desde la perspectiva biomecánica, Jemio F. (41) y Ghezelbash (42) , refieren que al levantar un objeto del piso, la persona con obesidad no lo puede efectuar sosteniéndolo junto al cuerpo, por circunferencias de cintura más altas, quedando el esfuerzo del levantamiento en la columna lumbar, generando que las fuerzas a este nivel sean mucho mayores y los músculos espinales caigan en fatiga, recayendo la tensión sobre los ligamentos que tienen una elasticidad limitada, una vez que estos ceden, la tensión recae sobre las articulaciones y puede resultar una inestabilidad ligamentaria, llevando a la posibilidad de que las curvaturas normales de la columna se alteren.(41) Adicionalmente, al evaluar el límite de peso máximo permisible según NIOSH, particularmente en sujetos con mayor peso corporal, se generó una compresión espinal >3400 N, así como un cizallamiento >1000 N. (43). Estos resultados corroboran lo hallado en este estudio, donde los sujetos con mayores valores de FC, fueron aquellos con mayor IMC y perímetro de cintura mayor, que les impide acercar la carga.

Los sujetos que obtuvieron los valores máximos y mínimos en fuerzas compresivas en el segmento L4-L5, en el presente estudio (Tabla 7), presentaron diferencias principalmente en la

posición de flexión de tronco y miembros inferiores. En las imágenes se aprecia que el sujeto con mayores valores de FC, se encontraba más alejado de la carga, lo que lo obliga a realizar una mayor flexión de tronco, por ende, realiza mayor actividad muscular de los músculos erectores llevando a un esfuerzo lumbar mayor (48). En la etapa a nivel del hombro, se percibe una notable diferencia en la inclinación lateral, extensión del tronco y flexión de rodillas, siendo mayor en el sujeto con máximo valor de FC. Los resultados representan lo expuesto por Jalai(44)., et al. donde relaciona la mala alineación corporal con el reclutamiento de mecanismos compensadores de las extremidades inferiores, presentando que la desalineación corporal genera un mayor grado de anteversión pélvica, este movimiento es acompañado y compensado por un aumento en la curvatura de la columna lumbar y flexión de la rodilla. Obeid et al. (48) y Lee et al. (49) examinaron la flexión de la rodilla en relación a la lordosis lumbar y encontraron que el ángulo femoral se correlacionó significativamente con inclinación pélvica, y que la flexión se adoptó preferentemente en pacientes incapaces de retroversión, como era el caso de los obesos.

Se observó también que los sujetos presentaron valores menores de FC en la etapa final del levantamiento (hombro), lo que se relaciona con el estudio de Gómez L et al (42), que evidenció que, al transportar el bulto de 25 kg en la parte anterior del tronco, el valor de FC fue significativamente mayor que los obtenidos al transportar bultos en el hombro y la cabeza, lo cual puede relacionarse al hecho de que en el hombro, las fuerzas compresivas caen verticalmente sobre la columna vertebral, disminuyendo la aparición de momentos de fuerza anteroposterior, que incrementan la compresión intervertebral. Sin embargo, el mantener la carga sobre un hombro, incrementa las fuerzas cortantes laterales, por la inclinación del tronco que debe efectuarse para estabilizar la postura.

La variable estatura, se consideró como un factor que puede afectar la forma de levantar y por ende las FC, Saavedra L, apunta que la estatura y levantamiento no actúan de manera independiente y tienen un efecto sobre la carga fisiológica del trabajador en el levantamiento manual de cargas(45) (46). Sin embargo, los resultados de la correlación mostraron con relación a la talla, que, aunque existe una correlación positiva, solo fue significativa ($p < 0.05$) cuando la carga es levantada a nivel de la rodilla. Vale la pena examinar a futuro, si ampliando el tamaño de la muestra, estas correlaciones se hacen más significativas. Así mismo, realizar estudios que permitan corroborar de mejor manera el efecto de la estatura en la postura de levantamiento, siendo este uno de los objetivos del macroproyecto al que se anexa este trabajo.

Referente a los resultados de los músculos relacionados con FC y cortantes, se clasifica como una medida indirecta, puesto que para establecer estas medidas se hace uso de electromiografía. De acuerdo a cada etapa de levantamiento, se determinó la activación muscular de erectores de la espina, recto abdominal, oblicuos externo e interno y latísimo del dorso, encontrando que los rectos abdominales tienen una participación mínima debido a su

acción es excéntrica al tomar una postura erguida en el levantamiento de cargas. Se contempla que los oblicuos interno y externo, tienen una mayor participación debido a las rotaciones que se generan durante el levantamiento. En cuanto al latísimo del dorso, su participación se relaciona por la acción de los miembros superiores y la columna, ya que, al levantar el bulto, se deben conservar adosados los brazos. contribuir con la estabilización del tronco tal como lo menciona Forero M. exponiendo que en tareas ejercidas sobre el plano sagital, la fuerza ejercida por la masa levantada realiza un momento sobre la columna lumbar y para compensar ese momento y superarlo para realizar el levantamiento, los músculos posteriores deben hacer una fuerza de una magnitud mayor que la fuerza de la carga, sin embargo, cuando el peso es excesivo, lleva a que la FC de la columna, que equilibra las fuerzas de los músculos, sean de una magnitud mayor, causando lesiones a nivel lumbar.(46) Sumado a lo anterior, González J. refiere que para realizar un levantamiento adecuado, se debe contar la acción de los músculos abdominales, ya que, intervienen para suavizar la presión sobre el raquis lumbar reduciendo de manera notable la compresión a nivel de los discos lumbares en un 30% y bajando el grado de tensión en los músculos espinales en un 55%, en el paciente obeso por disminución de la fuerza muscular, lleva a que los esfuerzos de levantamiento de cargas generen una presión grande a nivel de la columna lumbar.(41)

