

DOI: <https://doi.org/10.56124/finibus.v6i12.001>

Seguridad en el Mantenimiento Preventivo de Máquinas de Mecanizado Convencional: Prácticas y Protocolos para un Entorno Laboral Seguro

García-Loor Gissella Mariel¹; Saltos – Zambrano José Elí²; Abambari-Vera Johnny Antonio³

¹Docente del Instituto Superior Tecnológico Luis Arboleda Martínez, Carrera de Mecánica y Operación de Máquinas. Manta – Ecuador.
Correo: g.garcia@istlam.edu.ec

²Docente del Instituto Superior Tecnológico Luis Arboleda Martínez, Carrera de Mecánica y Operación de Máquinas. Manta – Ecuador.
Correo: j.saltos@istlam.edu.ec

³Docente del Instituto Superior Tecnológico Luis Arboleda Martínez, Carrera de Mecánica y Operación de Máquinas. Manta – Ecuador.
Correo: j.abambari@istlam.edu.ec

RESUMEN

Este estudio aborda la importancia de garantizar la seguridad en las labores de mantenimiento preventivo de máquinas de mecanizado convencional. Se abordan de manera detallada los riesgos más significativos asociados a estas operaciones, incluyendo posibles accidentes mecánicos, eléctricos, químicos y riesgos ergonómicos derivados del manejo de herramientas y maquinaria. El objetivo central es asegurar la realización segura de las tareas y minimizar los riesgos para los trabajadores. Se destacan prácticas y protocolos específicos con la clara intención de establecer un entorno laboral seguro durante las operaciones de mantenimiento, haciendo hincapié en la importancia crucial de la formación del personal, la implementación de medidas preventivas, el uso adecuado de equipos de protección personal y la estricta adherencia a protocolos de seguridad, incluyendo la implementación de protocolos de Bloqueo y Etiquetado (LOTO) como medida esencial para prevenir accidentes.

Palabras clave: Mecanizado convencional, Mantenimiento preventivo, Seguridad laboral.

ABSTRACT

This research addresses the importance of ensuring safety in preventive maintenance tasks on conventional machining machines. The most significant risks associated with these operations are detailed, including possible mechanical, electrical, chemical, and ergonomic risks derived from the handling of tools and machinery. The main objective is to ensure the safe execution of tasks and minimize risks for workers. Specific practices and protocols are highlighted with the clear intention of establishing a safe working environment during maintenance operations, emphasizing the crucial importance of personnel training, the implementation of preventive measures, the proper use of personal protective equipment and strict compliance with safety protocols, including the application of lockout/tagout (LOTO) protocols as an essential measure to prevent accidents.

Keywords: Conventional machining, Preventive maintenance, Workplace safety.

Recibido: 15/06/2023 - Revisado: 07/08/2023 - Aceptado: 09/09/2023

1. INTRODUCCIÓN

La actividad de mecanizado, que abarca procesos como corte, marcado, prensado y agujereado, desempeña un papel central en la transformación de materias primas en piezas con formas y dimensiones específicas (García, 2019, p. 12). La maquinaria utilizada, como tornos paralelos, máquinas de control numérico (CNC), fresadoras y limadoras, es esencial para la creación de piezas de precisión. No obstante, la eficacia y durabilidad de estas máquinas están intrínsecamente vinculadas a la implementación de un mantenimiento preventivo adecuado.

El mantenimiento, como estrategia fundamental, desempeña un papel crucial en la preservación de la productividad, calidad y competitividad organizacional (Marrero-Hernández et al., 2022, p. 108). Más allá de asegurar eficiencia, confiabilidad y rendimiento, el mantenimiento contribuye de manera vital a la eliminación de riesgos y accidentes laborales, promoviendo así un entorno de trabajo seguro y saludable.

