

**Reducción del índice de fallas en el proceso productivo de las MiPymes manufactureras de
Bucaramanga, mediante los sistemas de gestión de mantenimiento preventivo**

Yean Esneyder Aparicio Carreño

Asesor

Freddy Alfonso Herrera

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería - ECBTI

Programa Ingeniería Industrial

2025

Dedicatoria

Dedico este logro a quienes han sido mi fuente de inspiración y mi mayor motivación, a mi madre por su amor y sacrificio, a mi esposa por su apoyo y comprensión, y a mi hijo por ser mi razón para seguir adelante. Este logro es tan suyo como mío. La victoria es de los que se preparan.

Agradecimientos

Me siento profundamente satisfecho de haber alcanzado este logro académico, agradezco a mi familia por su apoyo incondicional y confianza en mi que han sido fundamentales para alcanzar este objetivo. También quiero agradecer a la institución por brindarme la oportunidad de crecer académicamente y profesionalmente, la calidad de la educación fue excelente, enfocada en brindar a la sociedad egresados con altos estándares competitivos laboralmente.

Resumen

Las micro, pequeñas y medianas empresas (MiPymes) a menudo, enfrentan múltiples desafíos en sus procesos productivos debido a fallas operativas que afectan su eficiencia, rentabilidad y competitividad. En este contexto, la propuesta de sistemas de gestión de mantenimiento preventivo se presenta como una estrategia clave para reducir el índice de fallas y optimizar la continuidad operativa. Por lo anterior, en esta monografía se analizará el impacto del mantenimiento preventivo en la reducción de fallas productivas en las MiPymes manufactureras de Bucaramanga, mediante los sistemas de gestión de mantenimiento preventivo, identificando las principales causas de interrupciones en la producción y evaluando los beneficios de una gestión estructurada del mantenimiento. A través de una revisión de literatura y estudios de caso, se examinan las mejores prácticas, acciones y herramientas usadas en el mantenimiento preventivo, así como los desafíos que enfrentan las MiPymes en su implementación. Los resultados de este estudio resaltarán la importancia de adoptar o no enfoques preventivos en la gestión del mantenimiento para minimizar tiempos de inactividad, reducir costos por fallas imprevistas y mejorar la eficiencia operativa. Finalmente, se proponen estrategias de optimización basadas en el mantenimiento preventivo, adaptadas a las capacidades y necesidades específicas de las MiPymes, para contribuir a su sostenibilidad y crecimiento en el mercado.

Palabras clave: Eficiencia, Fallas, Mantenimiento, MiPymes, Prevención.

Abstract

Micro, small, and medium-sized enterprises (MSMEs) often face multiple challenges in their production processes due to operational failures that affect their efficiency, profitability, and competitiveness. In this context, the proposal for preventive maintenance management systems is presented as a key strategy to reduce the failure rate and optimize operational continuity.

Therefore, this monograph will analyze the impact of preventive maintenance on reducing production failures in manufacturing MSMEs in Bucaramanga through preventive maintenance management systems, identifying the main causes of production interruptions and evaluating the benefits of structured maintenance management. Through a literature review and case studies, the best practices, actions, and tools used in preventive maintenance are examined, as well as the challenges MSMEs face in their implementation. The results of this study will highlight the importance of adopting preventive approaches in maintenance management to minimize downtime, reduce costs due to unforeseen failures, and improve operational efficiency. Finally, optimization strategies based on preventive maintenance, tailored to the specific capabilities and needs of MSMEs, are proposed to contribute to their sustainability and growth in the market.

Keywords: Efficiency, Failures, Maintenance, SMEs, Prevention.

Tabla de Contenido

| | |
|---|----|
| Introducción | 11 |
| Justificación | 13 |
| Objetivos..... | 15 |
| Objetivo General..... | 15 |
| Objetivos Específicos | 15 |
| Marcos Referenciales..... | 16 |
| Antecedentes..... | 16 |
| Marco Teórico | 17 |
| Teoría del Mantenimiento Productivo Total (TPM - Total Productive Maintenance)..... | 17 |
| Teoría del Ciclo de Vida del Activo | 20 |
| Teoría del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)..... | 20 |
| Producción Lean en el Mantenimiento Preventivo..... | 22 |
| Marco Legal..... | 25 |
| Leyes Internacionales | 25 |
| Leyes Nacionales | 26 |
| Marco Conceptual..... | 27 |
| Metodología Propuesta | 30 |
| Tipo, Enfoque y Diseño de Investigación | 30 |
| Método de la Investigación..... | 30 |
| Población y Tamaño de la Muestra | 31 |
| Fuentes de Información | 33 |
| Instrumentos de Recolección de Datos..... | 33 |

| | |
|---|----|
| Resultados | 39 |
| Causas de las Fallas en el Proceso Productivo de la Industria Manufacturera de Bucaramanga y su Impacto en la Eficiencia y Rentabilidad Empresarial. | 39 |
| Ventajas y Desafíos de la Implementación de los Sistemas de Gestión de Mantenimiento Preventivo en MiPymes..... | 56 |
| Plan de Estrategias de Mejora Basadas en el Mantenimiento Preventivo para Optimizar los Procesos Productivos y Reducir la Frecuencia de Fallas en las Mipymes | 58 |
| Conclusiones..... | 64 |
| Recomendaciones | 66 |
| Referencias Bibliográficas | 68 |
| Apéndices..... | 74 |

Lista de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 <i>Alcance del TPM</i> | 18 |
| Figura 2 <i>Ciclo de trabajo del mantenimiento</i> | 19 |
| Figura 3 <i>Metodología de RCM ampliada</i> | 21 |
| Figura 4 <i>Cantidad de empresas manufactureras en la ciudad de Bucaramanga</i> | 31 |
| Figura 5 <i>Formula estadística para definir la muestra</i> | 32 |
| Figura 6 <i>Tamaño empresarial de las empresas encuestadas</i> | 44 |
| Figura 7 <i>Años de operación de las empresas</i> | 45 |
| Figura 8 <i>Clasificación del subsector manufacturero de las empresas</i> | 46 |
| Figura 9 <i>Cantidad de empresas con maquinarias y equipos industriales</i> | 46 |
| Figura 10 <i>Frecuencia en que se presentan fallas de maquinaria</i> | 47 |
| Figura 11 <i>Tipos de mantenimientos más aplicados</i> | 48 |
| Figura 12 <i>Plan formal de mantenimiento preventivo</i> | 48 |
| Figura 13 <i>Frecuencia para las actividades de mantenimiento preventivo</i> | 49 |
| Figura 14 <i>Empresas que ejecutan el mantenimiento</i> | 50 |
| Figura 15 <i>Registros de las actividades de mantenimiento</i> | 50 |
| Figura 16 <i>Percepción del mantenimiento preventivo en la reducción de fallas</i> | 51 |
| Figura 17 <i>Impacto del mantenimiento preventivo</i> | 52 |
| Figura 18 <i>Interés de los empresarios por fortalecer su sistema de mantenimiento</i> | 53 |

Lista de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1 <i>Validación del cuestionario por expertos</i> | 38 |
| Tabla 2 <i>Revisión de literatura y hallazgos</i> | 39 |
| Tabla 3 <i>Clasificación de ventajas y desafíos de la implementación de los sistemas de gestión de mantenimiento preventivo en MiPymes</i> | 56 |
| Tabla 4 <i>Plan de estrategias de mejora basadas en mantenimiento preventivo</i> | 58 |
| Tabla 5 <i>Indicadores de gestión del mantenimiento preventivo</i> | 61 |

Lista de Apéndices

| | |
|--|----|
| Apéndice A <i>Reporte Empresarial de Empresas Encuestadas</i> | 74 |
|--|----|

Introducción

Las micro, pequeñas y medianas empresas (MiPymes) desempeñan un papel determinante en la economía nacional por su alta participación en la generación de empleo y su contribución a la productividad de los sectores industriales. Sin embargo, enfrentan limitaciones estructurales que afectan su capacidad operativa, entre ellas una alta incidencia de fallas en los procesos productivos derivadas de la ausencia de mantenimiento preventivo en equipos e instalaciones (Silva, 2020, p.11).

Diversos autores coinciden en que una gestión efectiva del mantenimiento, especialmente de tipo preventivo, es esencial para reducir tiempos de inactividad, aumentar la disponibilidad de equipos y garantizar la continuidad de las operaciones (Vásquez, 2024, p.2). Modelos como el Mantenimiento Productivo Total (TPM), el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) y el enfoque Lean han demostrado eficacia en distintos entornos industriales (Fernández y Hernández, 2022, p.7). No obstante, su implementación en las MiPymes continúa siendo un desafío debido a limitaciones financieras, tecnológicas y de personal.

A pesar de la evidencia sobre los beneficios del mantenimiento preventivo, existen pocos estudios que analicen su impacto en las MiPymes manufactureras de Bucaramanga, considerando sus condiciones operativas y económicas. En este contexto, el presente trabajo aporta al conocimiento del tema al identificar las causas más frecuentes de fallas, evaluar las prácticas de mantenimiento y proponer estrategias de mejora adaptadas a la realidad de estas empresas.

Por tanto, la investigación tiene como propósito central analizar la gestión del mantenimiento preventivo en las MiPymes manufactureras de Bucaramanga, con el fin de establecer su incidencia en la reducción de fallas productivas y la mejora de la eficiencia operativa. Para cumplir este objetivo general, se plantearon metas específicas orientadas a

diagnosticar las condiciones actuales de mantenimiento, identificar las principales limitaciones en su aplicación y proponer estrategias viables que contribuyan al fortalecimiento de su sostenibilidad y competitividad.

Justificación

La presente monografía surge de la necesidad de fortalecer la eficiencia operativa de las MiPymes manufactureras de Bucaramanga, las cuales representan un componente clave del tejido productivo colombiano y una fuente esencial de empleo e innovación. En este sentido, toda estrategia orientada a optimizar su desempeño genera un impacto positivo en el desarrollo económico regional y en la sostenibilidad de la producción local.