Para establecer el nivel de riesgo biomecánico en columna lumbar se utilizó el software 3DSSPP, que, emplea los datos antropométricos y las fotografías para simular la posición del sujeto en cada etapa de levantamiento. Este software es empleado en diversos estudios como los de Ibarra y Astudillo (47) para calcular el nivel de riesgo en el segmento L4-L5. Greene, et al (48) menciona que con el software es posible clasificar las posturas de levantamiento como sentadilla, agacharse o pararse en función de las dimensiones de un sujeto con un grado significativo de precisión, y predijo satisfactoriamente las índice de presión intradiscal (IDP) en L4-L5, teniendo una precisión más cercana en la predicción de las FC que en las fuerzas de corte. Sin embargo, Ibarra menciona que el software solo hace cálculos de manera estática, por lo que, al no incluir valores dinámicos, sus cálculos solo son aproximados. (36). Ambos autores coinciden en que el software tiene diversas aplicaciones potenciales para evaluar los riesgos de las tareas de levantamiento manual y que los hallazgos de estos análisis se pueden usar para guiar las recomendaciones necesarias para la seguridad en tareas ocupacionales de este tipo. (36,43). Otra de las dificultades se presentó en el uso de la aplicación y manejo del software 3DSSPP, fue la complejidad en adaptar la postura del sujeto en el maniquí, puesto que debía quedar lo más similar posible al momento estático que se estaba evaluando.

Como limitantes del estudio, se menciona la complejidad de realizar estudios en campo, debido a que las instalaciones físicas de la empresa dificultaron la elección del lugar y el tiempo del que se disponía era poco para evitar retraso en las actividades laborales, además de la

organización de los turnos con el fin de que el total de la población estuviera presente. Sin embargo, el haberlo podido realizar, constituye un valioso aporte a la evaluación de condiciones reales en los que se realizan los levantamientos.

Considerando los resultados del presente estudio, se podría decir que el levantamiento que realizaron los trabajadores, somete a un claro riesgo la columna lumbar, ocasionado por el aumento de las fuerzas compresivas y de cizallamiento asociado a la flexión del tronco elevada que se presentó en las 3 primeras etapas del levantamiento.

Los resultados apoyan la necesidad de implementar intervenciones ergonómicas para reducir los riesgos de lesión en columna lumbar, y desarrollar nuevas investigaciones ampliando el tamaño de la muestra, e indagando en aspectos como el efecto de la fatiga en las condiciones de levantamiento y los factores dinámicos en el valor de riesgo evaluado así como la influencia de la experiencia y condición física de los participantes en la forma de levantamiento, entre otros.(49)

Si bien los resultados del estudio no pueden generalizarse a otras actividades de construcción; si constituye un importante aporte para la empresa y para la ergonomía de países del sur global, que como sucede en Colombia, presentan condiciones particulares en la forma de realizar las actividades laborales y trabajadores con condiciones antropométricas que difieren de los países desarrollados, en los cuales se han realizado el mayor número de estudios de este tipo. Así mismo, este trabajo evidencia la importancia de emplear tecnología de punta para una mejor evaluación del riesgo ergonómico.

7. CONCLUSIONES

- Se evidenció que el riesgo de lesión en columna lumbar estimado mediante simulación computacional fue alto en los trabajadores de la construcción en la tarea de levantamiento manual de la carga.
- Se determinó que la tarea de levantamiento manual de bultos podría generar un nivel de riesgo biomecánico alto de producir cualquier lesión a nivel discal en los trabajadores, ya que el peso supera los límites permisibles de seguridad ergonómica según resolución 2400 de 1979, en los artículos 390 y 392.
- Se encontró un peso normal en el 61% de los trabajadores, el 39% restante presentó sobrepeso y obesidad
- Se determinaron 4 etapas de levantamiento manual de cargas: a nivel del piso, de la rodilla, de la cadera y del hombro. Se identificó que las tres primeras etapas del levantamiento son las que presentan mayor riesgo biomecánico.
- Las posturas adoptadas variaron de un sujeto a otro a pesar de que se les dio indicaciones de la forma de realizar el levantamiento de la carga de la manera adecuada, se obtuvieron datos distintos en flexión e inclinación de tronco, flexión de cadera, rodilla, codo y abducción de cadera
- Se evidenciaron en todas las etapas de levantamiento, valores de FC y de cizallamiento en el segmento L4-L5, mayores a lo considerado como seguro, generando un riesgo de padecer algún tipo de lesión a nivel intervertebral en los trabajadores. Una de las principales razones del riesgo está relacionada con que el peso del bulto de 50kg, ya que, representa el doble del límite de peso considerado seguro.

- Aunque los trabajadores levantaron la misma carga y se les dio las mismas instrucciones, los valores de las FC y cortantes en columna vertebral, variaron de un sujeto a otro y en virtud de la etapa del levantamiento, estas variaciones, pueden estar influenciadas por varios factores como, las posturas adoptadas por los participantes, las variables antropométricas de los sujetos, los condicionantes físicos de los participantes, entre otros.
- Los resultados apoyan la necesidad de implementar intervenciones ergonómicas para reducir los riesgos de lesión en columna lumbar, y desarrollar nuevas investigaciones ampliando el tamaño de la muestra, e indagando en aspectos como el efecto de la fatiga en las condiciones de levantamiento y los factores dinámicos en el valor de riesgo evaluado así como la influencia de la experiencia y condición física de los participantes en la forma de levantamiento, entre otros.

8. RECOMENDACIONES

Los hallazgos brindan la justificación y obligación de la industria de reducir el riesgo de desarrollar lesiones en el disco intervertebral en los trabajadores de la construcción. De acuerdo a lo anterior, se dan las siguientes recomendaciones para la empresa:

1. El trabajador no solo necesita reducir el peso de la carga que está levantando, sino que también debe evitar levantar objetos por debajo de la altura de las rodillas. Davis y col. (36) encontraron que una reducción del 50% en el peso de levantamiento disminuyó las cargas máximas en los músculos lumbares de la espalda en un 22.5%, y señaló que el impacto negativo de los pesos pesados en la región lumbar aumentaba la carga del tronco sagital en aproximadamente un 33% a un 55% si el levantamiento de peso estaba por debajo de la altura de la rodilla.
2. Aunque la investigación no estimó la duración del levantamiento de manera repetitiva con diferentes pesos antes de que el trabajador experimente una fatiga subjetiva, los trabajadores de la construcción y los gerentes de salud y seguridad deben tener presente estas cifras, para mitigar los riesgos que plantean las tareas de levantamiento manual de carga.
3. Se recomienda la realización de capacitaciones y acompañamientos sobre el levantamiento de carga estandarizado y seguro, enfocado en la forma correcta de levantar cargas, con el fin de que los trabajadores asuman posturas donde la espalda permanezca recta y se controle la forma en que los trabajadores realizan el levantamiento.
4. Se sugiere la posibilidad de controlar el peso de los trabajadores, ya que, se demostró que incrementa el riesgo, esto se podría hacer por medio de programas de hábitos saludables.
5. La investigación encontró diferencias en la biomecánica espinal entre cada etapa de levantamiento manual de la carga, resaltando la necesidad de adoptar intervenciones ergonómicas adecuadas. Por ejemplo, uso de estibas, mesas elevadoras ajustables y/o otros equipos, que se pueden utilizar para mejorar la postura del cuerpo durante el

trabajo, adicionalmente, la educación sobre los factores de riesgo físicos y psicosociales durante la ejecución del trabajo y las técnicas adecuadas para levantar objetos pueden mejorar la conciencia sobre el riesgo de lesión de columna y cultivar un comportamiento laboral adecuado.

6. Se recomienda que los trabajadores realicen tareas alternativas con diferentes exposiciones físicas y hacer uso de descansos frecuentes para minimizar la fatiga de los músculos de la espalda, así mismo, el riesgo de lesión de columna lumbar.
7. Se podría considerar además del uso de dispositivos de asistencia mecánica durante las tareas de levantamiento de cargas repetitivas, soportes en caso de molestias articulares, por ejemplo, el uso de rodilleras para minimizar el riesgo de inflamación y bursitis de la rodilla durante las posturas de flexión profunda de rodilla (46). Sin embargo, la rentabilidad de estos dispositivos debe investigarse y medirse más a fondo en comparación con el ahorro de costos que ofrece la productividad mejorada y el desempeño de seguridad mejorado. (50)
8. Se recomienda el control de uso de elementos de protección personal en los trabajadores, como guantes para mejorar agarre de la carga, gafas protectoras ante cualquier elemento que pueda ingresar a los ojos, zapatos que correspondan al tipo de actividad (bota punta metálica con suela anti fricción), tapabocas para prevenir aspiración de partículas que contenga el material cargado. (51)
9. Adicionalmente, es recomendable que todos los trabajadores porten uniforme con el logo de la constructora y tipo de cargo, para su fácil identificación.
10. Respecto a la estibada de los bultos de cemento, se recomienda se realice una mejor estibación, preferiblemente en una altura a nivel de la cadera, con el fin de no generar flexión de tronco en los trabajadores. (52)
11. Se recomienda la creación de un sistema de vigilancia epidemiológica para desordenes musculo esquelético donde se incluya la clasificación a los trabajadores según el nivel de riesgo individual y el cargo u ocupación a desempeñar para categorizar las prioridades de acción, por medio de la descripción demográfica de la población, exámenes médicos que incluyan evaluación de columna lumbar y osteomusculares, encuesta de síntomas osteomusculares y análisis de ausentismo. (53)

REFERENCIAS

1. Álvarez E. Análisis de la exposición al riesgo por levantamiento manual de cargas en condiciones de alta variabilidad. 2013; *Rev ergonomics*. 2013; 2(8): 27-35.
2. Patricia Z, Aguirre E, Teresa J, Ortiz I. Determinantes Del Riesgo Ergonómico Y Exposición. *Rev Ciencias Segur y Def*. 2018;III(3):131–57.
3. Gómez Contreras LM, Tibasosa Bolívar AP, Vargas Simbaqueba WL. Análisis de riesgo ergonómico para los trabajadores de la constructora obras civiles Cristóbal Daza. *J Chem Inf Model*. 2018;53(9):82.
4. Obregon Sanchez Maria Guadalupe. Fundamentos de ergonomía - María Guadalupe Obregón Sánchez - Google Libros [Internet]. 2016. [cited 2021 Feb 14]. Available from: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=chchDgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=la+importancia+de+la+antropometría+radica+en+que+proporciona+información+primordial+para+la+creación+de+un+ambiente+de+trabajo+optimo+acordes+con+las+dimensiones+del+cuerpo+humano+ll>
5. Todo sobre el segmento L4-L5 de la columna vertebral [Internet]. [cited 2021 Feb 23]. Available from: <https://www.spine-health.com/espanol/anatomia-de-la-columna-vertebral/todo-sobre-el-segmento-l4-l5-de-la-columna-vertebral>
6. Ordóñez CA, Gómez E, Calvo AP. Desordenes Musculo-Esqueleticos. *Rev Colomb Salud Ocup* [Internet]. 2016;6(1):27–32. Available from: <http://revistasoj.s.unilibrecali.edu.co/index.php/rcso/article/view/307>
7. Latza U, Karmaus W, Stürmer T, Steiner M, Neth A, Rehder U. Cohort study of occupational risk factors of low back pain in construction workers. *Occup Environ Med*. 2000;57(1):28–34.
8. Tolosa-Guzmán I, Romero ZC, Mora MP. Predicción clínica del dolor lumbar inespecífico ocupacional. *Rev Ciencias la Salud*. 2012;10(3):347–68.
9. Hajaghazadeh M, Marvi-Milan H, Khalkhali H, Mohebbi I. Assessing the ergonomic exposure for construction workers during construction of residential buildings. *Work*. 2019;62(3):411–9.
10. Anton D, Bray M, Hess JA, Weeks DL, Kincl LD, Vaughan A. Prevalence of work-related musculoskeletal pain in masonry apprentices. *Ergonomics* [Internet]. 2020;63(9):1194–202. Available from: <http://dx.doi.org/10.1080/00140139.2020.1772380>
11. Adhikari B, Ghimire A, Jha N, Karkee R, Shrestha A, Dhakal R, et al. Factors associated with low back pain among construction workers in Nepal: A crosssectional study. *PLoS One* [Internet]. 2021;16(6 June):1–16. Available from: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0252564>
12. Inga S, Rubina K, Mejia C. Factores asociados al desarrollo de dolor lumbar en nueve ocupaciones de riesgo en la serranía peruana. *Rev la Asoc Española Espec en Med del Trab*. 2021;30(1):48–56.
13. ¿Cómo ha estado la siniestralidad laboral en el sector de la construcción? – ccs.org.co [Internet]. [cited 2021 Aug 4]. Available from: <https://ccs.org.co/articulos-tecnicos/como-ha-estado-la-siniestralidad-laboral-en-el-sector-de-la-construccion/>
14. Cristina I, Durán G, Constanza Y, Gallego G, Alejandra C, Pineda R. Síntomas musculoesqueléticos de la región lumbar y hábitos de vida en trabajadores de una empresa de construcción, Bogotá 2016: Estudio de corte transversal. 2016; Available from: <http://repository.urosario.edu.co/handle/10336/12740>
15. Boschman JS, Van Der Molen HF, Sluiter JK, Frings-Dresen MH. Musculoskeletal

