



ISSN-e: 2711-3892

Impacto de herramientas de mejora en industria colombiana relacionada con el levantamiento mecánico de cargas

Impact of improvement tools in the Colombian industry related to mechanical lifting of loads

Nelson Campos¹, Sandra Castro²

¹Universidad de Pamplona, a, Facultad de ingenierías y arquitecturas, Programa de Ingeniería Industrial, Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

²Universidad de Pamplona, Facultad de ingenierías y Arquitectura, Programa de ingeniería industrial, Grupo de Investigación INGPRO-GES

¹nelson.campo@unipamplona.edu.co, ²sandra.castro@unipamplona.edu.co

Correspondencia: Sandra Castro
Correo electrónico:
sandra.castro@unipamplona.edu.co

Recibido: 01/06/2023
Aceptado: 27/012/2023

Citar así: Campo, N., & Castro, S. (2023). Impacto de herramientas de mejora en industria colombiana relacionada con el levantamiento mecánico de cargas. *Revista Semilleros De Investigación*, 6(1), 1-11. <https://doi.org/10.24054/sei.v6i1.3708>

Copyright: © 2024. Universidad de Pamplona, Colombia. La *Revista Semilleros de Investigación* proporciona acceso abierto a todo su contenido bajo los términos de la licencia Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0).

Resumen

La industria del levantamiento mecánico de cargas tiene un papel fundamental en diferentes sectores económicos de un país. Por las actividades que se desarrollan pueden presentarse accidentes o incidentes que perjudiquen a las personas o al proceso. Por lo anterior en las últimas décadas se han introducido nuevas herramientas y tecnologías para mejorar la eficiencia y seguridad en el lugar de trabajo. En este artículo de revisión, se examinan las herramientas de mejora propuestas en la industria colombiana de 5 tesis de grado. Además, se analizan los beneficios de estas herramientas en términos de reducción de costos y accidentes, así como en la mejora de la productividad y calidad del trabajo. Finalmente, se discuten las técnicas más usadas, tendencias actuales en tecnología y se brindan sugerencias para futuras investigaciones.

Palabras clave: Levantamiento mecánico de cargas, izaje de cargas, seguridad industrial; sistemas de control de carga; eficiencia

Abstract

The mechanical lifting industry plays a fundamental role in different economic sectors of a country. Due to the activities that are developed, accidents or incidents may occur that may harm people or the process. Therefore, in recent decades new tools and technologies have been introduced to improve efficiency and safety in the workplace. In this review article, the improvement tools proposed in the Colombian industry are examined in 5 theses. In addition, the benefits of these tools in terms of cost and accident reduction, as well as in the improvement of productivity and quality of work are analyzed. Finally, the most used techniques, current trends in technology and suggestions for future research are discussed.

Keywords: Mechanical load lifting, load hoisting, industrial safety; load control systems; efficiency.

1. INTRODUCCIÓN

El izaje de Carga es una operación que se realiza para mover objetos grandes y/o pesados y que no pueden ser transportados manualmente (ASME, 2017). El equipo utilizado para el izaje de carga es todo dispositivo que permite elevar o bajar una carga, previamente calculada en forma segura y controlada (Ampuero, 2018). De acuerdo a El Economista América (2023), esta actividad económica se desarrolla actualmente en Colombia por empresas ubicadas en diferentes departamentos; se distribuyen de la siguiente manera: 8 en Bogotá, 5 en Casanare, 4 en Antioquia, 4 en Meta, 4 en Santander, 3 en Cundinamarca, 3 en el valle, 2 en atlántico, 1 en Bolívar, 1 en Cesar y 1 en Putumayo, para un total de 36 empresas dedicadas a la industria del levantamiento mecánico de cargas en todo el país.

Esta labor tan importante para diferentes sectores (como el de construcción, petróleos, entre otros) puede suponer múltiples riesgos por todas las condiciones que están involucradas al mover elementos grandes y pesados. Si falla algún factor crucial que debía ser tenido en cuenta en el proceso, como el peso de la carga, la fuerza requerida, la manipulación adecuada de los equipos, la coordinación y comunicación entre los involucrados en el trabajo, puede presentarse un accidente o un error que conlleve a caídas de la carga y accesorios de izaje, golpes contra objetos móviles o fijos, daños a la propiedad, un daño grave a los trabajadores y/o a la pérdida de productos (Atencia, 2019).