Uno de los principales desafíos que enfrentan estas organizaciones es la alta incidencia de fallas en sus procesos productivos, derivadas de la ausencia de políticas de mantenimiento preventivo sostenidas en el tiempo. Estas deficiencias ocasionan interrupciones en la producción, mayores costos por reparaciones imprevistas y una reducción en la vida útil de los equipos, afectando la estabilidad financiera y la capacidad de crecimiento de las empresas.

El mantenimiento preventivo, por tanto, se presenta como una estrategia fundamental para anticipar y controlar fallas, garantizar la continuidad de la producción y optimizar el uso de los recursos disponibles. Su adecuada implementación permite aumentar la productividad, mejorar la planificación operativa y estabilizar los costos (Vera y Torres, 2021, p.14). Este enfoque resulta especialmente relevante para las MiPymes, cuyo margen económico es limitado y cuya competitividad depende de la eficiencia con que gestionen sus activos productivos.

La investigación aporta valor al explorar la aplicación de modelos de mantenimiento preventivo, como el Mantenimiento Productivo Total (TPM) y el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), adaptados a las condiciones de las MiPymes que, en su mayoría, no cuentan con departamentos técnicos especializados. Proponer estrategias de bajo costo y fácil implementación constituye una oportunidad real para elevar la gestión operativa y promover la adopción de metodologías avanzadas en contextos con restricciones financieras y tecnológicas.

Desde el ámbito social, la optimización de los procesos y la reducción de interrupciones favorecen la creación de entornos laborales más seguros, organizados y eficientes. Esto contribuye al bienestar de los trabajadores, mejora las condiciones de empleo y fortalece la sostenibilidad del tejido productivo local, impactando positivamente en la calidad de vida de las familias vinculadas a estas actividades.

Finalmente, el estudio se justifica en el plano académico y práctico. Académicamente, aporta un análisis aplicado sobre el papel del mantenimiento preventivo en la gestión de las MiPymes, un campo poco abordado frente a las grandes industrias. En el plano práctico, ofrece herramientas y estrategias que pueden incidir directamente en la continuidad operativa, la competitividad y la sostenibilidad económica y social del sector manufacturero de Bucaramanga.

Objetivos

Objetivo General

Analizar la implementación de sistemas de gestión de mantenimiento preventivo como estrategia para reducir el índice de fallas en el proceso productivo de las MiPymes manufactureras de Bucaramanga, mejorando su eficiencia operativa y competitividad.

Objetivos Específicos

Identificar las principales causas de fallas en el proceso productivo de la industria manufacturera de Bucaramanga y su impacto en la eficiencia y rentabilidad empresarial.

Analizar las ventajas y desafíos de la implementación de los sistemas de gestión de mantenimiento preventivo en MiPymes de la industria manufacturera, considerando aspectos técnicos y operativos.

Diseñar un plan de estrategias de mejora basadas en el mantenimiento preventivo que permitan optimizar los procesos productivos y reducir la frecuencia de fallas en las MiPymes.

Marcos Referenciales

Antecedentes

Basándose en el tema del estudio sobre las MiPymes manufactureras de Bucaramanga, se guardan similitudes y diferencias con lo reportado en otros contextos colombianos, lo cual permite ampliar la comprensión de los retos en torno a la gestión del mantenimiento y la competitividad empresarial.

En primer lugar, los hallazgos de este estudio sobre la alta dependencia del mantenimiento correctivo coinciden con lo documentado por Anaya y Pinto (2023) en el sector textil colombiano, donde la falta de automatización en la gestión de mantenimiento limita la continuidad operativa y genera sobrecostos. Ambos contextos evidencian que las empresas pequeñas y medianas carecen de herramientas digitales estructuradas para sistematizar la información, lo que refuerza la necesidad de implementar software libre o de bajo costo como alternativa inicial de automatización.

De manera complementaria, Peralta et al. (2021) identificaron que la competitividad de las MiPymes manufactureras en Colombia está estrechamente ligada a la eficiencia de sus procesos productivos y al aprovechamiento de recursos limitados. En línea con este planteamiento, los resultados en Bucaramanga muestran que la ausencia de personal técnico especializado y la escasa cultura de mantenimiento preventivo afectan directamente la productividad, confirmando que la gestión de activos es un factor estratégico en la construcción de ventajas competitivas sostenibles.

Asimismo, Restrepo (2021), al analizar la implementación de prácticas de sostenibilidad ambiental en MiPymes del Valle del Cauca, encontró que muchas empresas aún enfrentan dificultades para integrar indicadores de desempeño en sus procesos, lo cual coincide con la falta

de sistematización y el bajo uso de KPIs (como MTBF o MTTR). Se resalta que la ausencia de medición objetiva limita la capacidad de estas organizaciones para justificar inversiones y consolidar una gestión de mantenimiento preventiva con visión de largo plazo.

Por otro lado, el estudio de Fernández et al. (2022), en Bogotá evidencia que la transición hacia la Industria 4.0 representa un reto significativo para las MiPymes manufactureras, debido a las barreras económicas, culturales y tecnológicas que impiden la adopción de soluciones avanzadas. Esta perspectiva converge con los resultados de Bucaramanga, donde la resistencia al cambio, la carencia de recursos y la falta de digitalización también dificultan la implementación de estrategias modernas de mantenimiento. Sin embargo, ambos estudios coinciden en que el fortalecimiento de capacidades técnicas, la formación del personal y la integración de tecnologías graduales pueden allanar el camino hacia una gestión más eficiente.

Por ende, el análisis comparativo evidencia que los retos observados en Bucaramanga (recursos financieros limitados, escasez de personal técnico, dependencia de contratistas externos y baja adopción de indicadores) son comunes en diferentes regiones del país. No obstante, los casos documentados en el sector textil, en el Valle del Cauca y en Bogotá ofrecen lecciones importantes: la necesidad de integrar progresivamente herramientas de automatización, el valor de los indicadores de desempeño en la gestión y el papel estratégico del mantenimiento preventivo como motor de competitividad en las MiPymes manufactureras colombianas.

Marco Teórico

Teoría del Mantenimiento Productivo Total (TPM - Total Productive Maintenance)

Desarrollada por Seiichi Nakajima, propone una estrategia para maximizar la eficiencia de los equipos mediante la participación de todos los niveles de la organización. Su enfoque se basa en la eliminación de las principales pérdidas en la producción, como fallas de los equipos,

tiempos de inactividad, defectos en los productos y reducción en la velocidad operativa. El TPM - Total Productive Maintenance, promueve el mantenimiento autónomo, donde los operarios asumen responsabilidades básicas en el cuidado de la maquinaria, reduciendo la necesidad de intervenciones correctivas y mejorando la confiabilidad de los procesos productivos.

Figura 1

Alcance del TPM.



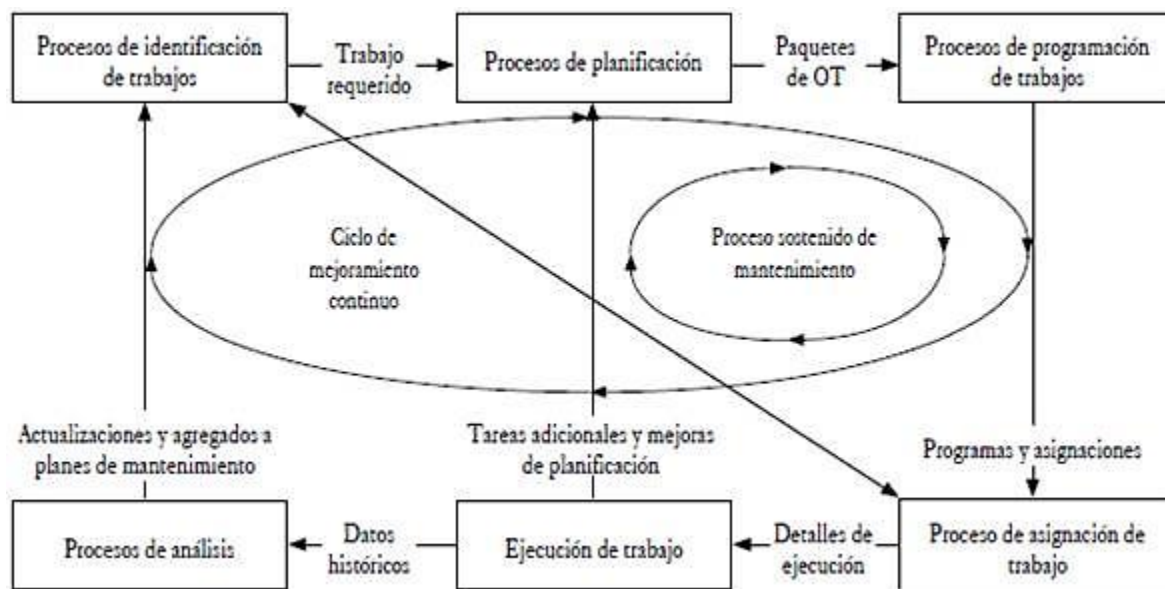
Nota. Tomado del modelo de Nakajima (2001), citado por Rossi (2013), el esquema muestra los escalafones de evolución del modelo TPM en una organización.

La estrategia del TPM presenta un concepto de "eficiencia operacional", obtenida por el producto y rendimiento de tres indicadores: disponibilidad de equipos, rendimiento de los encargados de la operación y el mantenimiento/calidad de los servicios y productos; indicador útil para medir el rendimiento colectivo del sistema e incluso compararse con las otras empresas (Landazábal et al., 2019, p.12).

En la figura 2 se muestra el ciclo de trabajo del mantenimiento.

Figura 2

Ciclo de trabajo del mantenimiento.



Nota. Modelo de Arata (2009) citado por Landazábal et al., 2019, p.12.

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) surge en Japón como una filosofía integral orientada a la eficiencia global de los equipos, bajo el principio de “cero defectos, cero accidentes y cero paradas”. Su objetivo no se limita únicamente a la prevención de fallas, sino que busca involucrar a todo el personal en la mejora continua de los procesos productivos y en la conservación de los activos. No obstante, su aplicación en el contexto latinoamericano y, particularmente, en las MiPymes colombianas, presenta retos derivados de las limitaciones financieras, tecnológicas y de capital humano.