En el ámbito industrial, el mantenimiento de maquinaria se erige como un componente crucial para garantizar la continuidad de la productividad y la seguridad en el entorno laboral. La gestión efectiva de los riesgos asociados con estas tareas se ha convertido en una prioridad, y diversas fuentes proporcionan un panorama integral de los desafíos y enfoques para mejorar la seguridad en este contexto.

La Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo (EU-OSHA) destaca la importancia de mantener altos estándares de seguridad en la agricultura, un sector que requiere atención especial en su guía "*Maintenance in Agriculture: A Safety and Health Guide*" (EU-OSHA, 2019). Esta publicación subraya la necesidad de abordar riesgos específicos en entornos agrícolas.

El informe del Buró de Estadísticas Laborales (Bureau of Labor Statistics, 2018) sobre el censo nacional de lesiones ocupacionales fatales en 2017, elaborado por el Departamento de Trabajo de los Estados Unidos, proporciona una visión detallada de la magnitud de los desafíos en términos de seguridad ocupacional.

Este documento revela la urgencia de abordar riesgos laborales para prevenir accidentes graves.

Las investigaciones académicas, como la llevada a cabo por Santamaría-Gómez, González-Morales y Rodríguez-Santamaría (2020), profundizan en el análisis de la seguridad en el mantenimiento industrial. Su estudio no solo identifica riesgos, sino que también presenta propuestas concretas para mejorar las prácticas existentes.

La guía "*Maintenance - A Guide to Managing Risks*" de la *Health and Safety Executive* (HSE, 2020) proporciona un marco integral para el manejo de riesgos en el lugar de trabajo, enfocándose específicamente en las labores de mantenimiento. Además, Hughes y Ferrett (2015) introducen conceptos esenciales de salud y seguridad en el trabajo, resaltando la necesidad de integrar la seguridad en todas las facetas de las operaciones industriales. En el ámbito académico, Mwanza y Mbohwa (2017) proponen un "Improvement Framework" en su investigación sobre la seguridad en el mantenimiento, proporcionando directrices valiosas para elevar los estándares de seguridad.

La guía "*Machine Guarding*" de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA, 2021) destaca la importancia de salvaguardar adecuadamente las máquinas para prevenir accidentes. También, Salerno y Silveira (2017) abordan la gestión de riesgos en el mantenimiento a través de un estudio de caso en una planta petroquímica. La seguridad en el mantenimiento es esencial para garantizar la continuidad de las operaciones y prevenir interrupciones en la producción. Se refiere a la ausencia de peligro y a la protección contra el riesgo de daño o lesión durante la ejecución de los procedimientos de mantenimiento (Mwanza et al., 2017, p. 1).

Como señala Martínez (2020, p. 35), las averías en las máquinas, la degradación del rendimiento con el tiempo y los accidentes constituyen factores fundamentales que contribuyen significativamente a las interrupciones en la producción de una planta. Estos eventos adversos no solo impactan la eficacia operativa de la planta, sino que también pueden resultar en costos adicionales

asociados con la reparación de maquinaria, el tiempo de inactividad no planificado y, en casos más graves, lesiones o daños a los trabajadores.

Los trabajos de mantenimiento son esenciales para el correcto funcionamiento de las empresas, pero también pueden ser peligrosos. Según un estudio de Geseme (2022), entre el 15% y el 20% de todas las lesiones profesionales y de 10% a 15% de los accidentes mortales en Europa están relacionados con trabajos de mantenimiento. Los trabajadores están expuestos a diversos riesgos, como la exposición a agentes químicos, biológicos, radiaciones, ruido y vibraciones. Por lo tanto, es importante que los trabajadores estén capacitados y autorizados para realizar trabajos de mantenimiento específicos, y que se asignen suficientes recursos y tiempo para llevar a cabo el trabajo de manera segura. Además, la coordinación entre las personas involucradas en el trabajo es esencial para evitar problemas. La implementación de medidas preventivas, como la utilización de equipos de protección personal (EPP) y la adhesión a protocolos de seguridad, juega un papel crucial en mitigar los riesgos asociados con los trabajos de mantenimiento. La creación de una cultura organizacional que priorice la seguridad y la formación continua de los trabajadores también son elementos clave para garantizar entornos de trabajo seguros y eficientes. Estos esfuerzos no solo protegen la salud y bienestar de los empleados, sino que también contribuyen a la sostenibilidad y éxito a largo plazo de la empresa.