Hay 3 principales razones que pueden generar accidentes en el izaje de cargas: falla humana, falla mecánica y falla de la operación debido al medio ambiente (ISEM, 2017). La primera puede ocurrir por baja calificación del personal, formación incompleta y falta de conocimientos particulares sobre las operaciones de izaje que incluyen conocimiento sobre otras actividades que se desarrollan en el contexto. La falla mecánica puede suceder cuando no se cumple el programa de mantenimiento preventivo y predictivo, cuando hay ausencia de datos e información para realizar el mantenimiento, cuando se usan talleres no calificados para la reparación y cuando se usan equipos muy antiguos. Por último, la falla debido al medio ambiente si bien es impredecible, es necesario que los operadores estén capacitados para evaluar los riesgos cuando el medio ambiente no sea el propicio (Llorca, Gutierrez y Villar, 2016).

En Colombia esta actividad a pesar de ser categorizada de alto riesgo no ha sido debidamente

controlada, ya que no existe una normatividad específica respecto al izaje de cargas. Las resoluciones 2400 y 2413 de 1979 del Ministerio de trabajo fueron el primer intento de referir normatividad respecto a la seguridad en el izaje de cargas e incluyen varios artículos relacionados. En el año 2011 se presentó el proyecto ley 600 para regular la actividad, pero no llegó a ser discutido en el congreso. Por lo tanto, en Colombia se utiliza principalmente como referencia la normativa internacional ASME B30 para desarrollar los manuales y políticas específicas de las empresas que prestan el servicio de izaje de cargas, así como las normas ISO (1987) y OSHAS (1999) relacionadas a la Seguridad y Salud en el Trabajo.

Teniendo en cuenta las fallas que se pueden presentar en este campo y las consecuencias que pueden tener estos errores, la eficiencia y la seguridad son aspectos fundamentales para prevenir accidentes o incidentes en lo que se refiere al izaje de cargas. Por esta razón en los últimos años se han desarrollado y estudiado herramientas que puedan optimizar los procesos y disminuir errores. En el presente artículo de revisión se explorará qué medidas se han propuesto y/o usado y el impacto que han tenido estas medidas al aplicarse en empresas colombianas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se enmarca dentro de las investigaciones documentales, se trata específicamente de una revisión, la cual es un tipo de investigación observacional y retrospectiva que sintetiza los resultados de múltiples investigaciones primarias sobre un tema específico (Beltrán, 2005). Una vez delimitado el tema de investigación se realizó la búsqueda de los documentos que serían incluidos en la revisión en diferentes bases de datos por medio de la siguiente combinación: “Mejora de seguridad y eficiencia en izaje de cargas”, se delimitó la búsqueda entre los años 2010 y 2023 con el fin de obtener información reciente y se estableció que fueran sólo documentos de acceso abierto.

La unidad de análisis estuvo conformada por 5 tesis de grado, en la Figura 1 se detalla cómo fue el proceso para la elección final de estos documentos. Como se observa, estos documentos fueron extraídos de una muestra de 617 documentos arrojados en total tras usar la combinación de palabras y delimitar la búsqueda con las diferentes opciones que ofrece cada base de datos. Se revisaron los resúmenes de aquellos artículos cuyo nombre coincidía con las palabras claves y se descartaron todos aquellos que no cumplían los criterios de inclusión, los cuales fueron: ser trabajos de grado de acceso libre realizados en Colombia entre los años 2010 y el 2023 en los cuales se propusieran y/o aplicaran herramientas de mejora para la eficiencia y seguridad en el izaje de cargas en empresas.

Se determinó que fueran sólo trabajos de grado ya que a través de estos es posible brindar una perspectiva más cercana y real sobre el impacto que pueden tener las herramientas de mejora diseñadas en empresas el sector de izaje de cargas del país. Una vez seleccionados los artículos se extrajo la información más relevante de cada uno en una matriz, se incluyó información sobre lo que habían propuesto y/o desarrollado en la empresa, los antecedentes de la empresa que llevaron a desarrollar la estrategia, los resultados esperados y las conclusiones. Con base a esta matriz se presentan los resultados de la presente revisión, tal como se observa en el apartado de resultados, tabla 1.