- disorders among construction workers: A one-year follow-up study. BMC Musculoskelet Disord. 2012;13.
16. Herrera Tapias B, Lizarazo Mejía B. El sistema de riesgos laborales en Colombia. Rev Justicia. 2013;18(23):158–75.
 17. Villar Fernández MF. Riesgo de Trastornos Musculo-esqueléticos en la población laboral española. 2014;29. Available from: [http://www.oect.es/Observatorio/5 Estudios tecnicos/Monografias/Estudios de sobre-esfuerzos y TME/Ficheros e informes/TME en poblacion laboral española_Observatorio.pdf](http://www.oect.es/Observatorio/5%20Estudios%20tecnicos/Monografias/Estudios%20de%20sobre-esfuerzos%20y%20TME/Ficheros%20e%20informes/TME%20en%20poblacion%20laboral%20espa%C3%B1ola_Observatorio.pdf)
 18. Luc M, Garc HV. Accidentalidad y Morbilidad Laboral en el Sector de la Construcción en Villavicencio : Una revisión y Diseño de Lineamientos para un Plan de Control. Rev ergonomica. 2020;8(2):18-25..
 19. Nacional I, Seguridad D. Enfermedades profesionales en el sector de la construcción. Anuario de Estadísticas Laborales y de Asuntos Sociales. Rev Española. 2016; 8:77-88.
 20. Obredor DS, Fuentes NP. Identificación de síntomas osteomusculares presentes en trabajadores de una empresa de consultoría. Вестник Росздравнадзора. 2017;6:5–9.
 21. Belando J, Cruz J. La cineantropometría y sus aplicaciones. 2017 [cited 2021 Feb 14]; Available from: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=MRs_DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA119&dq=Cineantropometría&ots=RMZZ5i8ifc&sig=vnglDRHxjNSafc-Gumfn4BgGphk
 22. Nariño Lescay R, Alonso Becerra A, Hernández González A. Anthropometry. Comparative Analysis of Technologies for the Capture of Anthropometric Dimensions. Rev EIA. 2016;(26):47–59.
 23. Carmenate Milián L, Moncada Chévez FA, Borjas Leiva EW. Manual de medidas antropométricas [Internet]. SALTRA / IRET-UNA; 2014 [cited 2021 Feb 14]. Available from: www.saltra.una.ac.cr
 24. Martínez Sanz JM, Ortiz Moncada M del R. Antropometría: Manual básico para estudios de salud pública, nutrición y epidemiología nutricional. Univ Alicant. 2013;2–11.
 25. Martínez EG. Composición corporal: Su importancia en la práctica clínica y algunas técnicas relativamente sencillas para su evaluación. Salud Uninorte. 2010;26(1):98–116.
 26. Definición de postura corporal - Qué es, Significado y Concepto [Internet]. [cited 2021 Apr 11]. Available from: <https://definicion.de/postura-corporal/#ixzz3RMgYZtyM>
 27. Nogareda S, Canosa M del M. NTP 477 : Levantamiento manual de cargas: Ecuación del NIOSH. INSHT, Inst Nac Segur e Hig en el Trab [Internet]. 1998;10. Available from: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros /401a500/ntp_477.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_477.pdf)
 28. Ruiz R. Manipulación Manual de Cargas. Clin Infect Dis. 1995;20(4):1044–7.
 29. 3DSSPP Software | Center for Ergonomics [Internet]. [cited 2021 Feb 14]. Available from: <https://c4e.engin.umich.edu/tools-services/3dsspp-software/>
 30. Moratto. FVCMERGB. Ley 528 de 1999. D Of [Internet]. 1999;1999(43):1–11. Available from: http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-105013_archivo_pdf.pdf
 31. Congreso de Colombia. Ley 2663. Minsalud [Internet]. 1950;1950(Agosto 5). Available from: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/IGUB/Decreto-2663-de-1950.pdf>
 32. Secretaria General de Acción Sindical, CC.OO. Castilla y León GR de S y SL. Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la manipulación

