

# 49

Fecha de presentación: marzo, 2024  
Fecha de aceptación: agosto, 2024  
Fecha de publicación: septiembre, 2024

## RIESGOS OCUPACIONALES

EN EL MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ: ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE LEVANTAMIENTO DE CARGAS

### **OCCUPATIONAL RISKS IN AUTOMOTIVE MAINTENANCE: ANALYSIS OF THE LOAD LIFTING INDEX**

Giovanny Vinicio Pineda Silva <sup>1\*</sup>

E-mail: [ua.giovannypineda@uniandes.edu.ec](mailto:ua.giovannypineda@uniandes.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4159-2156>

Juan Diego Zurita Vargas<sup>1</sup>

E-mail: [ua.juanzv40@uniandes.edu.ec](mailto:ua.juanzv40@uniandes.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-6494-4152>

Jorge Andrés Rodas Buenaño<sup>1</sup>

E-mail: [ua.jorgerb85@uniandes.edu.ec](mailto:ua.jorgerb85@uniandes.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-5786-5262>

Esteban Fernando López Espinel<sup>1</sup>

E-mail: [ua.estebanle84@uniandes.edu.ec](mailto:ua.estebanle84@uniandes.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7502-3463>

<sup>1</sup> Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Ambato, Ecuador.

\*Autor para correspondencia

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Pineda Silva., G. V., Zurita Vargas., J. D., Rodas Buenaño., J. A., & López Espinel., E. F. (2024). Riesgos ocupacionales en el mantenimiento automotriz: análisis del índice de levantamiento de cargas. *Universidad y Sociedad* 16(5), 442-451.

#### RESUMEN

El mantenimiento automotriz, crucial para garantizar la operatividad de los vehículos, involucra labores que exponen a los técnicos a riesgos ocupacionales. Este estudio se propuso analizar los riesgos asociados al levantamiento de cargas en este sector, al utilizar el índice de levantamiento de cargas como herramienta cuantitativa. Los resultados revelaron que todas las actividades evaluadas superan el índice unitario, al indicar un riesgo significativo para la salud de los operarios. Se destaca la necesidad urgente de implementar estrategias ergonómicas para mitigar los riesgos laborales y el impacto de la salud en los trabajadores expuestos a estas actividades. En conclusión, este análisis proporciona una base para futuras investigaciones y acciones correctivas. De modo que busca promover un entorno de trabajo seguro y saludable en el mantenimiento automotriz.

**Palabras clave:** Riesgos laborales, Seguridad ocupacional, Impacto en la salud, Prácticas laborales.

#### ABSTRACT

Automotive maintenance, crucial to guarantee the operation of vehicles, involves tasks that expose technicians to occupational risks. This study aimed to analyze the risks associated with lifting loads in this sector, using the lifting index as a quantitative tool. The results revealed that all the activities evaluated exceed the unit index, indicating a significant risk to the health of the operators. The urgent need to implement ergonomic strategies to mitigate occupational risks and the health impact on workers exposed to these activities is highlighted. In conclusion, this analysis provides a basis for future investigations and corrective actions. So it seeks to promote a safe and healthy work environment in automotive maintenance.

**Keywords:** Occupational risks, Occupational safety, Health impact, Work practices.

## INTRODUCCIÓN

El mantenimiento automotriz despliega un papel esencial en el funcionamiento adecuado de los vehículos. Sin embargo, el levantamiento manual de cargas es una tarea común en el ámbito automotriz, y su ejecución inadecuada puede acarrear riesgos significativos para la salud y por ende la productividad de los técnicos operarios (Dooley et al., 2024). En muchos casos, se descuida la salud del personal, al centrarse exclusivamente en el funcionamiento correcto de los componentes del vehículo.

Investigaciones previas destaca la necesidad de evaluar el riesgo asociado al levantamiento manual de cargas, al proponer medidas preventivas y correctivas (Flor-Unda et al., 2023). Además, de presentar un enfoque dirigido a la evaluación ergonómica de los operarios en las actividades que se ejecutan. Ejemplo de ello, se evidencia en los resultados que ha arrojado una empresa de fabricación de automóviles en India, donde los parámetros de levantamiento manual de carga exceden los límites recomendados por NIOSH. De modo que se sugiriere la adopción de medidas para reducir el riesgo de lesiones laborales.