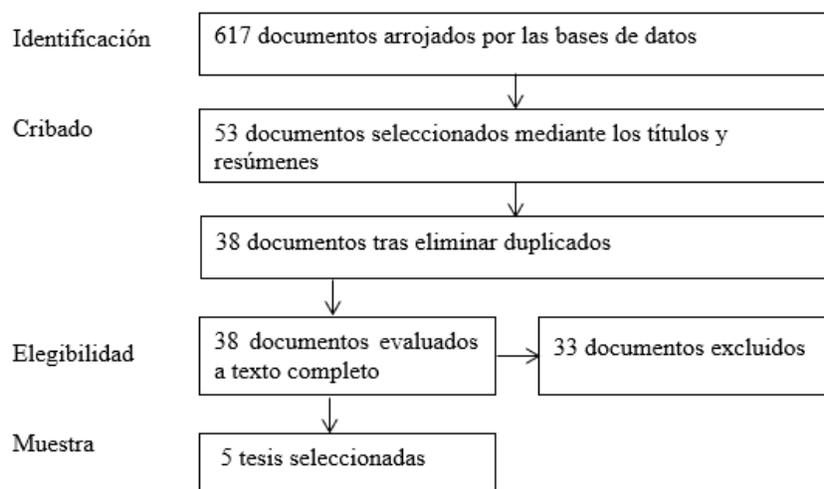


Figura 1. Diagrama de flujo prisma de la selección de la unidad de análisis
Fuente: Elaboración propia

3. RESULTADOS

La Unidad de Análisis de la presente revisión estuvo conformada por 5 tesis de grado realizadas en Colombia. En la siguiente tabla se describe la información más relevante de cada uno de ellos.

Tabla 1. Información relevante de los documentos que formaron parte de la Unidad de Análisis

Primer autor	Año de publicación	Empresa	Sobre la empresa	Plan de Acción	Resultados esperados
Guarin	2014	Bopeca Energy Group	Suple demanda de equipos de izajes petroleros (Pacific Rubiales). Tienen alta demanda de equipos por el auge del sector, pero se ha presentado incumplimientos en políticas de SSO.	Propuesta para estructurar el SGSSO con base a la norma OSHAS 18001	Reducir accidentes laborales Velar por la integridad física de los trabajadores Aportar a la mejora continua Evitar tiempo muerto y sobrecostos Mejorar la imagen corporativa y la competitividad
Ruda	2015	Colombia Crane & Service	Prestación de servicios en el área de ingeniería, inspección y certificación de sistemas de izaje. Servicios de capacitación de operadores y asesoría a empresas operadoras de máquinas de cargue. No hay	Elaboración de Manual de operación para izaje de carga	Reducción de índices de accidentalidad Cálculos para el levantamiento de la carga. Criterios de rechazo y cuidados de los elementos de izaje.

			manual de operación de izaje de carga.		
Ramírez	2018	TIERRACOLL E.U.	Especializados en realizar izaje en la industria. La empresa no cumple con los lineamientos para certificar su SG.	Diseño de un SIGSSTAC bajo las normas OSHAS 18001, ISO 14001 e ISO 9001.	Aumento de competitividad y mejora del posicionamiento en el mercado. Atraer a clientes nuevos. Alcanzar la eficiencia y la eficacia. Mejoramiento continuo y aumento de la productividad. Implementar la gestión de calidad en la cultura organizacional.
Pérez	2019	Transportes Montejos S.A.S	Prestación de servicios de transporte especializado y para el montaje en proyectos industriales y civiles con equipos de izaje y maquinaria de carga. Ausencia de personal calificado para realizar el mantenimiento de toda la variedad de equipos.	Mejoras en la organización y mantenimiento de equipos especializados para el transporte y el izaje de cargas.	Mejoramiento continuo de calidad. Optimización de los recursos, procesos y servicios. Crecimiento laboral. Desarrollo organizacional. Ventaja competitiva.
Arias	2022	Multigrúas del Cesar S.A.S.	Prestación de servicio Público de transporte terrestre automotor de carga, de mercancías peligrosas. También alquilan y suministran equipos para el izaje. No hay un manual de procedimiento para el izaje de carga.	Diseño de Manual de Procedimientos seguro para el Izaje de cargas.	Disminución de accidentes e incidentes. Incremento de la confiabilidad y competitividad.

Fuente: Elaboración propia.