En las grandes industrias, el TPM se estructura en ocho pilares que incluyen la mejora enfocada, el mantenimiento autónomo, el mantenimiento planificado, la formación del personal y la gestión de la seguridad. Sin embargo, en las MiPymes manufactureras, la implementación completa de estos pilares suele ser inviable debido a los recursos limitados y a la carencia de equipos técnicos especializados. En este escenario, resulta necesario adaptar el TPM a versiones

simplificadas o progresivas, donde se prioricen las acciones de mantenimiento autónomo y la capacitación práctica del personal operativo (Restrepo y Urrego, 2022).

Teoría del Ciclo de Vida del Activo

La teoría del ciclo de vida del activo plantea que cada equipo o infraestructura pasa por diferentes etapas desde su adquisición hasta su retiro definitivo. Estas etapas incluyen planificación, adquisición, operación, mantenimiento y disposición final. En el contexto de las MiPymes, esta teoría significa programar intervenciones periódicas que eviten deterioros prematuros y optimicen el uso de los recursos (Chica et al., 2024, p.3). Al integrar una estrategia basada en el ciclo de vida del activo, las empresas pueden mejorar su planificación financiera, reducir gastos imprevistos y garantizar la continuidad de sus procesos productivos.

Teoría del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)

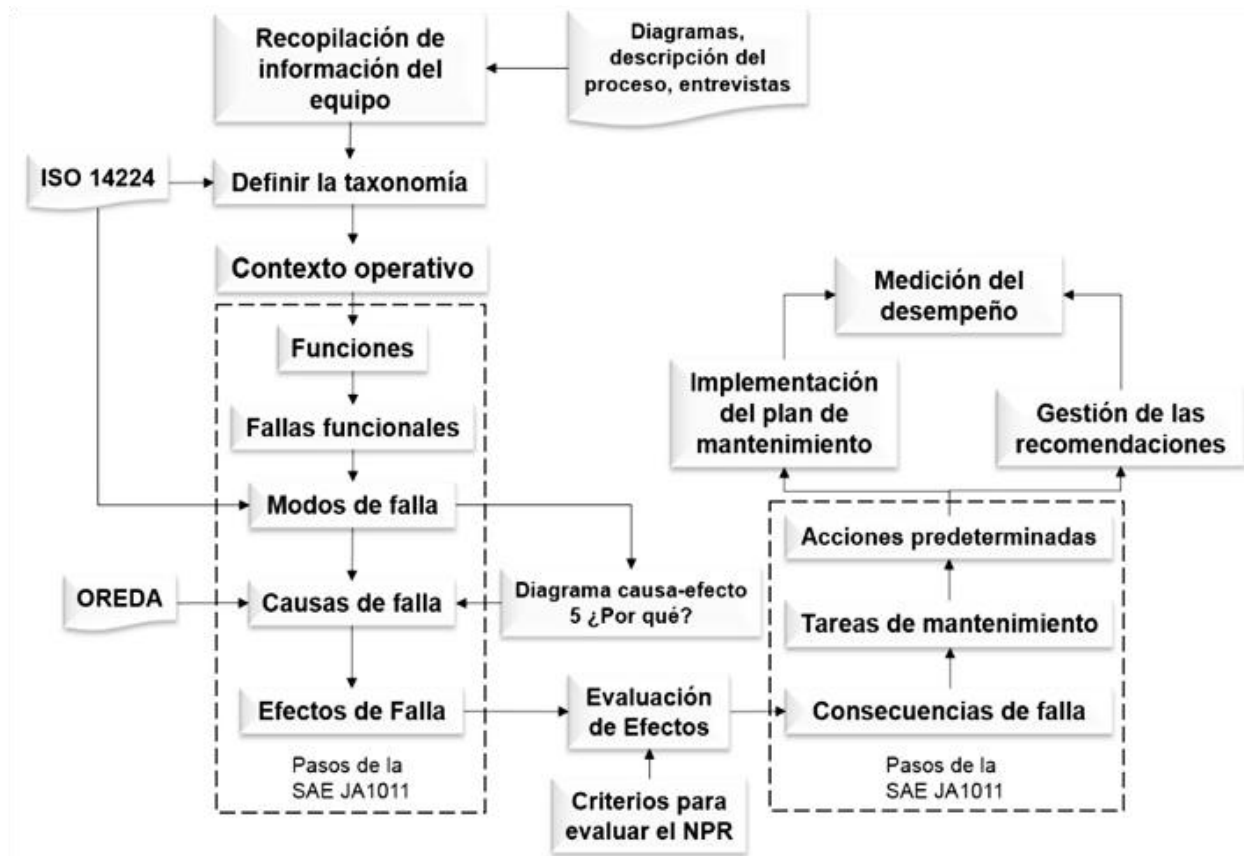
El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) se desarrolla en la industria aeronáutica para optimizar las estrategias de mantenimiento según la criticidad de los activos y su impacto en la operación. Esta teoría se basa en la identificación y análisis de fallas potenciales para determinar acciones preventivas que maximicen la confiabilidad de los equipos y minimicen riesgos (Fernández y Hernández, 2022, p.20). El RCM es especialmente útil en sectores donde la continuidad operativa es fundamental, ya que permite priorizar actividades de mantenimiento en función de su importancia estratégica.

Para implementar el plan de mantenimiento, se deben asignar las responsabilidades correspondientes para revisar, afinar, difundir y cargar el plan en el sistema computarizado para la gestión del mantenimiento (CMMS), se debe realizar el seguimiento correspondiente para asegurar la implementación. Se deben asignar las responsabilidades correspondientes para la revisión, evaluación y puesta en marcha de las recomendaciones surgidas del análisis del RCM.

La medición del desempeño es la parte más importante para demostrar la efectividad del RCM, se puede realizar a través de indicadores clave de desempeño (KPI) de mantenimiento y reportes relacionados con las recomendaciones. La metodología de RCM se muestra en la Fig. 3.

Figura 3

Metodología de RCM ampliada.



Nota. Metodología tomada de Campos et al. (2019).

En el caso de las MiPymes, su implementación contribuye a reducir el índice de fallas al garantizar que los recursos de mantenimiento se asignen de manera eficiente, evitando reparaciones innecesarias y prolongando la vida útil de los equipos sin incurrir en costos excesivos (Cruz y Puente, 2020, p.22).

Producción Lean en el Mantenimiento Preventivo

El Lean Manufacturing en mantenimiento se orienta en la reducción de desperdicios que encuentra sus orígenes en el Mantenimiento Productivo Total (TPM). Se trata de una metodología de origen japonés que tiene como estrategia la maximización de la eficacia a través de la implicación de la organización. La metodología “Lean” se basa en el sistema de producción Toyota (“Toyota Production System o TPS”). Su principal objetivo es que la organización adopte la mejora continua (Fractal Tech, 2024).

Aplicar principios Lean implica identificar actividades que no generan valor, como tiempos de espera por reparaciones, inspecciones innecesarias o paradas recurrentes por causas evitables. Al implementar rutinas de mantenimiento estandarizadas, calendarizadas y con base en datos históricos y análisis predictivos, las empresas pueden reducir considerablemente el tiempo de inactividad, los costos de reparación y el desperdicio de recursos. De esta manera, el mantenimiento preventivo, con enfoque Lean, es un pilar estratégico que no solo contribuye al funcionamiento eficiente de la planta, sino que también impacta directamente en la calidad del producto, la satisfacción del cliente y la competitividad de la empresa (Canahua, 2021, p.7).

No obstante, la adopción de modelos formales de mantenimiento preventivo en MiPymes enfrenta barreras recurrentes que también condicionan la efectividad de cualquier intervención:

Recursos financieros limitados: Muchas MiPymes operan con márgenes reducidos y presupuestos de capital acotados, lo que dificulta inversiones iniciales en repuestos, herramientas, sensores o en la contratación/implementación de soluciones tecnológicas (CMMS, monitoreo). Esta restricción provoca que la toma de decisiones tienda a priorizar el corto plazo y el correctivo frente a inversiones preventivas cuyos beneficios son más visibles a mediano-largo plazo. Estudios de programas de modernización productiva en Colombia muestran que la

limitación de recursos es una barrera sistémica que frena la adopción tecnológica en pequeñas empresas (Fedesarrollo, 2021).

Ausencia o escasez de personal técnico capacitado: La falta de perfiles técnicos internos (técnicos en mantenimiento, ingenieros de confiabilidad) obliga a muchas MiPymes a externalizar servicios o a delegar tareas a personal operativo sin la formación adecuada. Este déficit incrementa la dependencia de contratistas y retrasa el desarrollo de capacidades internas que posibiliten el mantenimiento autónomo y la implantación de prácticas como TPM o RCM. Proyectos sobre PYMES en Colombia documentan esta carencia como una barrera recurrente para la sostenibilidad de los programas de mantenimiento (Perdomo y Fernández, 2015, p.13).

Dependencia de contratistas externos: La contratación frecuente de proveedores externos para intervenciones de mantenimiento implica mayor costo unitario y pérdida de control sobre tiempos de respuesta y calidad. Además, cuando varios actores subcontratados manejan equipos diferentes, se dificulta la consolidación de un historial de fallas y la implementación de planes integrados de mejora (IYCSA, 2024). Esta dependencia es una de las causas por las que muchas MiPymes no logran consolidar un ciclo de mejora continua.

Déficit de sistematización y datos históricos: La ausencia de registros digitalizados o bitácoras confiables impide medir indicadores críticos (MTBF, MTTR, cumplimiento del plan), generar análisis de Pareto o ejecutar estrategias predictivas basadas en datos. Sin evidencia histórica, las decisiones operativas vuelven a basarse en percepciones o urgencias, lo que perpetúa el enfoque reactivo (Bogotá y Galván, 2023, p.30).