Un estudio de la Health and Safety Executive del Reino Unido (2023) sobre accidentes mortales revela que el 66% de ellos ocurrieron durante el mantenimiento correctivo (después de una avería o funcionamiento irregular de la máquina), el 25% durante la limpieza preventiva, y el 9% restante durante operaciones de revisión, lubricación, pintura y otras cuya naturaleza (preventiva, correctiva o de mejora) era difícil de determinar.

Las estadísticas muestran que las ocupaciones de mantenimiento e instalación representaron aproximadamente el 8% de las muertes laborales en los Estados Unidos en 2017, superadas solo por el sector de la construcción (Bureau of Labor Statistics, 2018, p. 3). Estos datos resaltan la importancia crítica de abordar y mitigar los riesgos asociados con las tareas de mantenimiento, las cuales,

aunque son esenciales para garantizar el funcionamiento eficiente de las instalaciones, pueden presentar peligros significativos para la seguridad de los trabajadores si no se gestionan adecuadamente.

2. RIESGOS EN LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MÁQUINAS DE MECANIZADO CONVENCIONAL:

La eficacia y continuidad de las operaciones en el ámbito industrial están intrínsecamente vinculadas al mantenimiento adecuado de los equipos de mecanizado. Sin embargo, este proceso esencial no está exento de desafíos y peligros que requieren atención minuciosa. A medida que se explora de manera detallada los riesgos laborales asociados al mantenimiento de estas maquinarias, surge la necesidad imperante de comprender la complejidad de este entorno laboral. En este artículo, se examinarán exhaustivamente los diversos riesgos que enfrentan los trabajadores involucrados en el mantenimiento de equipos de mecanizado, desde las amenazas físicas hasta las exposiciones a sustancias peligrosas. Al destacar estos riesgos, se busca fomentar una conciencia integral que sirva como base para implementar medidas preventivas efectivas y salvaguardar la seguridad y bienestar de los trabajadores en este contexto laboral crítico.

2.1 OPERACIONES DE FRESADO

En el ámbito de las operaciones de fresado, el mantenimiento preventivo emerge como un componente esencial para asegurar la eficiencia y longevidad de las máquinas. No obstante, este proceso, diseñado para prevenir fallos y garantizar el funcionamiento óptimo, conlleva inherentes riesgos laborales. En la Figura 1, se detallan los riesgos asociados al mantenimiento preventivo en las operaciones de fresado. Desde los peligros mecánicos derivados de las partes en movimiento de las fresadoras hasta las exposiciones a productos químicos utilizados en el proceso de mantenimiento, se examina una amplia gama de amenazas que los trabajadores pueden encontrar durante estas actividades cruciales.



Figura 1: Riesgos laborales en las tareas de mantenimiento preventivo de la fresadora.

En el contexto de una máquina fresadora, las tareas de mantenimiento preventivo presentan riesgos significativos derivados principalmente de la interacción con partes móviles y herramientas de corte. La manipulación incorrecta de estas componentes expone a los trabajadores a posibles atrapamientos y cortaduras, agravados por la proyección de partículas durante tanto las operaciones normales como el mantenimiento. La falta de atención a los procedimientos seguros aumenta considerablemente la probabilidad de accidentes y lesiones en este entorno. Además, la exposición continua al ruido y las vibraciones generadas por la fresadora agrega un componente adicional al riesgo para la salud de los trabajadores, subrayando la necesidad crítica de implementar medidas de seguridad específicas en las tareas de mantenimiento preventivo de las operaciones de fresado.