Nota: SGSSO = Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional; SIGSSTAC = Sistema Integrado de Gestión de Seguridad, Salud en el Trabajo, Ambiental y de Calidad; SG = Sistema de Gestión. De forma general, es posible resumir las herramientas de mejora que se diseñaron en las 5 tesis colombianas en dos grandes grupos: *herramientas de mejora en eficiencia* y *herramientas de mejora en seguridad*. El primer grupo incluye como partes fundamentales en el proceso de mejora el *análisis de procesos* y la *implementación de tecnología*. Haciendo una evaluación inicial y un análisis detallado de cómo ocurre todo el proceso para el izaje de cargas, es posible detectar ineficiencias y cuellos de botella. A partir de esta estrategia los 5 trabajos de grado diseñaron y propusieron manuales, políticas, y SGSS que implicaban cambios en la planificación, coordinación y ejecución de las operaciones, con el fin de mejorar considerablemente la eficiencia global y reducir accidentes o errores. En cuanto a la implementación de avances tecnológicos, si bien no fueron el aporte principal de las tesis, se destacó la importancia de incluir tecnología actual en las empresas, ya que esto facilita la supervisión y gestión de las operaciones de levantamiento de cargas al

optimizar tiempos de respuesta, reducir tiempo de inactividad y mejorar la eficiencia operativa en general.

Por otra parte, en lo que se refiere a las herramientas de mejora en la seguridad se incluyen como aspectos fundamentales: *capacitación y entrenamiento constante e implementación de normativas y estándares*. Todas las tesis enfatizaron en la importancia de, en primera medida, seleccionar personal que cuente con el perfil idóneo para realizar las tareas, y luego, realizar procesos de inducción, re inducción, capacitaciones y entrenamientos a los trabajadores. Estos programas contribuyen a generar mayor conciencia sobre los posibles riesgos, brindan información sobre el adecuado uso de los elementos y mejoran las prácticas de seguridad. De igual manera, todas las tesis consideraron indispensable el desarrollo de un SGSS y/o manuales de procesos y funciones detallados que siguieran la normatividad colombiana e internacional en cuanto a estándares de salud y seguridad en la industria del levantamiento mecánico de cargas.

Las regulaciones y normativas mejoran considerablemente los procesos en la empresa, la seguridad y la salud de los trabajadores, ya que establecen lineamientos en cuanto a inspecciones periódicas, mantenimiento de equipos uso de dispositivos de seguridad (Mendoza, 2019). Dentro de las principales normas se encuentran: ISO 9001, OSHAS 18001 e ISO 14001, las cuales establecen respectivamente: Requisitos de Gestión de Calidad, que ISO a nivel mundial estandariza, y sobre la cual se diseña y documenta el Sistema de gestión de la calidad de una empresa; Requisitos mínimos de las mejores prácticas en gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo; y Requisitos para un sistema de gestión ambiental que una organización puede usar para mejorar su desempeño ambiental (Arias, 2022).

La adopción de las propuestas diseñadas en las tesis por las empresas debería generar una optimización de los procesos, mejorar la productividad y eficiencia de la empresa, disminuir costos, disminuir accidentes e incidentes laborales, aumentar la confianza en las personas y atraer así a nuevos clientes, así como mejorar el posicionamiento de la empresa a nivel nacional. Pero, sobre todo, los autores resaltan el impacto que tiene la adopción de estas herramientas de mejora en el activo más valioso de todas las empresas: el talento humano, ya que, a través de la adopción de esas mejoras, las políticas de seguridad, las capacitaciones, la claridad de roles y funciones, la mejora entre canales de comunicación, entre otros cambios, contribuyen a cuidar su integridad física y mental, generar un ambiente laboral más seguro y confortable.

4. DISCUSIÓN

El levantamiento mecánico de cargas es una actividad crucial en la industria de cualquier país, por lo que garantizar su eficiencia y seguridad es de suma importancia. En los últimos años se han realizado algunos estudios de tesis en Colombia que han propuesto herramientas de mejora en este sector y que se espera lograrán optimizar procesos, mejorar resultados, y proteger la integridad de sus trabajadores en caso de ser adoptadas por las empresas. Como se mencionó en los resultados, los trabajos de grado presentaron similitudes en la forma en que elaboraron sus propuestas y en el contenido de estas. Además de las herramientas ya mencionadas para mejorar tanto la eficiencia como la seguridad, varios autores se valieron de una o más de las siguientes técnicas para diseñar las

propuestas, manuales y SGSS: Ciclo Deming, Six Sigma o 5's y Matriz DOFA.