Asociado sobre la misma premisa, se analiza la técnica de levantamiento manual en una fábrica de elementos automotrices. En él se destaca la influencia significativa de la técnica en la capacidad de levantamiento de los trabajadores (Arauz et al., 2024). Para ello, se proponen programas de entrenamiento y educación para mejorar la técnica y reducir el riesgo de lesiones relacionadas con el trabajo (Einabadi et al., 2023).

El mantenimiento automotriz involucra una variedad de actividades de levantamiento de cargas, donde los operarios están expuestos a riesgos ocupacionales significativos (Villacís et al., 2021). Al analizar estas actividades, se pueden identificar tareas críticas que implican mayores riesgos. A continuación, se detallan algunas de las actividades de levantamiento de cargas en el mantenimiento automotriz y sus posibles riesgos ocupacionales (ver tabla 1).

Tabla 1: Actividades de levantamiento de cargas en el mantenimiento automotriz.

No.	Actividad	Acciones significativas	Riesgos ocupacionales
	Levantamiento de llantas y neumáticos.	Extracción y manipulación de llantas y neumáticos.	Lesiones en la espalda debido al peso y la postura requerida, riesgo de atrapamiento de extremidades, y posibilidad de caídas si no se realiza correctamente.

	Manipulación de cajas de cambio.	Retiro, transporte y reinstalación de cajas de cambio.	Lesiones musculoesqueléticas en la espalda y extremidades (Vallée et al., 2024), riesgo de atrapamiento durante el proceso de manipulación, y esfuerzo físico excesivo.
	Levantamiento de culatas.	Extracción y manipulación de las culatas del motor.	Lesiones en la espalda y extremidades debido al peso y la posición requerida, riesgo de atrapamiento de extremidades, y exposición a sustancias tóxicas presentes en las culatas.
	Manipulación de coronas y diferenciales.	Retiro y manipulación de coronas y diferenciales.	Lesiones musculoesqueléticas por esfuerzo físico, riesgo de caídas durante la manipulación, y posibilidad de atrapamiento de extremidades.
	Levantamiento de motores.	Extracción e instalación de motores.	Lesiones en la espalda, extremidades y articulaciones debido al peso y la complejidad de la tarea, riesgo de atrapamiento, y posibilidad de daño al motor.
	Manipulación de componentes pesados.	Manipulación de componentes pesados, como ejes y transmisiones.	Lesiones musculoesqueléticas por esfuerzo físico, riesgo de caídas, y posibilidad de atrapamiento durante la manipulación.
	Uso de herramientas pesadas.	Utilización de herramientas pesadas, como pistolas de impacto.	Vibraciones que pueden causar trastornos musculoesqueléticos (Zhang et al., 2023), lesiones por el uso continuo de herramientas y riesgo de golpes accidentales.
	Levantamiento de vehículos.	Elevación y soporte de vehículos para acceder a componentes inferiores.	Lesiones por aplastamiento, riesgo de caídas, y posibilidad de lesiones musculoesqueléticas por la posición incómoda durante el trabajo.

Fuente: Elaboración propia.

La identificación de estas actividades permite comprender los riesgos asociados al levantamiento de cargas en el mantenimiento automotriz. La implementación de medidas ergonómicas y la concientización sobre las técnicas adecuadas de levantamiento son esenciales para mitigar estos riesgos y preservar la salud de los operarios.

Por tanto, el presente estudio tiene como objetivo general analizar los riesgos ocupacionales asociados al levantamiento de cargas en el sector de mantenimiento automotriz, al utilizar el índice de levantamiento de cargas como herramienta cuantitativa. De modo que a partir de los resultados analizados se proporcionen soluciones y estrategias ergonómicas que minimicen los impactos negativos en la salud de los operarios. Entre los objetivos específicos se encuentran:

- Calcular el índice de levantamiento de cargas para cada actividad y clasificar los niveles de riesgo asociados a cada tarea en el sector de mantenimiento automotriz.
- Identificar las actividades con mayores índices de levantamiento de cargas y evaluar la magnitud del riesgo ocupacional para los operarios, al destacar aquellas que superan los límites permisibles y presentan un riesgo sustancial para la salud.
- Proponer medidas de control y estrategias ergonómicas basadas en los resultados obtenidos para mitigar los riesgos ocupacionales identificados durante el levantamiento de cargas en el ámbito del mantenimiento automotriz.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se ha basado en mediciones realizadas en 76 técnicos que laboran en talleres de mantenimiento automotriz legalmente constituidos en la ciudad de Ambato, que operan directamente relacionada con levantamiento manual de cargas. Se ha realizado un estudio que considera los parámetros necesarios para el correcto desarrollo del análisis y así cuantificar el índice de levantamiento y compararlo con los límites establecidos.

Uno de los métodos más utilizados para determinar el índice de levantamiento de cargas, y estimar el nivel de riesgo presente en el personal que desarrolla la tarea es el establecido por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH). Aunque la ecuación de NIOSH constituye una herramienta útil para la evaluación de tareas de levantamiento manual de carga, también tiene limitaciones que deben ser consideradas, como son condiciones físicas de los trabajadores, factores ambientales, entre otros (Ibarra y Astudillo-Cornejo, 2021). Sin embargo, estudios recientes establecen que, si al obtener un índice de levantamiento de cargas que sobrepase el máximo permisible, repercute con mayor incidencia si se consideran los factores mencionados con anterioridad. Por tanto, la ecuación de la NIOSH es una aproximación muy aceptable para realizar el análisis.

Los parámetros en los cuales se basa el método NIOSH se muestran en la siguiente tabla, con las respectivas ecuaciones para su cálculo (ver tabla 2).

Tabla 2: Parámetros del método NIOSH.

Parámetro	Símbolo	Descripción	Ecuación	Número de ecuación
Constante de carga	LC	Masa del objeto sometido al proceso de levantamiento.	NA	NA
Factor de distribución horizontal	HM	Depende de la distancia comprendida entre el punto medio de la línea que une los tobillos al punto medio del agarre del objeto proyectado en el suelo.	$HM = \frac{25}{H}$	(1)
Factor de altura	VM	Está en función de la posición vertical de la carga medida desde el suelo.	$VM = 1 - 0.003 V - 75 $	(2)
Factor de desplazamiento vertical	DM	Depende de la diferencia de alturas entre el punto inicial y el final.	$DM = 0.82 + \frac{4.5}{D}$	(3)
Factor de asimetría	AM	Está en función del desplazamiento angular del operario.	$AM = 1 - 0.0032A$	(4)
Factor de frecuencia	FM	Depende el número de elevaciones por minuto y el tiempo de duración del trabajo.	-	NA
Factor de agarre	CM	Depende de la calidad del agarre y es una medida cuali-cuantitativa.	NA	NA

Fuente: Elaboración propia.

El límite del peso recomendado se encuentra dado por el producto de los factores indicados en la tabla anterior, como se muestra en la Ecuación 5.

$$LPR = LC * HM * VM * DM * AM * FM * CM \quad (5)$$

Para finalizar y establecer el nivel del riesgo al que se encuentra sometido el operario de mantenimiento, se calcula el índice de levantamiento (IL) (ver ecuación 6). Además, se categoriza de acuerdo con su magnitud, en función de lo que se indica en la Tabla 3.

$$IL = \frac{LC}{LPR} \quad (6)$$

Tabla 3: Calificación del riesgo en función de la magnitud de .

Intervalo	Zona de Riesgo	Característica
$IL < 1$	Bajo	La actividad puede ser desarrollada con normalidad.
$1 < IL < 3$	Moderado	La tarea amerita un rediseño para minimizar probabilidad de lesiones en el trabajador.
$IL > 3$	Alto	La tarea debe ser modificada y es inaceptable para el operario.

Fuente: Elaboración propia.

Para el desarrollo del estudio, se seleccionan empresas de mantenimiento automotriz de la ciudad de Ambato, legalmente establecidas, con tareas y actividades estandarizadas y claramente definidas en el personal de mantenimiento. De modo que se minimicen el error en las mediciones y por ende sesgos en los resultados si el estudio se desarrollara en entidades que carecen de sistemas de gestión de mantenimiento (ver tabla 4).