- manual de cargas. 2003;122. Available from:
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/cargas.pdf>
33. DECRETO NUMERO 3518 DE 2006. Decreto Numero 3518 De 2006. Decreto Numer 3518 2006 [Internet]. 2006;2006(Octubre 09):17. Available from:
<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Decreto-3518-de-2006.pdf>
 34. Ministerio de la Protección Social. Resolución 2844 de 2007. 2007;2007(agosto 16):1–2. Available from: http://www.susalud.com/guias/resolucion_2888.pdf
 35. Zambrano AM. LEY 1562. La Ind Asegur en Colomb Av en el siglo XX [Internet]. 1994;(23):1–22. Available from:
<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Ley-1562-de-2012.pdf>
 36. PREVING CONSULTORES SL. Recomendaciones para la manipulación manual de cargas [Internet]. 2022 [cited 2022 Aug 17]. p. 1–1. Available from:
<https://www.preving.com/recomendaciones-la-manipulacion-manual-cargas/>
 37. Chaffin DB AG. Occupational biomechanics. Wiley New York. 1991;
 38. Gallagher S, Marras WS. Tolerance of the lumbar spine to shear: A review and recommended exposure limits. Clin Biomech [Internet]. 2012;27(10):973–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2012.08.009>
 39. Ziaei M, Choobineh A, Ghaem H, Abdoli-Eramaki M. Evaluation of a passive low-back support exoskeleton (Ergo-Vest) for manual waste collection. Ergonomics [Internet]. 2021;64(10):1255–70. Available from: <https://doi.org/10.1080/00140139.2021.1915502>
 40. Salazar LG. ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS DE LA INFLUENCIA DE LAS VARIACIONES ESTRUCTURALES EN EL COMPORTAMIENTO BIOMECÁNICO DEL DISCO INTERVERTEBRAL LUMBAR NORMAL DE UN TRABAJADOR PROMEDIO COLOMBIANO. Univ del Val [Internet]. 2014;141. Available from:
<https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/14380/CB-0516264.pdf?sequence=1>
 41. González Jemio F, Milán OM, Arzabe AA. Alteraciones Biomecánicas Articulares en la Obesidad Biomédical joint disorders in obesity Resumen. Gac Med Bol. 2010;34(1):52–6.
 42. Ghezelbash F, Shirazi-Adl A, Plamondon A, Arjmand N, Parnianpour M. Obesity and Obesity Shape Markedly Influence Spine Biomechanics: A Subject-Specific Risk Assessment Model. Ann Biomed Eng. 2017;45(10):2373–82.
 43. Ghezelbash F, Shirazi-Adl A, Plamondon A, Arjmand N. Comparison of different lifting analysis tools in estimating lower spinal loads – Evaluation of NIOSH criterion. J Biomech [Internet]. 2020;112:110024. Available from:
<https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2020.110024>
 44. Jalai CM, Diebo BG, Cruz DL, Poorman GW, Vira S, Buckland AJ, et al. The impact of obesity on compensatory mechanisms in response to progressive sagittal malalignment. Spine J [Internet]. 2017;17(5):681–8. Available from:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.spinee.2016.11.016>
 45. Luis A. Saavedra Robinson, Yenny A. Paredes-Astudillo L. Analisis variables de altura y levantamiento cargas. Arch Prev Riesgos Labor.2021;24(1)34-46.
 46. Forero MA. Determinacion de la fuerza de la espalda para el levantamiento de cargas. Demogr Res. 2003;49(0):1-33 : 29 pag texts + end notes, appendix, referen.

47. Ibarra Villanueva C, Astudillo-Cornejo P. Factores de riesgo biomecánico lumbar por manejo manual de cargas en el reparto de productos cárnicos. Vol. 24, Archivos de prevencion de riesgos laborales. 2021. p. 342–54.
48. Greene RL, Hu YH, Difranco N, Wang X, Lu ML, Bao S, et al. Predicting Sagittal Plane Lifting Postures From Image Bounding Box Dimensions. *Hum Factors*. 2019;61(1):64–77.
49. Pinupong C, Jalayondeja W, Mekhora K, Bhuanantanondh P, Jalayondeja C. The Effects of Ramp Gradients and Pushing–Pulling Techniques on Lumbar Spinal Load in Healthy Workers. *Saf Health Work [Internet]*. 2020;11(3):307–13. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.shaw.2020.05.001>
50. Kermavnar T, de Vries AW, de Looze MP, O'Sullivan LW. Effects of industrial back-support exoskeletons on body loading and user experience: an updated systematic review. *Ergonomics*. 2021;64(6):685-711.
51. Mokhtarinia H, Ghamary J, Maleki-Ghahfarokhi A, Asgari M, Gabel CP, Parnianpour M. The new "Tehran Back Belt": Design then testing during a simulated sitting task improved biomechanical spine muscle activity. *Health Promot Perspect*. 2019; 25;9(2):115-122.
52. Ghasemi M, Arjmand N. Spinal segment ranges of motion, movement coordination, and three-dimensional kinematics during occupational activities in normal-weight and obese individuals. *J Biomech*. 2021;23(123):110-539.
53. Firouzabadi A, Arjmand N, Pan F, Zander T, Schmidt H. Sex-Dependent Estimation of Spinal Loads During Static Manual Material Handling Activities-Combined in vivo and in silico Analyses. *Front Bioeng Biotechnol*. 2021; 2(9):75-82.

ANEXO A. FORMATO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

DATOS GENERALES

Código del participante: _____ Edad: _____ años
 Género: M ___ F ___ Ciudad de residencia: _____

DATOS ANTROPOMÉTRICOS:

Variable	Medición	
Peso		
Talla		
Masa magra		
Masa grasa		
Perímetro abdominal		
	LADO DERECHO	LADO IZQUIERDO
Longitud del fémur		
Longitud de la tibia		
Longitud de miembros superiores		
Longitud de tronco		

ANEXO B. Procedimiento Operativo Estandarizado Medición de Perímetros con Metro.

Objetivo: Describir el procedimiento utilizado para determinar perímetro abdominal

Alcance: Será utilizado por 1 evaluador una única vez a todos los individuos reclutados en la investigación.

Prerrequisitos: Antes de realizar la evaluación, el evaluador debe verificar que cuenta con las siguientes condiciones para la realización de la misma:

- Formato de recolección de datos.
- Metro

Responsabilidades: El evaluador será responsable de verificar que cuenta con los equipos e insumos necesarios para realizar la prueba, dar las instrucciones al participante, realizar la prueba y registrarla en el formato de recolección de datos.

Procedimientos:

1. Descripción: Para determinar el perímetro abdominal, el sujeto se sitúa de pie, y después de haber expulsado el aire, la cinta se pasa a nivel a nivel de la cicatriz umbilical, perpendicular al eje del segmento y después de una leve tensión se efectúa la lectura correspondiente.

El perímetro abdominal es una medida antropométrica que permite determinar la grasa acumulada en el cuerpo. Un resultado de bajo riesgos en la mujer es de 80 centímetros y en el hombre, 94 centímetros en promedio.

Referencia:

Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría. Normas Internacionales para la Valoración Antropométrica. 1er. Ed. Argentina: 2005. 46-48.