El Ciclo Deming o Ciclo PHVA es una herramienta de mejora continua que consta de 4 pasos. 1. Planear: Definir los objetivos y procedimientos para conseguir los resultados esperados. 2. Hacer: Todos los colaboradores implementan lo planeado para alcanzar el objetivo. 3. Verificar: Realizar el seguimiento y medir los resultados obtenidos. 4. Actuar: Tomar acciones correspondientes para mejora continua de los procesos (Guarín, 2014). Esta herramienta fue usada sin excepción en todas las tesis, ya que todas resaltaron la importancia de realizar procesos de mejora continua y usaron o sugirieron estos pasos como guía. Por otro lado, Six Sigma es una técnica usada para mejorar la calidad de los procesos y reducir la variabilidad en la producción de bienes y servicios, minimizando la cantidad de errores. La técnica hace uso del control estadístico, ya que mide, analiza información, emprende mejoras, controla procesos, rediseña productos o procesos, lo que permite reducir la variación, los defectos y los errores de todos los procesos, para así minimizar los costos e incrementar los márgenes de ganancia. Recibe el nombre de 6 S porque cada S hace referencia a un paso, los cuales traducidos al español son: Capacitación, Despejar, Restaurar, Ordenar, Estandarizar y Mejorar (Misiurek & Misiurek, 2018).

Six sigma fue usado también como técnica para contribuir a la mejora continua de las empresas en algunas de las tesis. En el estudio de Ramírez (2018) se usó como técnica de orden y limpieza; ya que por medio de la creación de hábitos y una cultura de orden y limpieza en el lugar de trabajo se pueden mejorar las condiciones de trabajo y la eficiencia. Por otro lado, la matriz DOFA, fue usada por dos artículos como parte del método diagnóstico durante el proceso de evaluación. A través de esta matriz se analizan las oportunidades y amenazas con enfoque externo (El entorno), que inciden o pueden incidir en la organización. Este análisis permite minimizar las amenazas o potencializar las oportunidades (Gómez y Barreto, 2020).

En cuanto al uso de tecnología en la industria y su impacto en la eficiencia y la seguridad en el trabajo, no fue posible determinarlo a partir de las tesis que se incluyeron en la Unidad de Análisis. No obstante, es bien sabido que el uso nuevas tecnologías han revolucionado el izaje de cargas y levantamiento mecánico, ya que las nuevas máquinas ofrecen capacidades de carga superiores y además se han creado sistema, robots y softwares de control de cargas avanzados que permiten un manejo más preciso y seguro de los objetos (Andziulis et al., 2016; Gopinath et al., 2018; Syed et al., 2022). La incorporación de sensores y sistemas de monitoreo en estas herramientas proporciona información en tiempo real sobre el estado de la carga y las condiciones de operación, lo que contribuye a reducir los riesgos de accidentes. Además, los softwares también permiten planificar y coordinar de forma más eficiente todas las operaciones. Al automatizar y optimizar estos procesos, se minimizan los tiempos de inactividad y se maximiza la productividad de los equipos de trabajo (Rensburg, Kamin & Davis, 2019; Andronas et al., 2023).

El uso de otras tecnologías como la realidad aumentada y la realidad virtual han demostrado utilidad en el entrenamiento de operadores en el levantamiento de cargas. Estas herramientas permiten simular escenarios de trabajo en entornos virtuales, lo proporciona una experiencia práctica sin los riesgos ni costos asociados. Este tipo de herramientas permiten a los operarios adquirir habilidades y conocimientos antes de enfrentarse a situaciones reales, lo cual reduce la posibilidad de errores y accidentes. De forma similar, el uso de sistemas de automatización y robotización en el levantamiento mecánico de cargas ha mejorado también la eficiencia y seguridad en este trabajo, ya que pueden realizar tareas repetitivas y pesadas de forma precisa y constante, evitando el trabajo de personas en

situaciones de alto riesgo (Brogardh, 2007; Rahman & Ikeura, 2012; Lixia et al., 2021; Colgate, Wannasuphprasit, & Peshkin, 2006), así como pueden ayudar a detectar daños o fallas en los equipos mecánicos de forma más rápida (Bangert, 2019). Todas estas ayudas tecnológicas no sólo reducen los accidentes laborales, sino que también aumentan la productividad al permitir que los trabajadores pueden realizar otras tareas más complejas y estratégicas (Bigliani, 2013).