Tabla 4: Empresas de mantenimiento automotriz seleccionadas.

Descripción	Actividad	Número
Talleres de concesionarias.	Mantenimiento de motores y sistemas de transmisión.	6
Asistencia vehicular en llantas y neumáticos.	Balanceo y procesos de vulcanizado.	10
Entidades privadas de mantenimiento automotriz.	Mantenimiento de motores y sistemas de transmisión.	6

Fuente: Elaboración propia.

Al desarrollar un estudio en las empresas seleccionadas pertenecientes a cada uno de los sectores de prestación de servicios, en donde las características y condiciones laborales del personal técnico son similares, se han obtenido resultados que pueden ser generalizados al mantenimiento automotriz. Además de considerar actividades que se desarrollan con alta frecuencia para que sea un estudio representativo y de impacto en beneficio de acciones futuras que no solo estén enfocadas en bien de los elementos automotrices sino también en el personal que desarrolla la tarea de mantenimiento.

El estudio realizado se basa en un análisis cuantitativo centrado en calcular el índice de levantamiento de carga en personal seleccionado. De forma tal que forma parte de talleres de mantenimiento legalmente constituidos y con actividades previamente definidas, mediante la aplicación del método del NIOSH. Para lo cual existe la necesidad de realizar mediciones de varios factores que inciden en el parámetro de estudio como desplazamientos realizados, frecuencia con que se realiza la tarea, tipo de sujeción y masa de la carga manipulada.

La información principal fue recolectada bajo la modalidad de campo, al obtener los valores de los parámetros requeridos para el análisis del levantamiento manual de cargas. Al estar en contacto directo con las actividades objeto de estudio, en cada una las empresas de mantenimiento automotriz previamente seleccionadas.

Se ha realizado una investigación bibliográfica documental con el propósito de adquirir conocimientos sobre la metodología a utilizar en el método NIOSH. Así como las ventajas y consideraciones necesarias para la adecuada ejecución y la correcta interpretación de sus resultados. Para ello, se han analizado fuentes secundarias fiables y validadas, como artículos científicos.

El cálculo y resultado del índice de levantamiento es de tipo descriptivo, en función de que se ha desarrollado un análisis estadístico para detallar las acciones a corregir al momento de manipular cargas y establecer posibles alternativas que minimicen el parámetro de estudio y por ende sus efectos negativos.

La población objeto de estudio está compuesta por el personal técnico de las empresas de mantenimiento automotriz seleccionadas de la ciudad de Ambato (ver tabla 5). Para determinar el número de mediciones a realizar, es necesario llevar a cabo un cálculo de muestreo probabilístico en el caso de la actividad sea relacionada con manipulación de llantas y neumáticos. Para el resto de las tareas se ha considerado la totalidad de la población al ser un número reducido.

Tabla 5: Tamaño de la muestra.

Parámetro	Símbolo	Llanta y neumático	Caja de cambio	Culata	Corona y diferencial
Población		90	15	12	10
Nivel de confianza (90%)		1.645	---	---	---
Error de estimación (10%)		0.1	---	---	---
Probabilidad de éxito (50%)		0.5	---	---	---
Probabilidad de fracaso (50%)		0.5	---	---	---
Tamaño de la muestra		39	15	12	10

Fuente: Elaboración propia.

El tamaño de la muestra está conformado por una totalidad de 76 personas, en las cuales se realizaron las mediciones solicitadas por el método NIOSH para el cálculo del índice de levantamiento de cargas en cada una de las actividades seleccionadas. Los equipos y materiales utilizados para el correcto desarrollo de la investigación se presentan a continuación (ver tabla 6).

Tabla 6: Equipos y materiales.

Parámetro	Cantidad
Balanza digital	2
Llanta y neumático	39
Caja de cambio	15
Culata	12
Corona y diferencial	10
Flexómetro	4
Hojas de registro	50

Fuente: Elaboración propia.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tras realizar un análisis detallado de las tareas asociadas al mantenimiento automotriz, que involucran la manipulación de cargas por parte de los operarios. Se procede a realizar una evaluación de los parámetros necesarios al seguir el protocolo del Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH). Los resultados de las mediciones se presentan en la Tabla 7, al detallar los valores de los parámetros medidos para diversas actividades, como llanta y neumático, caja de cambio, culata y corona y diferencial.