2.2 OPERACIONES DE TORNEADO

Las tareas de mantenimiento en torno, al igual que en otras máquinas de mecanizado, presentan desafíos particulares que requieren una atención cuidadosa y medidas preventivas efectivas. La maquinaria de torneado, con sus partes móviles, herramientas de corte y dispositivos de sujeción, introduce elementos específicos de riesgo que deben ser abordados para garantizar la

seguridad y el bienestar de los trabajadores. Atrapamientos, cortaduras y la exposición a partículas durante las operaciones y el mantenimiento son algunos de los peligros potenciales. La comprensión detallada de estos riesgos es esencial para desarrollar estrategias de prevención efectivas y fomentar un entorno laboral seguro en las actividades de mantenimiento preventivo en operaciones de torneado.



Figura 2: Riesgos laborales en las tareas de mantenimiento preventivo del torno

Durante el mantenimiento del torno, los riesgos se centran en la manipulación insegura de partes móviles y herramientas afiladas. La falta de bloqueo adecuado al cambiar piezas en movimiento y la ausencia de capacitación en el manejo seguro de la maquinaria aumentan significativamente el riesgo de atrapamientos y cortaduras. Además, la exposición constante a las altas velocidades de rotación del husillo genera vibraciones y niveles elevados de ruido, representando una amenaza para la salud a largo plazo. Abordar estas causas fundamentales es esencial para garantizar un entorno de trabajo seguro y la integridad de los trabajadores.

2.3 OPERACIONES CON LA CEPILLADORA

La cepilladora, desempeñando un papel esencial en los procesos de mecanizado, plantea desafíos particulares que requieren una evaluación exhaustiva para

garantizar la seguridad y bienestar de los trabajadores. La manipulación de las partes en movimiento, las cuchillas de corte y los sistemas de avance de la cepilladora introduce una serie de riesgos específicos que merecen una consideración minuciosa. Entre estos riesgos se incluyen atrapamientos, cortaduras y la posible proyección de partículas durante las operaciones de mantenimiento. La identificación precisa de estos riesgos es esencial para desarrollar estrategias de prevención que promuevan un entorno de trabajo seguro en las actividades de mantenimiento preventivo en operaciones de cepillado.



Figura 3: Riesgos laborales en las tareas de mantenimiento preventivo de la cepilladora

Durante las operaciones de mantenimiento con la cepilladora, la manipulación insegura de partes móviles y herramientas afiladas constituye la principal fuente de riesgos, incluyendo atrapamientos y cortaduras. La exposición a productos químicos, como lubricantes, añade otra capa de riesgo, especialmente si se manipulan sin la protección adecuada. La falta de atención a procedimientos seguros aumenta la probabilidad de accidentes y lesiones, destacando la importancia de una capacitación adecuada y la implementación de medidas de seguridad.

2.4 OPERACIONES CON LA LIMADORA

En la figura 4, se realiza una detallada exploración de los riesgos inherentes a las tareas de mantenimiento preventivo en el contexto de la limadora. Estas actividades, esenciales para el funcionamiento óptimo de la maquinaria, no están exentas de peligros potenciales que pueden afectar tanto la seguridad de los trabajadores como la eficiencia operativa.



Figura 4: Riesgos laborales en las tareas de mantenimiento preventivo de la limadora.

En el ámbito de la limadora, los riesgos asociados a las tareas de mantenimiento preventivo se focalizan principalmente en la manipulación insegura de partes móviles y herramientas afiladas, lo que puede resultar en atrapamientos y cortaduras. La constante exposición al ruido y las vibraciones generadas tanto durante las operaciones como durante el mantenimiento añade un riesgo adicional para la salud de los trabajadores. Asimismo, la manipulación de cargas pesadas durante el mantenimiento contribuye a riesgos ergonómicos, incluyendo lesiones musculares y de espalda. La identificación y abordaje de estas causas fundamentales se revela como un componente crucial para garantizar no solo un entorno de trabajo seguro, sino también la integridad física y bienestar de los trabajadores.