Finalmente, es importante destacar el bajo número de trabajos de grado publicados al respecto en el país y resaltar la necesidad de seguir investigando sobre el tema, ya que es un sector que implica un alto grado de responsabilidad y que tiene una importancia vital en diferentes sectores económicos, sin embargo, como se observó en los estudios, estas empresas no necesariamente cuentan con SGSS, políticas de seguridad, manuales de procesos y perfiles detallados, por lo que es importante demostrar la importancia y el impacto que tienen estas herramientas, con el fin de que más empresas decidan certificarse y desarrollar todas las actividades y sugerencias que se han descrito a lo largo del documento para obtener todos los beneficios que conlleva a largo plazo. Se sugiere continuar una línea de investigación con las empresas de estos estudios que adoptaron las propuestas para poder determinar con precisión cuál fue el impacto en aspectos puntuales como: reducción de costos, reducción de accidentes, optimización del tiempo, entre otros valores de interés y utilidad. Además, otra línea de investigación puede estar enfocada específicamente en el uso de la tecnología y su impacto en la eficiencia ya que la investigación al respecto es aún más escasa.

CONCLUSIONES

A través de la presente revisión fue posible agrupar las herramientas de mejora propuestas por las 5 tesis para empresas de izaje de carga en Colombia en dos grupos: *Herramientas para mejora de eficiencia* y *Herramientas para mejora de seguridad*. Se destaca el uso de la evaluación detallada de los procesos para identificar problemas y plantear mejoras, la adopción de normas y estándares nacionales e internacionales para sistemas de gestión y salud y seguridad en el trabajo, y además, es importante enfatizar que todos los autores de las tesis recalcaron la importancia de capacitar y entrenar constantemente al personal, así como de tener procesos que aseguren una mejora continua, para lo cual varios autores sugirieron usar la técnica del Ciclo Deming.

Adoptar SGSS y conseguir certificaciones ISO y OSHAS, contribuye ampliamente a tener manuales, procesos detallados, guías y a cumplir con lineamientos básicos constantemente para asegurar la calidad, eficiencia y seguridad, por lo que contar con esto no sólo contribuye a disminuir accidentes sino que trae otros múltiples beneficios como: mejorar posicionamiento en el mercado, atraer a nuevos clientes, incrementar la motivación de los trabajadores, mejorar las condiciones laborales y el entorno laboral, entre otros, lo cual representa ventajas competitivas frente a las demás empresas.

Por último, es importante resaltar que las herramientas de mejora acá mencionadas si bien contribuyen a optimizar los procesos, disminuir accidentes, atraer a nuevos clientes, posicionarse en el mercado, desarrollar procesos de mejora continua, entre otras ventajas,

pueden ser apoyadas por herramientas tecnológicas como robots, softwares y realidad virtual que también optimizan los procesos, ya que disminuyen tiempos, errores, y accidentes, y facilitan en general el proceso de izaje de cargas. Por lo tanto, el campo de investigación y aplicación de este tipo de herramientas y tecnologías es amplio y se debe continuar investigando y usando en las empresas con el fin de mejorar la eficiencia y la seguridad de los trabajadores y las empresas, ya que la información en el país es escasa.

REFERENCIAS

Ampuero, H. (2018). Mejorar la eficiencia del proceso de certificación de equipos de isaje en la empresa SGS del Perú S.A.C. Universidad Tecnológica del Perú.

Andronas, D., Kampouris, E., Papadopoulos, G., Bakopoulou, K., Stylianos, P., Michalos, J., & Makris, S. (2023). Towards seamless collaboration of humans and high-payload robots: An automotive case study. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 83, 102 - 125. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2023.102544>

Andziulis, A., Eglynas, T., Senulis, A., Bogdevicius, M., & Jusic, M. Multibody dynamic simulation and transient analysis of quay crane spreader and lifting mechanism. *Advances in Mechanical Engineering*. <https://doi-org.biblio.uptc.edu.co/10.1177/168781401667080>

Arias, A. B., Cárdenas, M.M., Matute, A. M. (2022). Propuesta diseño, manual de procedimientos seguro para izaje de cargas en Multigrúas del Cesar. Universidad ECCI.

Atencia, J. (2019). Caracterización de las condiciones de trabajo y salud en los operarios de equipos de izaje de cargas en el área de la construcción. Universidad Metropolitana de Educación, Ciencia y Tecnología.