Tabla 7: Medición de parámetros necesarios NIOSH.

Parámetro	Símbolo	Llanta y neumático	Caja de cambio	Culata	Corona y diferencial
Constante de carga (Kg)	LC	18,3	61,8	5,8	8,4
Posición horizontal (cm)	H	29,4	25,6	24	26,4
Posición vertical de la carga (cm)	V	55	20	85	25
Desplazamiento vertical (cm)	D	45	90	25	95
Ángulo de giro (°)	A	120	90	90	120
Frecuencia de levantamiento (lev/min)	F	4	1	3	1
Duración del trabajo (h)	T	6	1,5	1	3
Calidad del agarre	C	Bueno	Regular	Bueno	Regular

Fuente: Elaboración propia.

A partir de estos valores, se calcula el índice de levantamiento para cada actividad, con resultados presentados en la Tabla 8. Estos índices se han derivado al considerar la constante de carga, factores de distancia horizontal, altura, desplazamiento vertical, asimetría, frecuencia y calidad del agarre. El límite de peso recomendado (LPR) se ha determinado al multiplicar estos factores, y el índice de levantamiento (IL) se ha calculado al dividir la constante de carga por el LPR.

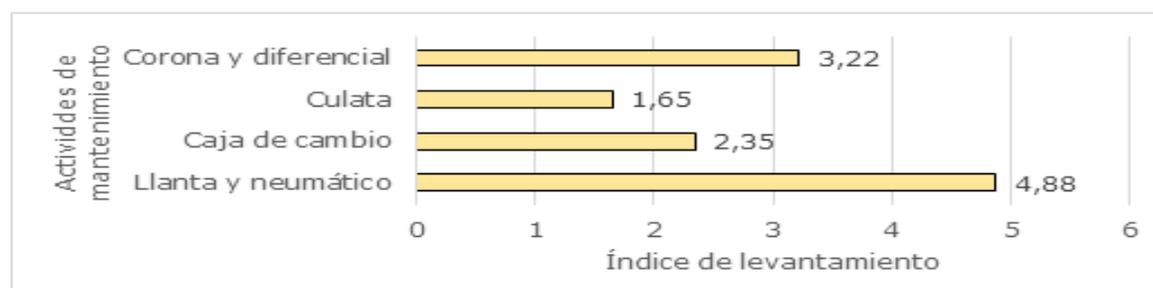
Tabla 8: Índice de levantamiento para las actividades seleccionadas

Parámetro	Símbolo	Llanta y neumático	Caja de cambio	Culata	Corona y diferencial
Constante de carga (Kg)	LC	18,3	61,8	5,8	8,4
Factor de distancia horizontal	HM	0,85	0,98	1	0,95
Factor de altura	VM	0,94	0,84	0,97	0,85
Factor de desplazamiento vertical	DM	0,92	0,87	1	0,87
Factor de asimetría	AM	0,62	0,71	0,71	0,62
Factor de frecuencia	FM	0,45	0,88	0,88	0,75
Factor de agarre	CM	1	0,95	1	0,95
Límite de peso recomendado (Kg)	LPR	3,75	26,27	3,52	2,61
Índice de levantamiento	IL	4,88	2,35	1,65	3,22

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 8 revela que las actividades de llanta y neumático, así como corona y diferencial, presentan índices de levantamiento superiores a 3, al indicar un nivel de riesgo alto. En cambio, la caja de cambio muestra un índice moderado, mientras que la culata presenta un índice bajo. La Figura 1 visualiza de manera gráfica los valores calculados del índice de levantamiento para cada actividad de mantenimiento.

Fig 1: Valores de índice de levantamiento de carga.



Fuente: Elaboración propia.

Estos resultados proporcionan una base cuantitativa para una interpretación precisa del riesgo asociado a las tareas de levantamiento en el ámbito del mantenimiento automotriz. De modo que permite identificar las actividades con un mayor potencial de riesgo para la salud de los operarios. Tras obtener los valores del índice de levantamiento de carga para las diferentes actividades de mantenimiento automotriz, se procede a interpretar los resultados y clasificar el nivel de riesgo al que están expuestos los operarios en dichas actividades según se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9. Zona de riesgo.