Resistencia al cambio y limitaciones organizacionales: Implementar prácticas como TPM o 5S requiere cambios culturales, tiempo y liderazgo; en empresas jóvenes o con alta rotación de personal, mantener la disciplina de las rutinas es difícil. Además, la coordinación

entre producción, compras y mantenimiento suele ser débil, lo cual obstaculiza la priorización de intervenciones preventivas. Casos analizados en estudios sobre implementación de Industry 4.0/modernización en Pymes como el de Restrepo y Urrego (2022) resaltan que la gestión del cambio es tan crítica como la inversión tecnológica.

Un ejemplo relevante se observa en las MiPymes manufactureras de Medellín, donde proyectos de extensión tecnológica liderados por el SENA y universidades locales han promovido la adopción gradual del TPM mediante talleres de mantenimiento autónomo y programas de formación dual. Este tipo de intervención ha permitido a pequeñas empresas del sector metalmecánico y textil reducir paradas no planificadas sin requerir grandes inversiones en tecnología o personal especializado. De manera similar, en Cali, experiencias en empresas de alimentos y empaques han demostrado que la implementación de rutinas básicas de inspección, limpieza y lubricación puede aumentar la disponibilidad de los equipos hasta en un 15%, al tiempo que se fortalece la cultura de prevención entre los operarios.

Por su parte, el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM) se enfoca en identificar las funciones críticas de los equipos y analizar las posibles causas de falla, con el fin de definir estrategias de mantenimiento que garanticen su confiabilidad y disponibilidad. Aunque originalmente fue concebido para industrias altamente tecnificadas, el RCM ha sido objeto de adaptaciones en MiPymes colombianas, especialmente en sectores como el metalmecánico y el textil. En Bogotá, Fernández et al. (2022), reportan experiencias en las que se emplearon versiones simplificadas del RCM apoyadas en hojas de cálculo y registros manuales, permitiendo priorizar los equipos de mayor impacto sin necesidad de software especializado.

Tanto el TPM como el RCM comparten la filosofía de anticipación y prevención de fallas, pero su éxito en las MiPymes depende de la capacidad de adaptación al contexto

organizacional. En empresas con recursos limitados, la clave radica en implementar procesos graduales que integren la capacitación continua del personal, la estandarización de rutinas básicas y el uso de herramientas de bajo costo, como software libre de gestión de mantenimiento (CMMS). Estas medidas permiten sistematizar la información, registrar fallas y planificar intervenciones preventivas de manera eficiente.

Marco Legal

Leyes Internacionales

A nivel internacional, el mantenimiento preventivo como parte de la gestión industrial se encuentra respaldado por normas y estándares técnicos desarrollados por organizaciones internacionales como la Organización Internacional de Normalización (ISO). La norma **ISO 55000**, creada por la International Organization for Standardization (ISO), en el año 2014, establece principios generales para una administración eficiente del ciclo de vida de los activos físicos, incluyendo la planificación y ejecución del mantenimiento. Esta norma es clave para las empresas manufactureras, ya que promueve prácticas que permiten reducir riesgos operativos y mejorar la eficiencia en el uso de equipos.

Además, la norma **ISO 9001:2015**, también elaborada por la ISO en el año 2015, establece requisitos para sistemas de gestión de calidad, contemplando el mantenimiento como un factor esencial para asegurar la conformidad del producto y la mejora continua de los procesos. Estas normas internacionales sirven como referente para las MiPymes que deseen implementar buenas prácticas de mantenimiento, aun sin estar certificadas formalmente, ya que ofrecen lineamientos claros sobre la importancia de la planificación, ejecución y registro de actividades preventivas.

Leyes Nacionales

En el contexto colombiano, la legislación vigente reconoce la importancia del mantenimiento de equipos en la industria para garantizar la eficiencia productiva, la seguridad de los trabajadores y la competitividad empresarial.

La **Ley 905 de 2004**, promulgada por el Congreso de la República de Colombia en el año 2004, modifica parcialmente la **Ley 590 de 2000** sobre el fomento a las MiPymes y establece la necesidad de apoyar el fortalecimiento tecnológico y la capacitación en procesos productivos, incluyendo la gestión del mantenimiento como parte fundamental de la eficiencia operativa.

Asimismo, el **Decreto 1072 de 2015**, expedido por el Ministerio del Trabajo de Colombia en el año 2015, compila las normas del sector trabajo y obliga a las empresas a implementar sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo (SG-SST), donde el mantenimiento preventivo adquiere relevancia como medida para evitar accidentes relacionados con el mal estado de equipos y maquinarias. También es importante considerar lo dispuesto en el **Código Sustantivo del Trabajo**, creado por el Congreso de la República de Colombia en 1950 y actualizado continuamente, que exige a los empleadores mantener en condiciones adecuadas las herramientas y equipos utilizados por los trabajadores, lo que refuerza la necesidad de realizar mantenimientos regulares.

Por otro lado, las políticas del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, como el programa Fábricas de Productividad, lanzado en 2018 por el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo y Confecámaras, han promovido la implementación de prácticas de mejora continua, entre ellas el mantenimiento preventivo, como estrategia para fortalecer la competitividad de las MiPymes colombianas. Estas disposiciones legales evidencian el respaldo normativo para que las empresas manufactureras implementen sistemas de mantenimiento preventivo.

Marco Conceptual

A continuación, se mencionan las principales palabras claves que dan forma al marco conceptual de la presente monografía:

Competitividad empresarial: es la capacidad que tiene una empresa para mantener o aumentar su participación en el mercado frente a sus competidores, ofreciendo productos o servicios con mayor valor agregado. Esta capacidad está influenciada por factores como la innovación, la calidad, la eficiencia operativa, el cumplimiento de plazos y la gestión de recursos (Hurtado, 2024, p.14). En el caso de las MiPymes manufactureras, una adecuada gestión del mantenimiento preventivo puede representar una ventaja competitiva al mejorar la continuidad de la producción y reducir los costos operativos.

Eficiencia operativa: "es la capacidad de una empresa para maximizar sus resultados utilizando de manera óptima sus recursos disponibles" (Hurtado, 2024, p.4). En otras palabras, implica lograr un mayor rendimiento con el menor gasto posible, sin comprometer la calidad. En el entorno de las MiPymes manufactureras, la eficiencia operativa se ve influenciada por factores como la planificación, el mantenimiento de equipos, la reducción de fallas y la estandarización de procesos (Saldaña y Ramos, 2024).

Fallas en procesos: son interrupciones, errores o ineficiencias que afectan el desarrollo normal de una actividad dentro de un sistema productivo. Estas pueden ser ocasionadas por defectos técnicos, errores humanos, falta de mantenimiento, entre otros factores. Impactan en la calidad del producto, los tiempos de entrega y los costos operacionales, comprometiendo la rentabilidad y la reputación de la empresa frente al mercado (Castillo y Rocca, 2024, p.11).

Mantenimiento correctivo: El mantenimiento correctivo es el tipo de mantenimiento que se realiza una vez que el equipo ya ha fallado o presenta un defecto que impide su

funcionamiento normal. Aunque es necesario en ciertos casos, este tipo de mantenimiento puede resultar más costoso e impredecible, pues suele requerir reparaciones urgentes, repuestos no planificados y tiempo adicional de inactividad. Por ello, su uso excesivo indica una deficiente planificación de mantenimiento dentro de la organización (Marín, 2022, p.9).

Mantenimiento preventivo: son las acciones planificadas que se realizan de manera periódica sobre máquinas, instalaciones o equipos, con el objetivo de anticiparse a posibles fallos o averías. A diferencia del mantenimiento correctivo, que actúa luego de la ocurrencia de una falla, el preventivo se enfoca en mantener la funcionalidad y confiabilidad del sistema. Su implementación permite a las organizaciones reducir los costos de reparación, disminuir el tiempo de inactividad y asegurar la calidad del proceso productivo (Marín, 2022, p.22).

Mantenimiento: son actividades técnicas y administrativas destinadas a conservar o restaurar un bien, equipo o sistema a un estado en el cual pueda cumplir una función requerida. En el contexto industrial, el mantenimiento es esencial para garantizar el buen funcionamiento de la maquinaria, reducir el desgaste prematuro de los activos y asegurar la continuidad de las operaciones. "Su correcta aplicación permite prolongar la vida útil de los equipos, evitar interrupciones no planificadas y minimizar los riesgos operativos" (Hidalgo, 2024, p.3).

Optimización de procesos: consiste en mejorar de manera sistemática las actividades productivas para hacerlas más eficientes, rápidas y rentables. Esta práctica incluye la identificación de cuellos de botella, la eliminación de tareas innecesarias, la automatización de operaciones repetitivas y la implementación de metodologías de mejora continua. Su aplicación permite a las empresas mejorar la calidad, reducir costos y adaptarse con mayor agilidad a las demandas del mercado (Moreno y Santos, 2022, p.17).

Productividad empresarial: es la relación entre los resultados obtenidos (bienes o servicios) y los recursos utilizados para generarlos (trabajo, capital, insumos). Se trata de un indicador clave para medir el desempeño de una organización y su capacidad de generar valor. Una mayor productividad refleja un uso eficiente de los recursos y se traduce en mayor competitividad, rentabilidad y sostenibilidad empresarial, especialmente en sectores manufactureros donde los tiempos y la calidad son factores críticos (Hurtado, 2024, p.14).

Sistemas de mantenimiento: son estructuras organizadas que integran políticas, procedimientos, recursos humanos y tecnológicos destinados a gestionar de manera eficiente las actividades de mantenimiento dentro de una empresa. Estos sistemas pueden abarcar tanto el mantenimiento correctivo como el preventivo y predictivo, e incluyen herramientas como registros, cronogramas, software especializado y metodologías de control que permiten mejorar la gestión de los activos físicos de la organización (Anchundia y Brito, 2023, p.16).

Tiempo de inactividad: también conocido como tiempo muerto, se refiere al periodo durante el cual un equipo, sistema o proceso productivo no está en funcionamiento debido a una falla, mantenimiento no programado o cualquier otro motivo de interrupción. Este tiempo representa una pérdida directa para la empresa, ya que impide la generación de valor. Minimizar el tiempo de inactividad es una meta esencial dentro de las estrategias de mantenimiento preventivo y eficiencia operativa (Bautista y Valera, 2023, p.10).