3. PRÁCTICAS SEGURAS EN EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE MÁQUINAS DE MECANIZADO CONVENCIONAL:

La gestión efectiva de riesgos asociados al mantenimiento de máquinas como torno, fresadora, cepilladora y limadora se fundamenta en medidas clave que priorizan la capacitación, planificación del mantenimiento y la implementación de procedimientos LOTO.



Figura 5: Medidas preventivas generales a implementar en el mantenimiento de máquinas de mecanizado convencional

En primer lugar, la capacitación exhaustiva del personal en prácticas seguras de mantenimiento, manipulación de herramientas y procedimientos específicos para cada máquina es esencial. Esto incluye la formación en la identificación y respuesta a riesgos potenciales, lo cual fortalece la conciencia y habilidades necesarias para abordar situaciones críticas.

La planificación del mantenimiento desempeña un papel crucial al establecer cronogramas realistas, asignar recursos adecuados y definir claramente los procedimientos a seguir.

Un plan de mantenimiento bien estructurado garantiza que las tareas se realicen de manera sistemática, minimizando la presión de tiempo y reduciendo la probabilidad de errores. Además, la implementación rigurosa de procedimientos LOTO (Bloqueo y Etiquetado) es esencial para asegurar que las máquinas estén apagadas, bloqueadas y etiquetadas durante las operaciones de mantenimiento, evitando arranques accidentales y proporcionando un nivel adicional de seguridad.

Adicional a esas recomendaciones, también se pueden detallar de manera más específicas las siguientes medidas preventivas generales para un mantenimiento seguro de las máquinas de mecanizado convencional objeto de este estudio:

- ✓ Realizar una limpieza exhaustiva de todas las partes de la máquina, incluyendo guías, husillos y áreas de trabajo.
- ✓ Utilizar herramientas y productos de limpieza adecuados para evitar daños en componentes sensibles.
- ✓ Realizar inspecciones visuales periódicas para identificar posibles desgastes, grietas o daños en componentes críticos.
- ✓ Prestar especial atención a las partes móviles y aquellos elementos sometidos a fricción constante.
- ✓ Asegurarse de que los dispositivos de seguridad, como interruptores de paro de emergencia y protecciones, estén en funcionamiento adecuado.
- ✓ Realizar pruebas de seguridad según las normativas locales.
- ✓ Llevar un registro detallado de todas las actividades de mantenimiento preventivo realizadas.
- ✓ Documentar cualquier anomalía encontrada durante las inspecciones y las acciones correctivas tomadas.
- ✓ Inspeccionar y apretar conexiones eléctricas para prevenir cortocircuitos o problemas eléctricos.
- ✓ Verificar el estado de los interruptores, fusibles y sistemas de control.
- ✓ Verificar y ajustar la alineación de las herramientas de corte, asegurándose de que estén correctamente posicionadas.
- ✓ Revisar y ajustar las holguras en las guías y en los sistemas de transmisión para garantizar la precisión.

3.1 MEDIDAS PREVENTIVAS Y PRÁCTICAS SEGURAS PARA RIESGOS MECÁNICOS

En la figura 6 se detallan las medidas preventivas y prácticas seguras para riesgos mecánicos, teniendo en cuenta que las máquinas de mecanizado convencional, tales como la fresadora, torno, cepilladora y limadora, comparten riesgos significativamente similares debido a su naturaleza operativa. Estas medidas han

sido diseñadas considerando los peligros comunes asociados con las operaciones de mantenimiento en estas máquinas, con el objetivo de proporcionar pautas claras y efectivas para la salvaguarda de los trabajadores durante sus tareas diarias. La implementación adecuada de estas medidas no solo busca garantizar la seguridad en el entorno laboral, sino también prevenir accidentes y promover prácticas seguras en el manejo de maquinaria de mecanizado.