Actividad	Índice de levantamiento	Riesgo
Llanta y neumático	4,88	Alto
Caja de cambio	2,35	Moderado
Culata	1,65	Moderado
Corona y diferencial	3,22	Alto

Fuente: Elaboración propia.

La tabla indica que las actividades de llanta y neumático, así como corona y diferencial, presentan un riesgo alto, mientras que la caja de cambio y la culata muestran un riesgo moderado. Estos resultados revelan que las cargas levantadas por los operarios superan los límites permisibles. De forma tal que subrayan la necesidad de implementar acciones correctivas en los puestos de trabajo para reducir la probabilidad de efectos negativos en la salud del personal de mantenimiento.

En cambio, en la Tabla 10 detalla el porcentaje de exceso de carga levantada en comparación con los límites recomendados. Se destaca un porcentaje significativo de exceso en todas las actividades, al ser la llanta y neumático la que presenta el mayor exceso con un 388%. Esta información resalta la magnitud del problema y refuerza la urgencia de intervenciones para minimizar la carga levantada.

Tabla 10. Porcentaje excedido de carga levantada.

Actividad	Límite de peso recomendado (Kg)	Constante de carga (Kg)	Exceso de carga (Kg)	Porcentaje excedido (%)
Llanta y neumático	3,75	18,3	14,55	388,00
Caja de cambio	26,27	61,8	35,53	135,25
Culata	3,52	5,8	2,28	64,77
Corona y diferencial	2,61	8,4	5,79	221,84

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 2 proporciona un análisis comparativo entre la carga permisible y la carga real levantada en cada actividad de mantenimiento. Aunque la masa es un parámetro constante, se subraya que la forma y la frecuencia de la tarea constituyen aspectos críticos que requieren atención para mitigar los riesgos asociados al levantamiento manual de cargas. Estos hallazgos respaldan la necesidad de implementar medidas correctivas, como la reevaluación de las prácticas laborales y la introducción de dispositivos de asistencia, para salvaguardar la salud de los operarios en el ámbito del mantenimiento automotriz.

Fig 2. Carga permisible y carga real levantada en cada actividad de mantenimiento.

Fuente: elaboración propia.

### Propuestas de medidas de control y estrategias ergonómicas

Estas medidas, implementadas de manera integral, contribuyen significativamente a mitigar los riesgos ocupacionales identificados durante el levantamiento de cargas en el ámbito del mantenimiento automotriz (Hosseini y Arjmand, 2024). De modo que promuevan un entorno de trabajo seguro y saludable para los operarios. Entre las medidas de

control y estrategias ergonómicas para mitigar riesgos ocupacionales en el levantamiento de cargas en el mantenimiento automotriz se encuentran:

- Reorganización de procesos:
  - Objetivo: Redefinir la secuencia de actividades para reducir la frecuencia y carga de levantamiento en tareas críticas.
  - Implementación: Identificar oportunidades para distribuir las tareas de levantamiento de cargas a lo largo del día, al evitar acumulaciones que aumenten el riesgo.
- Alternancia de actividades:
  - Objetivo: Minimizar la exposición continua a actividades de alto riesgo.
  - Implementación: Establecer rutinas que permitan a los operarios cambiar entre tareas de levantamiento y otras menos exigentes físicamente, al proporcionar periodos de descanso y recuperación.
- Uso de herramientas de asistencia al levantamiento:
  - Objetivo: Reducir la carga física en las tareas de levantamiento de cargas.
  - Implementación: Introducir equipos y herramientas, como dispositivos de elevación mecánica, para facilitar el manejo de objetos pesados y disminuir la presión sobre los operarios.
- Programas de entrenamiento y educación:
  - Objetivo: Mejorar la técnica de levantamiento manual de carga y concienciar sobre prácticas seguras.
  - Implementación: Ofrecer programas regulares de capacitación que enseñen a los operarios las mejores prácticas ergonómicas, técnicas adecuadas de levantamiento y la necesidad de cuidar su salud ocupacional (Mohseni et al., 2024).
- Monitoreo continuo de parámetros ergonómicos:
  - Objetivo: Evaluar y ajustar medidas en función de cambios en la carga de trabajo y condiciones laborales.
  - Implementación: Establecer un sistema de monitoreo periódico de parámetros ergonómicos, al utilizar mediciones y evaluaciones regulares para realizar ajustes según sea necesario.
- Integración de dispositivos de elevación automatizados (Burllet-Vienney et al., 2021):
  - Objetivo: Automatizar tareas de levantamiento para reducir la intervención manual.
- Implementación: Donde sea posible, implementar sistemas automatizados para el manejo de cargas pesadas, al minimizar la participación directa de los operarios.
- Diseño ergonómico de estaciones de trabajo (Sing et al., 2022):
  - Objetivo: Asegurar que las estaciones de trabajo estén diseñadas para promover posturas seguras y reducir la tensión física.
  - Implementación: Ajustar la altura de mesas, estantes y áreas de trabajo para adaptarse a las necesidades ergonómicas. De modo que facilite el levantamiento y evite posturas incómodas.
- Monitoreo de la salud ocupacional:
  - Objetivo: Identificar signos tempranos de lesiones ocupacionales y actuar de manera preventiva.
  - Implementación: Establecer programas de seguimiento médico para evaluar la salud de los operarios y proporcionar atención temprana en caso de lesiones o molestias.

## DISCUSIÓN

Los resultados plantean preguntas cruciales sobre la seguridad ocupacional en el sector de mantenimiento automotriz. La clasificación de las actividades según su índice de levantamiento destaca la necesidad inmediata de intervenciones preventivas y correctivas. En particular, el levantamiento de llantas y neumáticos y la manipulación de coronas y diferenciales emergen como tareas de alto riesgo. De forma tal que demuestra un enfoque prioritario en la implementación de medidas de control y ergonómicas.

El análisis de la zona de riesgo y el porcentaje excedido de carga proporciona una perspectiva más detallada sobre la magnitud del problema. El hecho de que la carga levantada en actividades como el cambio de cajas exceda el límite recomendado, en más del 100% destaca la gravedad del riesgo al que se enfrentan los operarios. Esta discusión subraya la necesidad de medidas proactivas para abordar los riesgos ocupacionales, con énfasis en la reorganización de procesos y la implementación de herramientas ergonómicas.

El análisis comparativo de los resultados con las directrices del Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional destaca la robustez y aplicabilidad del método en el contexto del mantenimiento automotriz. Aunque la ecuación de NIOSH es una herramienta valiosa, su aplicación requiere una atención cuidadosa a los detalles específicos de cada actividad para garantizar resultados precisos.

## CONCLUSIONES

El índice de levantamiento de cargas en el sector de mantenimiento automotriz señala una necesidad inminente de intervenciones ergonómicas. La identificación de actividades con índices de levantamiento elevados, especialmente en el levantamiento de llantas y neumáticos, y la manipulación de coronas y diferenciales, subraya la urgencia de implementar medidas de control. La clasificación constante de todas las actividades evaluadas por encima de la unidad en el índice de levantamiento destaca la vulnerabilidad significativa de los operarios a riesgos ocupacionales, De modo que indica la importancia crítica de rediseñar prácticas laborales para salvaguardar la salud de los trabajadores.

La evaluación cuantitativa de las actividades de mantenimiento automotriz revela un nivel de riesgo sustancial para los trabajadores. De modo que puede tener un impacto negativo tanto en la productividad como en el bienestar laboral. La identificación de actividades con índices de levantamiento de carga superiores a los límites recomendados plantea cuestionamientos sobre la seguridad y la eficiencia en el entorno de trabajo. Es imperativo reconocer que la implementación de estrategias ergonómicas no solo contribuye a la reducción de lesiones ocupacionales, sino que también mejora la eficiencia y la moral de los operarios. De forma tal que promueve así un ambiente laboral más saludable y productivo.