ANEXO C. Procedimiento Operativo Estandarizado Porcentaje de Masa Magra y Masa Grasa.

Objetivo: Describir el procedimiento utilizado para determinar masa grasa y masa magra del individuo.

Alcance: Será utilizado por 1 evaluador una única vez a todos los individuos reclutados en la investigación.

Prerrequisitos: Antes de realizar la evaluación, el evaluador debe verificar que cuenta con las siguientes condiciones para la realización de la misma:

- Formato de recolección de datos.
- Bioimpedanciometro

Responsabilidades: El evaluador será responsable de verificar que cuenta con los equipos e insumos necesarios para realizar la prueba, dar las instrucciones al participante, realizar la prueba y registrarla en el formato de recolección de datos.

Procedimientos:

1. Descripción: Para determinar el porcentaje de masa grasa y masa magra se utilizará un bioimpedanciometro que mide la impedancia de brazo a brazo a lo largo de la cintura escapular, es decir, en la parte superior del tronco. Todas las determinaciones se realizarán por triplicado, con un minuto de separación entre ellas, posición de bipedestación, con las piernas separadas 35°-45° y los brazos extendidos hacia delante en ángulo recto (90°) respecto a la vertical del cuerpo, sin doblar los codos, con ayuno y sin haber realizado ejercicio en las tres horas previas.

Referencia:

Martínez EG. Composición corporal: Su importancia en la práctica clínica y algunas técnicas relativamente sencillas para su evaluación. Salud Uninorte. 2010;26(1):98–116.

ANEXO D. Procedimiento Operativo Estandarizado

Toma de Fotos Simultáneas

Objetivo: Describir el procedimiento utilizado para evaluar tomar fotos simultáneamente en los planos frontal anterior y posterior, y lateral.

Alcance: Será utilizado por dos evaluadores una única vez a todos los individuos reclutados en la investigación.

Prerrequisitos: Antes de realizar la evaluación, el evaluador debe verificar que cuenta con las siguientes condiciones para la realización de la misma:

- Formato de recolección de datos.
- Cámaras fotográficas.
- Trípode
- Cuadro de referencia
- Marcadores blancos

Responsabilidades: El evaluador será responsable de verificar que cuenta con los equipos e insumos necesarios para realizar la prueba, dar las instrucciones al participante, realizar la prueba y registrarla en el formato de recolección de datos.

Procedimientos:

1. Descripción:

LONGITUD DEL FEMUR: Se colocan los marcadores en el eje mecánico entre el fémur y la tibia, que son líneas que van desde el centro de la cadera al centro de la rodilla, se toma la foto en el plano frontal.

LONGITUD DE LA TIBIA: Se colocan los marcadores en el centro de la articulación de la rodilla y en el maléolo medial. Se toma la foto en el plano sagital de ambos lados.

LONGITUD DE MIEMBROS SUPERIORES: La extremidad superior se mide en bipedestación desde el acromion a la punta del tercer dedo plano sagital.

LONGITUD DE TRONCO: Se mide desde la vertebra C7 hacia abajo, hasta las crestas iliacas postero superiores, realizando una linea imaginaria entre cada cresta iliaca que pase perpendicularmente sobre la cinta metrica.

POSTURA CORPORAL: Para el análisis de la postura corporal se hará uso de dos cámaras de video que tomaran los ejes frontal y sagital durante la tarea de levantamiento presentes en las cuatro etapas del levantamiento manual de la carga: al piso, rodilla, cadera y hombro.

2. Ejecución: Se acomodan las cámaras y trípodes de acuerdo al espacio que se utilizara, se coloca el cuadro de referencia, se posiciona al paciente de modo que quede centrado en las ambas cámaras y se dispone a posicionar los marcadores en los puntos anatómicos correspondientes.

Referencia:

-Moraleda, L; González, G. Taller traumatología: Exploración y actuación a seguir.

ADOLESCERE. 2015, III (2): 92-108

-EFISIOTERAPIA. Desviaciones angulares de las rodillas.[Internet] eFisioterapia.net; 2011. [consultado 10 de abril 2017]. Disponible en:<https://www.efisioterapia.net/articulos/desviaciones-angulares-las-rodillas>

-Calzadilla, V., Castillo, I., Blanco, J., González, E. Desviaciones torsionales de los miembros inferiores en niños y adolescentes. Revista Cubana de Medicina General Integral. 2002, 18 (5): 355-361.

ANEXO E. Procedimiento Operativo Estandarizado Software KINOVEA versión 0.8.15

Objetivo: Describir el procedimiento utilizado para la toma de medidas en las fotos anteriormente reportadas.

Alcance: Será utilizado por dos evaluadores una única vez a todos los individuos reclutados en la investigación.

Prerrequisitos: Antes de realizar la evaluación, el evaluador debe verificar que cuenta con las siguientes condiciones para la realización de la misma:

- Formato de recolección de datos.
- Fotos.
- Computador
- Software descargado

Responsabilidades: El evaluador será responsable de verificar que cuenta con los equipos e insumos necesarios para realizar la medición, conocimiento para el uso del software y registrarla en el formato de recolección de datos.

Procedimientos:

1. **Descripción:** “Kinovea” es un programa lanzado bajo la licencia GPL que sirve para analizar fotos y videos. Se comenzó a desarrollar en 2007 y actualmente es posible descargar libremente la versión 0.8.15 del programa desde la página web www.kinovea.org. El objetivo de este software es proporcionarles las herramientas necesarias para que puedan analizar a fondo las fotos y videos.

Kinovea está disponible para PC y trabaja con más de ocho formatos diferentes. Su funcionamiento también es bastante sencillo, aunque sacar el máximo rendimiento a sus múltiples capacidades requiere dedicarle tiempo.

Una vez se introduce el archivo en el programa las posibilidades de realizar anotaciones, cálculos y obtener información del mismo son inmensas. Así, se puede cronometrar el

tiempo de cada movimiento registrado, explorar la escena cuadro por cuadro, definir líneas de movimiento, ángulos, giros, calcular el centro de gravedad, etc.