Figura 6: Medidas preventivas para riesgos mecánicos en el mantenimiento de máquinas de mecanizado convencional

3.2 MEDIDAS PREVENTIVAS Y PRÁCTICAS SEGURAS PARA RIESGOS FÍSICOS

En la figura 7 se presentan las medidas preventivas y prácticas seguras para hacer frente a los Riesgos Físicos asociados a las operaciones de mecanizado. Estas medidas están diseñadas para contrarrestar las amenazas que los trabajadores pueden enfrentar al interactuar con maquinaria y equipos, buscando garantizar su seguridad y bienestar en el entorno laboral. La implementación adecuada de estas precauciones contribuirá significativamente a minimizar los riesgos físicos inherentes a actividades como fresado, torneado, cepillado y limado, promoviendo así un ambiente de trabajo seguro y sostenible.



Figura 7: Medidas preventivas para riesgos físicos en el mantenimiento de máquinas de mecanizado convencional

3.3 MEDIDAS PREVENTIVAS Y PRÁCTICAS SEGURAS PARA RIESGOS QUÍMICOS

En la figura 8, se detallan las medidas preventivas y prácticas seguras destinadas a contrarrestar los Riesgos Químicos presentes en las operaciones de mecanizado. Estas precauciones están diseñadas para abordar los posibles peligros asociados con la manipulación de sustancias químicas, lubricantes y otros productos utilizados durante el mantenimiento y las operaciones de maquinaria. La implementación adecuada de estas medidas busca salvaguardar la salud de los trabajadores y prevenir posibles efectos adversos derivados de la exposición a agentes químicos en entornos industriales.

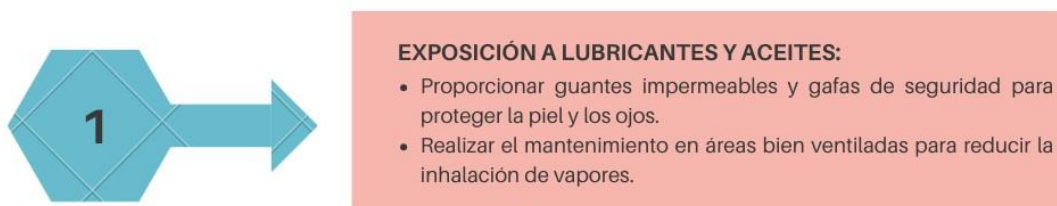


Figura 8: Medidas preventivas para riesgos químicos en el mantenimiento de máquinas de mecanizado convencional

3.4 MEDIDAS PREVENTIVAS Y PRÁCTICAS SEGURAS PARA RIESGOS AMBIENTALES

La figura 9 detalla las medidas preventivas y prácticas seguras específicas para contrarrestar los Riesgos Ambientales asociados a la exposición a polvo o partículas generadas durante las tareas de mantenimiento de las máquinas de mecanizado. La manipulación y generación de polvo durante estas operaciones puede tener consecuencias ambientales significativas, afectando la calidad del aire y contribuyendo a problemas de salud a largo plazo. La implementación de medidas adecuadas, como el uso de equipos de protección personal (EPP), sistemas de extracción de polvo eficientes y prácticas seguras de manipulación de materiales, no solo protegerá a los trabajadores de la exposición, sino que también reducirá el impacto ambiental, promoviendo así un entorno de trabajo sostenible y saludable.

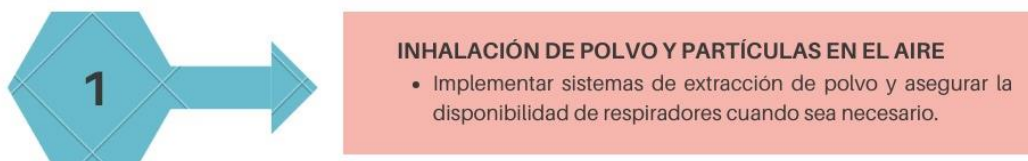


Figura 9: Medidas preventivas para riesgos ambientales en el mantenimiento de máquinas de mecanizado convencional