La evaluación sistemática de las prácticas laborales y la aplicación de medidas preventivas y correctivas basadas en los resultados son esenciales para garantizar un entorno de trabajo seguro y saludable. La integración de programas de formación y concientización sobre técnicas adecuadas de levantamiento, así como la consideración de herramientas y dispositivos ergonómicos, son áreas clave para investigaciones y acciones futuras. De modo que sienta las bases para abordar de manera efectiva los riesgos ocupacionales en el mantenimiento automotriz y promover prácticas laborales seguras y sostenibles.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arauz, P. G., Chavez, G., Reinoso, V., Ruiz, P., Ortiz, E., Cevallos, C., & Garcia, G. (2024). Influence of a passive exoskeleton on kinematics, joint moments, and self-reported ratings during a lifting task. *Journal of Biomechanics*, *162*(January), 2-5. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0021929023004578>
- Burlet-Vienney, D., Galy, B., & Cusson Bertrand, K. (2021). Analysis of vehicle stability when using two-post above-ground automotive lifts: Distribution of forces in arms. *Safety Science*, *134*(February), 2-4. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925753520304392>
- Dooley, S., Kim, S., Nussbaum, M. A., & Madigan, M. L. (2024). Occupational arm-support and back-support exoskeletons elicit changes in reactive balance after slip-like and trip-like perturbations on a treadmill. *Applied Ergonomics*, *115*(February), 3-7. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003687023002168>
- Einabadi, B., Mahmoodjanloo, M., Baboli, A., & Rother, E. (2023). Dynamic predictive and preventive maintenance planning with failure risk and opportunistic grouping considerations: A case study in the automotive industry. *Journal of Manufacturing Systems*, *69*(August), 292-310. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S027861252300122X>
- Flor-Unda, O., Jorge Mauricio, F., Dávila, D., Rivera, M., Llano, G., Izurieta, C., & Acosta-Vargas, P. (2023). Innovative Technologies for Occupational Health and Safety: A Scoping Review. *Safety*, *9*(2), 35. <https://www.mdpi.com/2313-576X/9/2/35>
- Hosseini, N., & Arjmand, N. (2024). An artificial neural network for full-body posture prediction in dynamic lifting activities and effects of its prediction errors on model-estimated spinal loads. *Journal of Biomechanics*, *162*(January), 1-5. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0021929023004670>
- Ibarra Villanueva, C., & Astudillo-Cornejo, P. (2021). Factores de riesgo biomecánico lumbar por manejo manual de cargas en el reparto de productos cárnicos. *Archivos de Prevención de Riesgos Laborales*, *24*(4), 342-354. <https://archivosdeprevencion.eu/index.php/aprl/article/view/108>
- Mohseni, M., Zargarzadeh, S., & Arjmand, N. (2024). Multi-task artificial neural networks and their extrapolation capabilities to predict full-body 3D human posture during one- and two-handed load-handling activities. *Journal of Biomechanics*, *162*(January), 2-6. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0021929023004554>
- Sing, L. S., Mahmood, S., Jiran, N. S., & Hassan, M. F. (2022). Ergonomics and Improvement of Workplace Layout Design in Automotive Service Sector at Motorcycle Repair Workshop. *Journal of Design for Sustainable and Environment*, *4*(2), 10-21. <http://fazpublishing.com/jdse/index.php/jdse/article/view/31>

- Vallée Marcotte, J., Robert-Lachaine, X., Muller, A., Denis, D., Mecheri, H., Plamondon, A., & Corbeil, P. (2024). The influence of transfer distance and pace of work on foot positioning strategies and low back loading in a manual material handling task. *Applied Ergonomics*, *114*(January), 1-6. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003687023001679>
- Villacís Jara, H., Zambrano Orejuela, I., & Baydal-Bertomeu, J. M. (2021). Study of the ergonomic risk in operators of an assembly line using the RULA method in real working conditions through the application of a commercial sensor. *Materials Today: Proceedings*, *49*(Part 1), 122-128. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785321053530>
- Zhang, H., Deng, H., Jia, N., Chen, F., Li, X., Cao, L., Wang, Z., Liang, J., Wang, R., & Liu, J. (2023). Epidemiological study of work-related musculoskeletal disorders and related risk factors among automobile maintenance workers. *Work*, *76*(3), 1219-1231. <https://content.iospress.com/articles/work/wor220412>