Además, Kinovea también permite colocar dos archivos en paralelo, sincronizarlos y comparar las imágenes de ambos para corregir posibles defectos.

2. **Ejecución:** Se ejecuta el programa y por medio de la opción de “abrir archivo” se escoge la imagen que se le tomará los datos, se calibra teniendo en cuenta los cuadros de referencia y posteriormente, con el uso de las distintas herramientas se realiza la toma de ángulos y medidas en los miembros inferiores.

Referencia:

<https://www.kinovea.org/>

ANEXO F. Procedimiento Operativo Estandarizado Software 3DSSPP

Objetivo: Describir el procedimiento utilizado para el riesgo de lesión de columna lumbar

Alcance: Será utilizado por la evaluadora una única vez a todos los individuos reclutados en la investigación.

Prerrequisitos: Antes de realizar la evaluación, el evaluador debe verificar que cuenta con las siguientes condiciones para la realización de la misma:

- Formato de recolección de datos.
- Fotos.
- Computador
- Software descargado

Responsabilidades: El evaluador será responsable de verificar que cuenta con los equipos e insumos necesarios para realizar la medición, conocimiento para el uso del software y registrarla en el formato de recolección de datos.

Procedimientos:

Descripción: “En EE.UU, la Universidad de Michigan, en el Centro de Ergonomía- Escuela de Ingeniería desarrollo un programa para el análisis de tareas manuales de manipulación de materiales, el cual ofrece una simulación de trabajo aproximada que incluye información sobre la actitud, los parámetros de fuerza y masculino-femenino antropometría, el porcentaje de hombres y mujeres que tienen la fuerza necesaria para realizar el trabajo, las fuerzas de compresión de la columna vertebral, y la comparación de los datos con las directrices de NIOSH. Para el análisis el programa es ayudado por una función de generación automática de postura y tres ilustraciones de gráficas humanas en un espacio tridimensional, movimientos lentos una secuencia de posturas estáticas y el análisis de cada postura individual al realizar tareas de manipulación manual.

Ejecución: Se ejecuta el programa y por medio de la opción de “abrir archivo” se escoge la imagen que se le tomará los datos, se calibra teniendo en cuenta los datos antropométricos y posteriormente, con el uso de las distintas herramientas se realiza la toma de postura.

Referencia:

<https://c4e.engin.umich.edu/tools-services/3dsspp-software/>

ANEXO G. CONSENTIMIENTO INFORMADO

FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

RIESGO DE LESIÓN EN COLUMNA LUMBAR EN TRABAJADORES DE LA CONSTRUCCIÓN, DURANTE UNA TAREA DE LEVANTAMIENTO MANUAL DE LA CARGA, ESTIMADO MEDIANTE SIMULACIÓN COMPUTACIONAL.

1. INFORMACIÓN DEL ESTUDIO

Reciba un cordial y respetuoso saludo. A través de este documento deseo hacer de su conocimiento que usted ha sido invitado a participar en la investigación “RIESGO DE LESIÓN EN COLUMNA LUMBAR EN TRABAJADORES DE LA CONSTRUCCIÓN, DURANTE UNA TAREA DE LEVANTAMIENTO MANUAL DE LA CARGA, ESTIMADO MEDIANTE SIMULACIÓN COMPUTACIONAL”, la cual se realizará en la empresa. El propósito de este estudio es establecer como las medidas de sus extremidades y tronco, pueden modificar su postura en un levantamiento de cargas y como esto puede afectar el riesgo de lesión en espalda baja/columna lumbar. Los resultados obtenidos con esta investigación serán utilizados para sustentar el desarrollo de programas de prevención e intervención fisioterapéutica en relación a la postura durante las actividades laborales.

1.1 ¿Quiénes participarán de la investigación?

La presente investigación se realizará en 30 trabajadores (Entre 18 y 45 años) de la empresa Constructora Bolívar Cali, que tengan entres sus actividades laborales el levantamiento de cargas, tengan una participación voluntaria en la investigación, trabajadores laboralmente activos y trabajadores que firmen el consentimiento informado para la respectiva encuesta de síntomas osteomusculares.

Antes de continuar, por favor responda la siguiente pregunta:

¿Presenta usted en este momento dolor o alguna patología que le impida realizar el levantamiento manual de la carga? SI ____ NO____

Si su respuesta a la pregunta anterior es “SI”, por favor informarle a la investigadora. Si su respuesta es a la pregunta anterior es “NO” por favor continúe leyendo.

1.2 ¿En qué consiste la investigación y cuánto tiempo dura?

Se le realizarán tres sesiones de evaluación. En la primera se realiza una observación en la empresa y

se escoge en conjunto con los responsables de SST de la empresa, una tarea que sea de levantamiento manual, que pueda generar riesgo en la columna vertebral y que la realicen de manera habitual en la empresa, para determinar qué tipo de levantamiento realizan, como lo hacen, con qué lo hacen, y su frecuencia; a partir de dicha observación se va a escoger uno de los levantamientos observados, una vez escogida la tarea se escogerá la población a estudio, que cumpla con los criterios de inclusión y exclusión.

Los trabajadores seleccionados serán citados a una reunión en la que el investigador principal del proyecto les informará sobre el proyecto se realizará la lectura de este consentimiento informado, explicando todos y cada uno de los beneficios, riesgos y control de los procedimientos a los cuales estarían expuestos. Finalmente, a los participantes que acepten ser parte del estudio, se les solicitará la firma del consentimiento y se les hará entrega de una copia de este.

Posteriormente se le realizarán dos sesiones más en las cuales se toman medidas como la talla, peso y perímetros corporales con un dispositivo llamado antropómetro, y se aplica la encuesta sociodemográfica, que son el sexo, la edad, la raza, el cargo en la empresa, además preguntaremos si padecen enfermedades, si ha tenido alguna cirugía y si toma regularmente algún medicamento, ya que estas últimas tres preguntas constituyen los criterios para determinar si usted puede participar del estudio, en esta misma sesión se determinará su Índice de Masa Corporal.