Bangert, P. (2019). Predicting and Detecting Equipment Malfunctions using Machine Learning. *OnePetro*. <https://doi.org/10.2118/195149-MS>

Beltrán, O. Revisiones sistemáticas de la literatura. (2005). *Rev Col Gastroenterol*, 20(1): 60-69. <https://bit.ly/311Pw40>

Bigliani, R. (2013). Reducing risk in oil and gas operations. *IDC Energy Insights*, 1-15.

Brogardh, T. (2007). Present and future robot control development—An industrial perspective. *Annual Reviews in Control*, 31(1), 69-79.

Castilla, M., y Sotelo, K. (2019). Propuesta de un manual de prevención y seguridad en la operación de maquinaria pesada. Universidad ECCI.

Colgate, J.E., Wannasuphprasit, W., & Peshkin, M.A. (2006). Cobots: robots for collaboration with human operators. Northwestern University.

El Economista América. (2023). Empresas de Izaje en Colombia. [En línea]. <https://empresite.eleconomistaamerica.co/Actividad/IZAJES/>

Syed, F. I., Alshamsi, M., Dahaghi, A., & Neghabhan, S. (2022). Artificial lift system optimization using machine learning applications. *Petroleum*, 8(2), 219-226. <https://doi.org/10.1016/j.petlm.2020.08.003>

Gómez, F., y Barreto, W. (2020). Propuesta para el mejoramiento en cuanto a la trazabilidad de la carga, en la empresa Vía logística integral S.A.S. Universidad Antonio Nariño.

Gopinath, V., Ore, F., Grahn, S., & Johansen, K. (2018). Safety-Focussed Design of Collaborative Assembly Station with Large Industrial Robots. *Procedia Manufacturing*, 25, 503-510.

Guarin, O. (2014). Propuesta para la estructuración del sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional, con base a la norma ohsas 18001: 2007 para una empresa de izaje y transporte de cargas de equipos

petroleros. Pontificia Universidad Javeriana.

Instituto de Seguridad Minera [ISEM]. (2017). 3 causas principales de los accidentes en el izaje de carga. <http://bit.ly/46kFyjH>

Lixia, F., Wang, T., Shen, Y., Wang, P., & Wu, M. (2021). Parallel collaborative planning for the coupled system of underground heavy-load robot. *Advances in Mechanical Engineering*. <https://doi-org.biblio.uptc.edu.co/10.1177/16878140211005969>

Llorca, J. A., Gutierrez, J. E., y Villar, L. M. (2016). Plan de seguridad en cargas suspendidas para reducir los indices de accidentabilidad en la Planta de Laminación Largos. SIDERPERÚ S.A.A. Universidad César Vallejo.

Mendoza, C. (2019). Diseño de un plan de seguridad y salud ocupacional para prevenir accidentes laborales en la empresa San Martin Contratistas Generales S.A. tembladera - Cajamarca. Universidad Señor de Sipán.

Misiurek, K., & Misiurek, B. (2018). *Improvement of the safety and quality of a workplace in the area of the construction industry with the use of the 6S system. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 1–11.* doi:10.1080/10803548.2018.1510564

Organización Internacional de Normalización [ISO]. (1987). *Sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo.*

Pérez, O. A. (2019). Optimización de procesos para la planeación y ejecución del mantenimiento en equipos especializados para el transporte y el izaje de cargas a nivel nacional. Universidad Militar Nueva Granada.

Rahman, S. M., & Ikeura, R. (2012). Weight-perception-based novel control of a power-assist robot for the cooperative lifting of light-weight objects. *International Journal of Advances Robotic Systems*. <https://doi-org.biblio.uptc.edu.co/10.5772/50894>

Rensburg, N., Kamin, L., & Davis, S. (2019). *Using Machine Learning-Based Predictive Models to Enable Preventative Maintenance and Prevent ESP Downtime. ADIPEC.* <https://doi.org/10.2118/197146-MS>

Resolución 2400 de 1979. Disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo. Ministerio de trabajo y seguridad social de Colombia.

Resolución 2413 de 1979. Reglamento de higiene y seguridad para la industria de la construcción. Ministerio de trabajo y seguridad social de Colombia.

Ruda, R. R. (2015). *Elaboración de un manual de operación para izaje de carga de la empresa Colombia Crane & Service. UPTC.*

Salud Ocupacional y Series de Evaluación de la Seguridad [OSHAS]. (1999). *Guías de procedimientos de seguridad y salud ocupacional.*

Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos. [ASME]. (2001). *Criterios generales sobre actividades ligadas al manejo de cargas.*