Metodología Propuesta

En la siguiente metodología se elaboran, definen y sistematizan las técnicas o el paso a paso a seguir durante el desarrollo de la investigación, como se demuestra a continuación:

Tipo, Enfoque y Diseño de Investigación

Este estudio se clasifica como una investigación exploratoria – aplicada porque busca generar conocimientos útiles para resolver un problema específico dentro de un contexto real: la alta incidencia de fallas en los procesos productivos de las MiPymes manufactureras. A partir del análisis de las prácticas actuales de mantenimiento, se pretende proponer estrategias que puedan ser implementadas de forma concreta para mejorar la eficiencia operativa.

También, se adopta un enfoque cuantitativo porque se requiere recopilar, procesar y analizar datos numéricos relacionados con la frecuencia de fallas, tipos de mantenimiento utilizados, tiempos de inactividad, y costos asociados. A través de este enfoque, se puede establecer una relación medible entre la implementación del mantenimiento preventivo y la mejora de indicadores operativos y productivos.

Presenta un diseño no experimental, porque no se manipulan variables, sino que se observan tal como se presentan en las empresas participantes. Y descriptivo, porque se pretende tanto describir las condiciones existentes (tipos de fallas, niveles de mantenimiento, impacto en la producción) como identificar correlaciones entre dichas variables.

Método de la Investigación

El método deductivo parte de teorías generales relacionadas con la gestión del mantenimiento industrial y su influencia en la eficiencia operativa, y busca verificar estas teorías en un contexto local y específico. En este caso, se parte de estudios previos que evidencian que el mantenimiento preventivo reduce los costos de producción y mejora la confiabilidad de los

procesos. A partir de esta premisa, el estudio analizará si estas relaciones se mantienen al aplicar estrategias de mantenimiento preventivo en las MiPymes manufactureras de Bucaramanga. El razonamiento deductivo permitirá estructurar la recolección y análisis de datos para contrastar la hipótesis planteada con la realidad observada.

Población y Tamaño de la Muestra

La población objetivo está conformada por el conjunto de micro, pequeñas y medianas empresas del sector manufacturero ubicadas en Bucaramanga, que desarrollan actividades industriales y cuentan con equipos o maquinaria que requieren mantenimiento regular para garantizar su operatividad. Según datos de la Cámara de Comercio de Bucaramanga, existen 5.809 empresas manufactureras activas en la ciudad al 15 de junio de 2025, abarcando sectores como alimentos, textiles, fabricación de calzado, productos metálicos, entre otros.

Figura 4

Cantidad de empresas manufactureras en la ciudad de Bucaramanga.



Nota. Tomado de la Cámara de Comercio de Bucaramanga (2025).

Lo anterior implica que las empresas de la población son un total 5.792 MiPymes. Para calcular la muestra se usa la siguiente fórmula:

Figura 5

Formula estadística para definir la muestra.

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot \sigma^2}{(N - 1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot \sigma^2}$$

Nota. Tomado de Universo de Formulas, 2018.

En donde:

- n = dimensiones de la muestra de población.
- N = Dimensiones totales de la población = 5.792 MiPymes.
- σ = desviación estándar poblacional = 0.5
- Z = valor alcanzado en términos de confianza = 90% (1,65), que es el valor mínimo

permitido para considerar la investigación como fiable.

- e = margen aceptable de error en la muestra = 10% (0.1) el valor estándar empleado en los estudios de caso.

Al sustituir en la fórmula se logra lo siguiente:

$$n = \frac{(1,65)^2 \cdot (0,1)^2 \cdot 5792}{(0,1)^2 \cdot (5792 - 1) + (1,65)^2 \cdot (0,5)^2} \cong 68$$

Por lo anterior, se tiene que la muestra estadística es de **68** empresas (MiPymes) de la industria manufacturera en la ciudad de Bucaramanga.

Fuentes de Información

Fuentes primarias: se recopilarán directamente mediante encuestas aplicadas a personal clave dentro de las empresas, como gerentes, jefes de producción, o responsables del mantenimiento. Estas fuentes aportarán datos actuales, específicos y contextualizados sobre:

- Tipos de fallas recurrentes.
- Costos y tiempos de inactividad.
- Percepciones sobre la efectividad de las prácticas actuales.

Fuentes secundarias: incluyen libros, artículos científicos, informes técnicos, normas nacionales e internacionales sobre mantenimiento industrial y estudios de caso previos. Estas fuentes servirán para fundamentar teóricamente el estudio, establecer antecedentes y contrastar los resultados obtenidos con investigaciones similares. Se hará énfasis en literatura como la de Chuchullo y Cevallos (2023), Silva (2020), y Vera y Torres (2021).

Instrumentos de Recolección de Datos

CUESTIONARIO: Mantenimiento Preventivo en MiPymes Manufactureras.

Sección 1: Información general de la empresa

1. ¿Cuál es el tamaño de su empresa?
 - a) Microempresa (hasta 10 empleados)
 - b) Pequeña empresa (11-50 empleados)
 - c) Mediana empresa (51-200 empleados)
2. ¿Cuántos años lleva operando la empresa?
 - a) Menos de 1 año
 - b) Entre 1 y 5 años
 - c) Entre 6 y 10 años

d) Más de 10 años

3. ¿Cuál es el subsector de manufactura al que pertenece su empresa?

a) Alimentos y bebidas

b) Textil y confección

c) Plásticos

d) Metalmecánica

e) Agroindustria

f) Otro: _____ (respuesta cerrada con opción de marcar "Otro")

Sección 2: Características del proceso productivo

4. ¿Su empresa cuenta con maquinaria o equipos industriales para sus procesos?

a) Sí

b) No

5. ¿Con qué frecuencia presenta su empresa fallas en la maquinaria?

a) Frecuentemente (más de una vez por mes)

b) Ocasionalmente (una vez cada 2-3 meses)

c) Rara vez (menos de 2 veces al año)

d) Nunca

6. ¿Cuál considera que es el principal tipo de mantenimiento que se aplica en su empresa?

a) Correctivo (cuando ya ocurre la falla)

b) Preventivo (se realiza de forma programada)

c) Predictivo (basado en monitoreo y diagnóstico)

d) No se realiza mantenimiento sistemático

Sección 3: Gestión del mantenimiento

7. ¿Cuenta su empresa con un plan formal de mantenimiento preventivo?
- a) Sí
 - b) No
 - c) En proceso de implementación
8. ¿Qué frecuencia tienen las actividades de mantenimiento preventivo?
- a) Semanal
 - b) Mensual
 - c) Trimestral
 - d) Según desgaste o uso del equipo
 - e) No se realiza mantenimiento preventivo
9. ¿Quién ejecuta el mantenimiento en su empresa?
- a) Personal interno especializado
 - b) Personal operativo no especializado
 - c) Empresas externas o contratistas
 - d) No se realiza mantenimiento
10. ¿Su empresa lleva registros de las actividades de mantenimiento?
- a) Sí, en formato físico (bitácoras, hojas de control)
 - b) Sí, en formato digital o software
 - c) No se llevan registros

Sección 4: Percepción e impacto del mantenimiento preventivo

11. ¿Considera que el mantenimiento preventivo ayuda a reducir el número de fallas en la maquinaria?
- a) Totalmente de acuerdo

- b) De acuerdo
- c) Ni de acuerdo ni en desacuerdo
- d) En desacuerdo
- e) Totalmente en desacuerdo

12. ¿Qué impacto ha tenido el mantenimiento preventivo (si lo implementa) en los siguientes aspectos? (Escala tipo Likert: Muy alto / Alto / Moderado / Bajo / Nulo)

- a) Reducción de tiempos de inactividad:
 Muy alto Alto Moderado Bajo Nulo
- b) Reducción de costos por reparaciones:
 Muy alto Alto Moderado Bajo Nulo
- c) Aumento de la productividad:
 Muy alto Alto Moderado Bajo Nulo

13. ¿Está interesado su empresa en fortalecer el sistema de mantenimiento preventivo?

- a) Sí
- b) No
- c) Tal vez / No lo ha considerado

Enlace del cuestionario en Google Forms:

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdHe6OkXfiMXoGIS7BHF5ZsbHxFRE3SbDp5HPb1qdcqfWttFw/viewform?usp=header>

Para garantizar la validez de contenido del cuestionario diseñado, se realizó un proceso de validación CVR de Lawshe con 8 expertos provenientes de diferentes áreas relacionadas con el mantenimiento y la producción. Los participantes incluyeron perfiles como subgerentes de producción, jefes de mantenimiento en sectores metalmecánicos, coordinadores de calidad en

empresas textiles, consultores externos en mantenimiento industrial, gerentes de planta en el sector agroindustrial, ingenieros de procesos en plásticos, supervisores de mantenimiento en pymes de alimentos y auditores internos en procesos industriales. Esta diversidad de perspectivas permitió enriquecer el análisis y fortalecer la rigurosidad de la validación.

La fórmula usada fue la siguiente:

$$CVR = \frac{2n_e - N}{N}$$

- n_e = número de jueces que calificaron el ítem como esencial (3)
- N = Total de jueces (8)

Los resultados obtenidos muestran que la mayoría de los ítems fueron calificados como “esenciales” por la mayor parte de los expertos. De acuerdo con el cálculo del índice de validez de contenido de Lawshe (CVR), 9 de los 13 ítems evaluados alcanzaron valores superiores a 0.75, lo cual indica una alta validez de contenido. Entre ellos destacan las preguntas relacionadas con la disponibilidad de maquinaria, frecuencia de fallas, tipo de mantenimiento, existencia de planes formales e impacto en la productividad, las cuales obtuvieron un CVR máximo de 1.00.