Luego, se capacitarán a los trabajadores seleccionados en levantamiento seguro de cargas y se filman los trabajadores ejecutando la actividad, para esto, se hará uso de dos cámaras de video que tomarán los ejes frontal (de frente al trabajador) y sagital (de lado del trabajador) durante la tarea de levantamiento presentes en las cuatro etapas del levantamiento manual de la carga: al piso, rodilla, cadera y hombro.

Este video será analizado en un sistema operativo llamado “Kinovea”, para determinar cada etapa y establecer los arcos de movilidad, en cada etapa de levantamiento de carga. Finalmente, con los datos anteriores, se realizará una simulación computacional de las fuerzas compresivas en la columna vertebral durante el levantamiento de cargas. De acuerdo a los datos medidos, estos serán guardados en un formato de recolección de datos.

Esta información proporcionada a través de sus datos, será llevada a un programa, al que se agregará la información de sus medidas para obtener los datos del movimiento relacionados con fuerzas compresivas, cortantes y musculares en su columna vertebral lumbar.

1.3 ¿Qué beneficios obtiene si participa en el estudio?

Si decide participar en este estudio no recibirá ninguna compensación económica adicional, sin embargo, se tendrá en cuenta que el tiempo que se tome realizando la toma de datos no será descontado de su día laboral. La participación en el estudio es voluntaria y tiene como beneficio que usted podrá conocer cómo estas mediciones corporales podrían afectar en su actividad laboral, así mismo, detectar si existen posibles alteraciones que puedan tratarse tempranamente, además gracias a su participación se podrá sustentar el desarrollo de programas de prevención e intervención fisioterapéutica en relación los factores que influyen en el levantamiento de cargas, buscando mejoras en la calidad de vida.

1.4 ¿Cuáles son los riesgos del estudio?

Al participar en esta investigación estaría sujeto a riesgos mínimos como caídas, por posible pérdida de equilibrio, dolor, posible caída del objeto a levantar o desgarro muscular, sin embargo, para reducir los riesgos y posibles complicaciones, los investigadores realizarán personalmente la evaluación teniendo en cuenta los parámetros adecuados para evitar el riesgo; además se contará con los elementos y profesionales necesarios para superar los accidentes presentados.

Otro riesgo posible es el riesgo de confidencialidad por lo que en ningún momento se utilizarán o se darán a conocer los nombres y apellidos de los participantes, sus datos serán registrados mediante un código alfanumérico y almacenadas en una base de datos. Así mismo las imágenes suyas serán guardadas y de requerirse su uso, su cara será cubierta. Se garantiza que la información solo será recolectada y revisada por los investigadores y personal de apoyo al proyecto. Adicionalmente garantizamos que solo será utilizada con fines investigativos. Cualquier nueva información que surja del proyecto, le será informada por correo electrónico o el medio que usted estime conveniente.

Por efectos de la pandemia, solo se citará a una persona a la vez para su evaluación y se tomarán todas las medidas de bioseguridad requeridas.

1.5 ¿Qué costos tiene la participación en el estudio?

La participación en este estudio es absolutamente voluntaria y no incurrirá en ningún gasto adicional, ni tendrá compensación económica o material, sin embargo, se tendrá en cuenta que el tiempo que se tome realizando la toma de datos no será descontado de su día laboral.

1.6 Responsabilidad con el estudio

Su responsabilidad al permitir ser parte de esta investigación, es dar cumplimiento a las sesiones de evaluación programadas, así como de tener en cuenta las indicaciones dadas por los investigadores o profesionales. Usted será libre de retirarse de la investigación en cualquier momento, le solicitamos informar a los investigadores, y esto no conllevará a cambios en su situación laboral.

1.7 Confidencialidad

Se brindará garantía en la confidencialidad de la información, así como el derecho a conocer la información nueva respecto a este estudio. Toda esta información se tendrá almacenada en una base de datos en un computador manejado solo por los investigadores. Con el fin de garantizar la confidencialidad y anonimato se identificará a cada participante con un código.

1.8 Las circunstancias bajo las cuales se termina la participación en el estudio

Decisión propia del participante y/o acudiente de no continuar en el estudio.

Se me ha informado que el procedimiento será realizado por la estudiante de Maestría en Salud Ocupacional de la Universidad del Valle: Ana María Rosales Labrada, bajo el acompañamiento de la Fisioterapeuta y Magister en Salud Ocupacional Lessby Gómez. En caso de tener alguna inquietud acerca del estudio o desee información, puedo comunicarme con la investigadora.

Para ello usted, deberá dar autorización de participar en el estudio, aceptando y firmando este

consentimiento informado, esto se hará de manera voluntaria, la investigación puede ser abandonada o no aceptada en principio o en cualquier momento y esta decisión no genera implicaciones a nivel laboral en la empresa.

Teniendo en cuenta que no se tomará su rostro ¿Usted autoriza la grabación de video y fotos?:

SI ___ NO ___

¿Permite que los datos sean utilizados para investigaciones futuras? se protegerá la identidad del participante SI ___ NO ____

He leído este consentimiento y he aclarado las dudas con respecto al estudio, además he recibido una copia del mismo. Estoy de acuerdo en participar en este estudio y como prueba de lo anterior firmo en conformidad.

En la ciudad de Santiago de Cali, a los () días, del mes () del año ()

Nombre del Participante: _____

Documento de identidad: _____

Firma del Participante: _____

Teléfono: _____

Nombre del testigo 1: _____

Firma del testigo 1: _____

Teléfono: _____

Nombre del testigo 2: _____

Firma del testigo 2: _____

Teléfono: _____

Usted recibirá una copia del presente consentimiento informado. En caso de cualquier duda, reclamación o inquietud relacionada con esta investigación, usted puede comunicarse con las investigadoras.

También se puede comunicar con el comité de ética humana de la Universidad del Valle (CEIS) para asuntos que tengan que ver con sus derechos como sujeto participante en una investigación al número telefónico **518 56 77** o al correo eticasalud@correounivalle.edu.co.

Ana Maria Rosales Labrada

CC.: 1.144.185.881

Investigador principal

Cel.: 318 2292864

Lessby Gómez Salazar

Directora trabajo de grado

Cel.: 3012324545