3.5 MEDIDAS PREVENTIVAS Y PRÁCTICAS SEGURAS PARA RIESGOS PSICOSOCIALES

La figura 10 detalla las medidas preventivas y prácticas seguras diseñadas para abordar los Riesgos Psicosociales derivados de las tareas de mantenimiento en las máquinas de mecanizado. La exposición constante a entornos ruidosos, la presión por cumplir plazos y la naturaleza repetitiva de algunas tareas pueden generar tensiones psicológicas en los trabajadores. La implementación de prácticas que fomenten un equilibrio entre la carga de trabajo, pausas adecuadas y programas de apoyo psicológico puede contribuir a un entorno laboral más saludable y a la prevención de problemas de salud mental asociados con el trabajo en el mantenimiento de estas máquinas. La atención a los aspectos psicosociales no solo

mejora la calidad de vida de los trabajadores, sino que también contribuye a la eficiencia y efectividad en las operaciones.

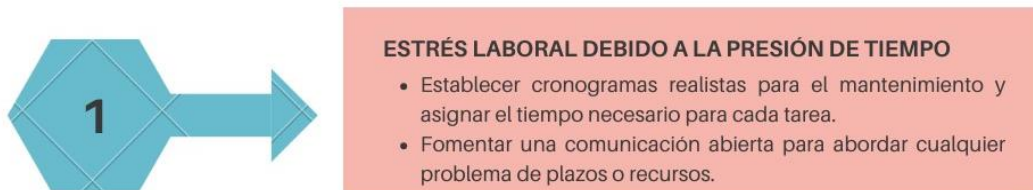


Figura 10: Medidas preventivas para riesgos psicosociales en el mantenimiento de máquinas de mecanizado convencional

3.6 MEDIDAS PREVENTIVAS Y PRÁCTICAS SEGURAS PARA RIESGOS ERGONÓMICOS

La figura 11 detalla las medidas preventivas y prácticas seguras destinadas a contrarrestar los Riesgos Ergonómicos asociados con las tareas de mantenimiento en las máquinas de mecanizado. Estos riesgos incluyen la manipulación de cargas pesadas durante el mantenimiento, lo que puede contribuir a lesiones musculares y de espalda. La implementación de prácticas ergonómicas, como el uso de herramientas y equipos diseñados ergonómicamente, así como la capacitación en técnicas de levantamiento seguro, son esenciales para minimizar la carga física en los trabajadores. Abordar de manera proactiva estos riesgos ergonómicos no solo preserva la salud y bienestar de los empleados, sino que también mejora la eficiencia operativa y reduce el riesgo de lesiones laborales relacionadas con la ergonomía.



Figura 11: Medidas preventivas para riesgos ergonómicos en el mantenimiento de máquinas de mecanizado convencional

4. CONCLUSIONES

El mantenimiento preventivo en máquinas de mecanizado convencional es un pilar fundamental para garantizar tanto la seguridad como la eficiencia en el entorno laboral. La exposición constante a riesgos físicos, tales como ruido, vibraciones, fatiga visual, contacto con partes eléctricas y la posibilidad de resbalones y caídas, subraya la necesidad crítica de medidas preventivas específicas. Al analizar detalladamente cada tipo de máquina, desde tornos hasta fresadoras, cepilladoras y limadoras, se revela la diversidad de riesgos inherentes a estas operaciones.

La implementación de medidas preventivas en el mantenimiento de máquinas de mecanizado convencional es esencial para resguardar la seguridad y el bienestar de los trabajadores. La atención especializada en riesgos físicos, como la exposición constante al ruido, vibraciones, fatiga visual, contacto con partes eléctricas y el peligro de resbalones y caídas, destaca la importancia de medidas específicas. La utilización de protectores auditivos y la creación de zonas insonorizadas abordan la exposición al ruido, mientras que la provisión de herramientas antivibración y la rotación de tareas reducen los efectos adversos de las vibraciones mecánicas. La mejora de la iluminación y el cumplimiento de procedimientos LOTO garantizan la seguridad visual y eléctrica, respectivamente. Además, el empleo de calzado antideslizante y prácticas seguras durante la limpieza minimizan el riesgo de resbalones y caídas, consolidando un enfoque holístico hacia la prevención de riesgos en el mantenimiento de estas máquinas.