Por otro lado, algunos ítems de carácter más contextual, como “Años de operación” (CVR = 0.25) y “Tamaño de la empresa” (CVR = 0.50), presentaron valores más bajos, lo que sugiere que, aunque aportan información descriptiva, no son determinantes para la evaluación central del mantenimiento preventivo. En consecuencia, se recomienda mantenerlos como preguntas opcionales o de carácter secundario dentro del cuestionario.

Tabla 1*Validación del cuestionario por expertos.*

| Ítem | Pregunta | ne | N | $CVR=(2 \cdot n_e - 8)/8$ | Conclusión |
|------|--|----|---|---------------------------|--|
| 1 | Tamaño de su empresa | 6 | 8 | 0.50 | Aceptable, mantener como dato contextual |
| 2 | Años de operación | 5 | 8 | 0.25 | Baja validez, puede ser opcional |
| 3 | Subsector de manufactura | 7 | 8 | 0.75 | Alta validez, mantener |
| 4 | ¿Cuenta con maquinaria/equipos? | 8 | 8 | 1.00 | Muy alta validez |
| 5 | Frecuencia de fallas en maquinaria | 8 | 8 | 1.00 | Muy alta validez |
| 6 | Tipo de mantenimiento principal | 8 | 8 | 1.00 | Muy alta validez |
| 7 | ¿Cuenta con plan formal de MP? | 8 | 8 | 1.00 | Muy alta validez |
| 8 | Frecuencia de actividades de MP | 7 | 8 | 0.75 | Alta validez, mantener |
| 9 | ¿Quién ejecuta el mantenimiento? | 7 | 8 | 0.75 | Alta validez, mantener |
| 10 | ¿Lleva registros de mantenimiento? | 8 | 8 | 1.00 | Muy alta validez |
| 11 | MP reduce fallas en maquinaria | 7 | 8 | 0.75 | Alta validez, mantener |
| 12 | Impacto en tiempos de inactividad/costos/productividad | 8 | 8 | 1.00 | Muy alta validez |
| 13 | Interés en fortalecer MP | 8 | 8 | 1.00 | Muy alta validez |

El análisis realizado demuestra que el cuestionario cuenta con adecuada validez de contenido y puede aplicarse de manera confiable en el sector productivo para evaluar aspectos clave del mantenimiento preventivo, contribuyendo así a obtener información pertinente y de calidad para la investigación.

Resultados

Causas de las Fallas en el Proceso Productivo de la Industria Manufacturera de Bucaramanga y su Impacto en la Eficiencia y Rentabilidad Empresarial.

Para comprender las causas que originan las fallas en los procesos productivos de las MiPymes manufactureras, es fundamental revisar los aportes teóricos y empíricos presentes en la literatura especializada. Diversos autores han abordado esta problemática resaltando factores como la falta de mantenimiento preventivo, el uso prolongado de equipos sin planificación técnica, y la escasa formación del personal encargado del área operativa. Se presentan los hallazgos teóricos relacionados con las causas de las fallas en los procesos productivos, así como su impacto directo en la eficiencia, la rentabilidad y la competitividad empresarial, sirviendo como base para contrastar con los datos recopilados en el estudio de campo.

Tabla 2

Revisión de literatura y hallazgos.

| Autores | Título de la investigación | Año | Tipo | Revistas / Universidad | Causas mencionadas |
|--|--|------|----------------------|---|--|
| Sigua, J., Narváez, V., & Palacios, M. | Los costos de la no calidad y su incidencia en la rentabilidad de las PYMES | 2020 | Internacional | Revista Cienciamatria | En las Pymes del sector de cárnicos y precocidos de Cuenca, las fallas productivas se deben principalmente a la inexistencia de métodos adecuados para identificar, medir y controlar los costos de la no calidad. |
| Cahuana Ríos, B., & Espíritu Bravo, J. | Modelo de eficiencia del proceso con herramientas Lean Manufacturing en una PYME metalmecánica de Lima-Perú. | 2021 | Internacional (Perú) | Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) | En las PYMES metalmecánicas, las fallas se originaron principalmente por desorden en el área de trabajo, largos tiempos de cambio en la configuración de maquinaria y deficiencias en las rutinas de limpieza y mantenimiento. |

| Autores | Título de la investigación | Año | Tipo | Revistas / Universidad | Causas mencionadas |
|--|---|------|-------------------------|---|---|
| Chávez, W., Cárdenas, G. A., Cárdenas, E., & Dumont, J. | Metodología lean para reducción de piezas no conformes, detectadas por control de calidad, previo al despacho. | 2021 | Internacional (Perú) | Revista Alpha Centauri | En la fundición de piezas de acero y hierro, las fallas productivas se debieron principalmente a la recurrencia de defectos en el proceso, provocados por deficiencias en el control operativo, organización del trabajo y tiempos de espera, lo cual generaba un alto porcentaje de piezas no conformes y pérdidas económicas significativas. |
| Vargas Crisóstomo, E., & Camero Jiménez, J. | Aplicación Lean Manufacturing (5s y Kaizen) para el incremento de la productividad en el área de producción de adhesivos acuosos de una empresa manufacturera. | 2021 | Internacional (Perú) | Revista Industrial Data | En el área de producción de adhesivos acuosos, las fallas productivas se debieron a problemas de desorganización, falta de estandarización de procesos y condiciones ineficientes en el entorno de trabajo, lo que provocó bajos niveles de productividad sostenidos por varios años. |
| Quezada Orejuela, P. | Propuesta de optimización de los procesos de fabricación para incrementar la eficiencia operativa de la planta de envases en San Miguel Industrias PET Ecuador, mediante un modelo de gestión de mejora continua. | 2021 | Internacional (Ecuador) | Universidad Politécnica Salesiana | En la planta de envases PET, las fallas se derivan de variaciones que impiden alcanzar una eficiencia operativa superior al 95%. El análisis reveló un bajo índice de capacidad del proceso ($C_{pk} = 0.26$), indicando que el sistema es incapaz de cumplir con las especificaciones, lo cual se asocia a causas no identificadas ni controladas adecuadamente. |
| Cotrina Francia, L., & Tinajeros Paucar, R. | Modelo para la mejora de la eficiencia del proceso productivo utilizando la metodología lean manufacturing en sector pinturas | 2023 | Internacional (Perú) | Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) | En una empresa del sector de pinturas, las fallas fueron ocasionadas por altos niveles de reprocesos y tiempos improductivos, lo que generó elevados costos y redujo la eficiencia operativa. Estos problemas son asociados a una deficiente organización del entorno de trabajo, ausencia de mantenimiento autónomo y falta de estandarización en procedimientos de fabricación. |

| Autores | Título de la investigación | Año | Tipo | Revistas / Universidad | Causas mencionadas |
|--------------------------------------|---|------|--------------------------|---|--|
| Sanchez Martinez, S. | Modelo de optimización del proceso de teñido con Mantenimiento Preventivo, SMED y Estandarización de operaciones para incrementar la eficiencia en una tintorería industrial de Lima. | 2023 | Internacional (Perú) | Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) | Las principales causas de fallas productivas estuvieron relacionadas con la alta incidencia de reprocesos y la baja disponibilidad de maquinaria, lo cual generaba demoras, incremento en los costos operativos y una disminución en la eficiencia general del sistema. |
| Gomez Gonzales, M., & Limo Pizán, A. | Propuesta de mejora en el proceso de producción para el aumento de la eficiencia aplicando TPM, SMED y Andon en una empresa de la industria cervecera. | 2023 | Internacional (Perú) | Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) | En este contexto, las fallas se originaron principalmente por errores operativos, tiempos prolongados de cambio de formato, desarreglos frecuentes en la maquinaria y ausencia de mecanismos efectivos para el control de productos defectuosos, lo cual contribuyó a una baja eficiencia general y pérdidas económicas. |
| Griffin, G., & Flores, S. | Aplicación de modelos de aprendizaje automático para el análisis de series temporales y pronóstico de anomalías en la nómina diaria en una planta de manufactura. | 2023 | Internacional (Honduras) | Universidad Tecnológica Centroamericana UNITEC) | Una de las fallas en la eficiencia operativa se relaciona con errores e irregularidades en los datos de revisión de nóminas, los cuales pueden distorsionar la medición del desempeño real de los operarios. Estos valores atípicos, ya sean involuntarios o producto de fraude, afectan la precisión de los pagos, la asignación de recursos y la toma de decisiones. |
| Jurado Gamarra, C. | Optimización de Operaciones y Recursos de Producción en la Línea De Retail de la Planta de Manufactura de la Empresa AZEMBLA SAS para Incrementar la Productividad y Eficiencia y Disminuir los Costos de Producción. | 2023 | Nacional | Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD de Colombia | En la planta de materiales termoplásticos, se identificaron fallas asociadas a deficiencias en el aprovechamiento de recursos, falta de sistematización del conocimiento operativo, y problemas en la ejecución de actividades críticas, lo que afecta la productividad, incrementa los costos de producción y limita la eficiencia global de la línea de retail. |

| Autores | Título de la investigación | Año | Tipo | Revistas / Universidad | Causas mencionadas |
|--|--|------|-------------------------|--|---|
| Chillitupa Llanto, G., & Martínez Astete, K. | Incremento de la eficiencia productiva mediante la mejora del proceso de producción aplicando Lean Manufacturing y SLP en una empresa termoplástica | 2024 | Internacional (Perú) | Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) | En la industria plástica, las fallas en el proceso productivo fueron originadas por un inadecuado control de la temperatura y bloqueos en los moldes durante el proceso de inyección, lo cual generó una alta cantidad de productos defectuosos y una eficiencia operativa por debajo del promedio sectorial. |
| Jimenez Carrillo, E., & Hajar Gonzales, J. | Mejora de eficiencia en la producción de gelatinas en polvo utilizando las herramientas Lean Manufacturing en una empresa de alimentos procesados. | 2024 | Internacional (Perú) | Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) | En la empresa Tapia Hermanos S.R.L. las fallas se concentraron en las etapas de sellado y embolsado, siendo provocadas por la falta de orden y limpieza en los puestos de trabajo, ausencia de control en los procesos críticos y la inexistencia de un plan de mantenimiento para las máquinas, lo cual generó altos tiempos improductivos y afectó la eficiencia operativa. |
| Castillo Villarroel, A., & Gomez Velazco, V. | Propuesta de un modelo de mejora de la eficiencia en el proceso de impresión de una empresa del sector plástico aplicando las herramientas TPM Y SMED. | 2024 | Internacional (Perú) | Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) | Las principales fallas en el proceso productivo se originan por paradas no planificadas de maquinaria y elevados tiempos de set up, lo que repercute en una baja eficiencia operativa y dificulta la capacidad de respuesta ante el incremento de la demanda industrial. |
| Léon Soto, J. | Mejora del proceso de soldadura en líneas de producción. | 2024 | Internacional (México) | Universidad Autónoma de Puebla | Las fallas fueron atribuidas a deficiencias en el diseño del dispositivo de soldadura, el cual no respondía adecuadamente a las exigencias operativas ni soportaba eficientemente el desgaste continuo, lo que afectaba la tasa de producción, la calidad del producto y la estabilidad del proceso. |
| Arequipa Punina, C., & Sánchez Pilatasig, M. | Optimización de la eficiencia productiva del proceso "ELPO" mediante estudios de tiempos en la empresa CIAUTO. | 2024 | Internacional (Ecuador) | Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC) | En el proceso "ELPO" de la empresa CIAUTO, las fallas productivas se originaron por la presencia de cuellos de botella y una falta de estandarización en los tiempos y movimientos de las tareas repetitivas, lo cual afectaba negativamente la eficiencia. |

| Autores | Título de la investigación | Año | Tipo | Revistas / Universidad | Causas mencionadas |
|--|--|------------|------------------------|---|---|
| Bastidas Rojas, G. | Metodología de mejoramiento operacional en el mantenimiento autónomo para incrementar la eficiencia operativa de las líneas de producción en plantas de manufactura. | 2024 | Nacional | Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD de Colombia | Según la filosofía del Mantenimiento Productivo Total (TPM), se deben principalmente a averías inesperadas, ajustes constantes, disminución de velocidad en los equipos, pequeñas paradas no planificadas, defectos en la calidad del producto y sobrecostos derivados de una gestión inadecuada del mantenimiento. |
| Iglesias Gomez, V. | Mejora para la reducción de atracones en un horno del proceso de un fabricante de vidrio mediante la manufactura esbelta. | 2024 | Internacional (Perú) | Pontificia Universidad Católica del Perú | En la fabricación de envases de vidrio, las fallas se atribuyen a atracones seccionales causados por mal corte, contaminación del vidrio por lozas y errores humanos en la inspección al recibir vidrio externo. |
| Dominguez Bravo, E., & Mori Manrique, E. | Mejora para optimizar la eficiencia del Proceso WAO utilizando el Mantenimiento Productivo Total de una empresa de refinación de petróleo. | 2024 | Internacional (Perú) | Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) | En el Proceso WAO para el tratamiento de soda gastada en el sector hidrocarburos, las fallas fueron por baja disponibilidad de máquinas y frecuentes paros de línea, lo que generó una efectividad general de los equipos (OEE) por debajo del promedio del sector y afectó negativamente la productividad del sistema. |
| Castillo Ortega, M. | Optimización de la gestión en talleres mecánicos: integración de FMEA y metodología 5S. | 2024 | Internacional (México) | Universidad Autónoma de Puebla | Las fallas se deben a una gestión ineficiente de materiales auxiliares y repuestos, lo que genera desorganización, pérdidas de tiempo, errores en la localización de componentes y baja confiabilidad operativa. |

Adicionalmente, con el fin de complementar la revisión documental y contextualizar los hallazgos en el entorno local, se aplicó una encuesta a una muestra representativa de MiPymes del sector manufacturero de Bucaramanga. En el siguiente apartado se presentan los principales resultados obtenidos, los cuales permiten identificar las causas más frecuentes de fallas en sus

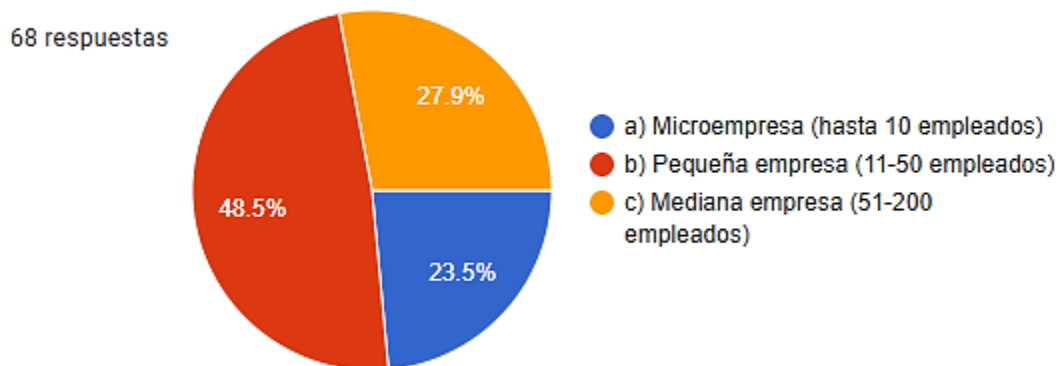
procesos, las prácticas actuales de mantenimiento y las consecuencias que estos eventos tienen sobre la eficiencia operativa y la rentabilidad.

Pregunta 1: La mayoría de las empresas encuestadas corresponden a pequeñas empresas (casi la mitad), lo que refleja una fuerte representación del segmento intermedio dentro de las MiPymes. Un 27,9% son medianas y un 23,5% microempresas. Esto indica que el estudio se enfoca principalmente en unidades productivas con estructuras organizativas modestas pero con una capacidad laboral que permite cierto nivel de especialización y división del trabajo. Este contexto es importante para entender los niveles de formalización, gestión técnica y disponibilidad de recursos destinados al mantenimiento preventivo.

Figura 6

Tamaño empresarial de las empresas encuestadas.

1. ¿Cuál es el tamaño de su empresa?



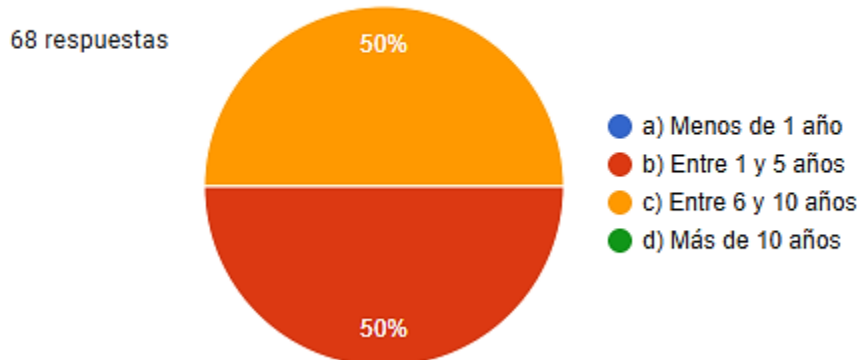
Pregunta 2: En la figura 7 se observa que el 100% de las empresas encuestadas se encuentra en un rango de operación entre 1 y 10 años. El hecho de que la mitad tenga entre 1 y 5 años indica que muchas de estas organizaciones están aún en proceso de consolidación y crecimiento. Esto puede significar que no han desarrollado completamente sistemas formales de mantenimiento, o que están en etapas tempranas de adopción de buenas prácticas productivas. La ausencia de empresas con más de 10 años también sugiere un enfoque hacia empresas jóvenes,

posiblemente más abiertas a la implementación de estrategias de mejora, pero también con limitaciones en experiencia operativa.

Figura 7

Años de operación de las empresas.

2. ¿Cuántos años lleva operando la empresa?

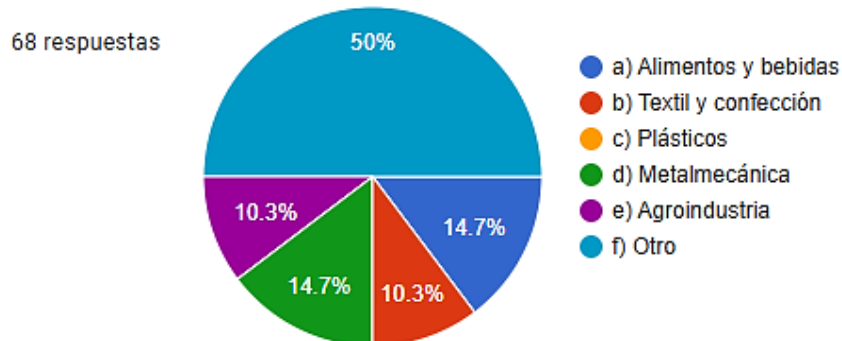


Pregunta 3: El mayor porcentaje de empresas (50%) pertenece a subsectores no especificados en las opciones, lo que indica una diversidad significativa en las actividades productivas dentro del grupo encuestado. Esto puede incluir sectores como papel, químicos, construcción de estructuras, entre otros. La representación de alimentos y bebidas y metalmecánica (ambos con 14,7%) sugiere una relevancia de estos subsectores en la muestra, en tanto que la ausencia de empresas del sector plásticos marca una diferencia con respecto a otros estudios donde esta industria tiene mayor representación. Esta diversidad de subsectores implica que las estrategias de mantenimiento deben ser flexibles y adaptables a distintos contextos tecnológicos y operativos.

Figura 8

Clasificación del subsector manufacturero de las empresas.

3. ¿Cuál es el subsector de manufactura al que pertenece su empresa?



Pregunta 4: En la figura 9, el hecho de que el 100% de las empresas cuente con maquinaria o equipos industriales confirma que todas las unidades productivas encuestadas operan bajo esquemas mecanizados o semi-automatizados, lo que justifica plenamente la pertinencia de un estudio centrado en estrategias de mantenimiento preventivo y los impulsa a generar prácticas de de mantenimiento. Se resalta la necesidad de implementar sistemas de mantenimiento adecuados para asegurar la disponibilidad y confiabilidad de dichos activos productivos.