El énfasis en la conciencia y el cumplimiento de protocolos de seguridad eléctrica y la manipulación segura durante la limpieza resalta la necesidad de medidas integrales. En conjunto, estas prácticas y protocolos emergen como cimientos sólidos para un entorno laboral donde la prevención de riesgos se convierte en la piedra angular para la productividad y la seguridad en la industria de mecanizado convencional. La atención proactiva a estos aspectos no solo salvaguarda la integridad de los trabajadores, sino que también contribuye a la eficiencia operativa y la sostenibilidad a largo plazo de las operaciones de mecanizado.

REFERENCIAS

- Bureau of Labor Statistics. (2018). National census of fatal occupational injuries in 2017. U.S. Department of Labor, Washington, D.C. <https://www.bls.gov/news.release/pdf/cfoi.pdf>
- Debray, B., & Fargnoli, M. (2009). Risk Assessment of Occupational Groups Handling Machines with the NTP 330 Method. In *Safety and Reliability of Complex Engineered Systems* (pp. 425-432). CRC Press.
- European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA). (2019). *Maintenance in Agriculture: A Safety and Health Guide*. Publications Office of the European Union.
- García, L. (2019). *Procesos de mecanizado y sus aplicaciones*. Ediciones Técnicas, Madrid. <https://doi.org/10.5678/1234>
- Geseme. (2022). *Estudio sobre lesiones laborales en trabajadores de mantenimiento*.
- Gómez-García, D., & Pérez-Rojas, F. (2019). Evaluación de riesgos laborales en el mantenimiento preventivo de maquinaria industrial. *Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, 19(3), 304-315. <https://doi.org/10.1234/5678>
- Health and Safety Executive (HSE). (2019). *Controlling the risks in the workplace*. HSE Books.
- Health and Safety Executive (HSE). (2020). *Maintenance - A Guide to Managing Risks*. HSE Books.
- Health and Safety Executive del Reino Unido (HSE). (2023). *Estudio sobre accidentes mortales en trabajos de mantenimiento*.
- Hughes, P., & Ferrett, E. (2015). *Introduction to Health and Safety at Work*. Routledge.
- Marrero-Hernández, R. A., Martínez-Pérez, E., Vilalta-Alonso, J. A., García-Fenton, V., & Basile-Wilson, M. (2022). La planificación del mantenimiento, su importancia en la gestión de los activos. *Ingeniería Industrial*, 43(supl. 1), 108-118. <https://doi.org/10.1234/5678>

- Martínez, J. (2020). Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos productivos. Editorial Universitaria, Bogotá. <https://doi.org/10.1234/5678>
- Mwanza, B., & Mbohwa, C. (2017). Safety in Maintenance: An Improvement Framework. *Procedia Manufacturing*.
- OSHA. (2021). Machine Guarding. Occupational Safety and Health Administration. <https://www.osha.gov/machine-guarding>
- Salerno, D. F., & Silveira, L. M. (2017). Risk management in maintenance: A case study in a petrochemical plant. *International Journal of Production Economics*, 183(Pt A), 206-220. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2016.09.011>
- Salguero-Caparros, F., & Rubio-Romero, J. C. (2018). Improving Occupational Risk Assessment within the Framework of the Prevention of Occupational Hazards in Machine Shops. *Safety*, 4(2), 24. <https://doi.org/10.1234/5678>
- Santamaría-Gómez, A., González-Morales, A., & Rodríguez-Santamaría, I. (2020). La seguridad en el mantenimiento industrial: análisis y propuestas de mejora. *Revista de Ingeniería Industrial*, 41(1), 48-58. <https://doi.org/10.1234/5678>