Figura 9

Cantidad de empresas con maquinarias y equipos industriales.

4. ¿Su empresa cuenta con maquinaria o equipos industriales para sus procesos?



Pregunta 5: El 79,1% de las empresas reporta fallas ocasionales, lo que sugiere que, aunque los equipos operan con cierta estabilidad, aún existen interrupciones significativas que

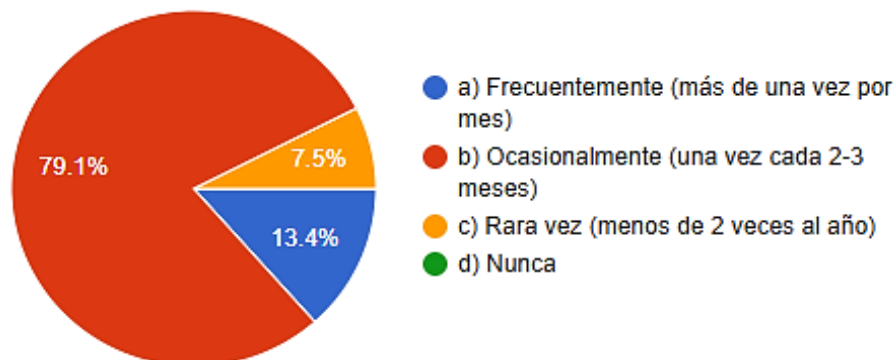
podrían ser mitigadas con una mejor planificación del mantenimiento. Un 13,4% de las empresas experimenta fallas frecuentes, lo que evidencia una situación crítica en su gestión técnica.

Figura 10

Frecuencia en que se presentan fallas de maquinaria.

5. ¿Con qué frecuencia presenta su empresa fallas en la maquinaria?

67 respuestas

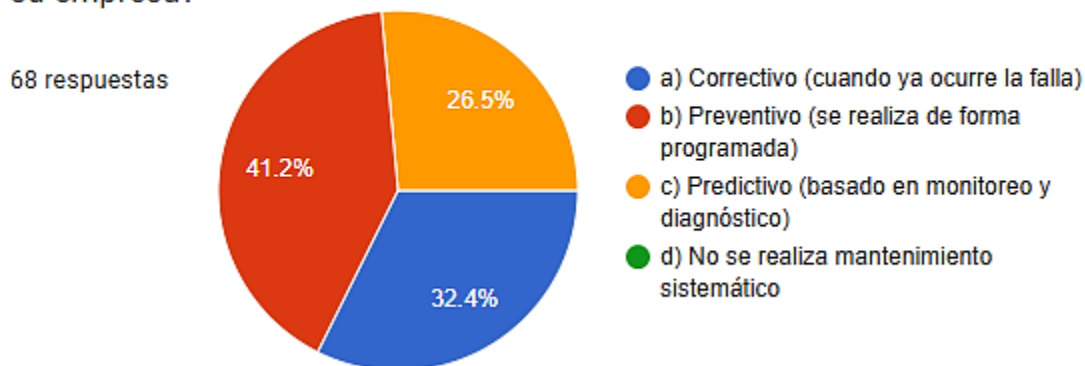


Pregunta 6: Aunque el 41,2% de las empresas aplica mantenimiento preventivo, un 32,4% aún depende del correctivo, lo que evidencia que una parte considerable del sector actúa únicamente cuando se presentan fallas, aumentando así los costos por tiempos de inactividad y reparaciones. Por otro lado, un 26,5% aplica mantenimiento predictivo, lo que refleja una minoría con cierto nivel de madurez tecnológica, posiblemente en empresas medianas con mayor capacidad de inversión. Es positivo que ninguna empresa indique la ausencia total de mantenimiento sistemático, lo que sugiere un reconocimiento generalizado de la importancia del mantenimiento, aunque no siempre se gestione con enfoque estratégico.

Figura 11

Tipos de mantenimientos más aplicados.

6. ¿Cuál considera que es el principal tipo de mantenimiento que se aplica en su empresa?

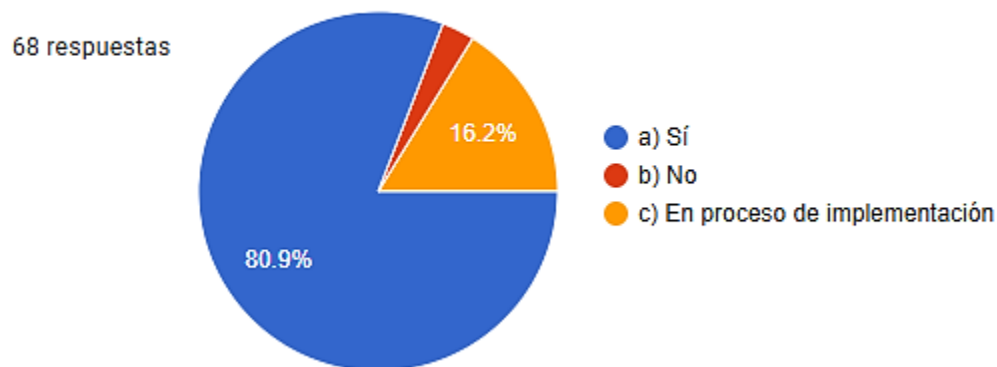


Pregunta 7: Una amplia mayoría de las empresas (80,9%) manifiesta contar con un plan formal de mantenimiento preventivo, lo cual es un dato positivo, ya que evidencia un reconocimiento de la importancia de anticiparse a las fallas en los procesos productivos. No obstante, el 16,2% que está en proceso de implementación revela que aún existe una parte del sector que no ha consolidado totalmente estos esquemas, lo que puede deberse a limitaciones técnicas, económicas o de conocimiento. El 2,9% que no cuenta con ningún plan presenta un riesgo operativo significativo, ya que expone a la empresa a fallas inesperadas y pérdidas económicas.

Figura 12

Plan formal de mantenimiento preventivo.

7. ¿Cuenta su empresa con un plan formal de mantenimiento preventivo?

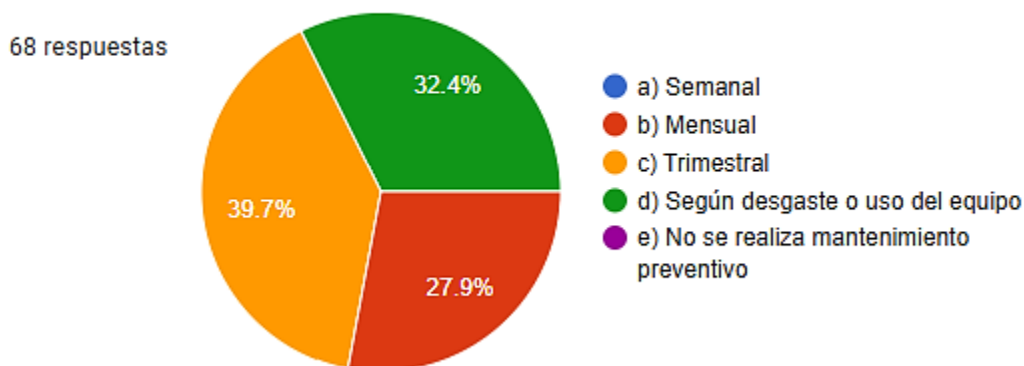


Pregunta 8: El mantenimiento preventivo en estas empresas se realiza mayoritariamente con una frecuencia trimestral (39,7%) o mensual (27,9%), lo que muestra una planificación periódica estructurada, aunque no necesariamente óptima en todos los casos. Un 31,4% lo realiza según el desgaste o uso del equipo, lo cual puede ser efectivo si se acompaña de monitoreo técnico, pero también puede ser una señal de mantenimiento poco sistematizado. La ausencia total de respuestas en las categorías "semanal" y "no se realiza mantenimiento preventivo" reafirma que, aunque hay esfuerzos por prevenir fallas, no se priorizan mantenimientos de alta frecuencia, posiblemente por limitaciones de recursos o disponibilidad de personal.

Figura 13

Frecuencia para las actividades de mantenimiento preventivo.

8. ¿Qué frecuencia tienen las actividades de mantenimiento preventivo?



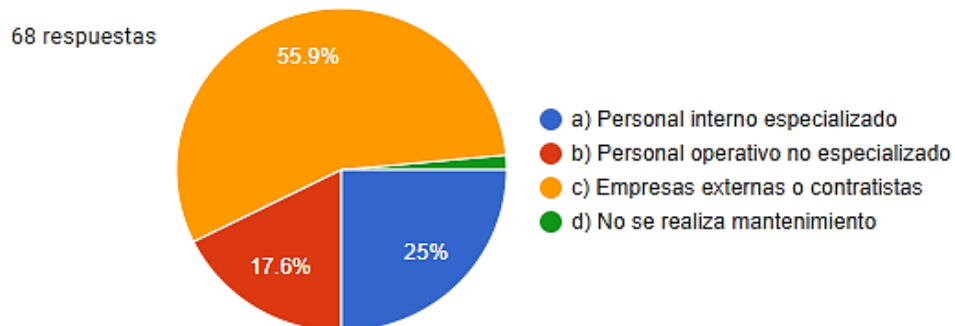
Pregunta 9: Como se observa en la figura 14, el hecho de que más de la mitad de las empresas de la industria manufacturera que fueron encuestados (55,9%) recurran a empresas externas o contratistas para ejecutar el mantenimiento sugiere que muchas MiPymes no cuentan con departamentos técnicos propios o con personal suficientemente capacitado. Esto puede implicar altos costos recurrentes y poca autonomía técnica de su maquinaria. Solo un 25% tiene personal interno especializado, lo cual es un punto débil si se busca sostenibilidad y respuesta rápida ante fallas. El 17,6% que delega el mantenimiento a personal no especializado representa

un riesgo técnico importante, ya que puede generar fallas por intervención inadecuada. El 1,5% que no realiza mantenimiento se encuentra en una situación crítica.

Figura 14

Empresas que ejecutan el mantenimiento.

9. ¿Quién ejecuta el mantenimiento en su empresa?

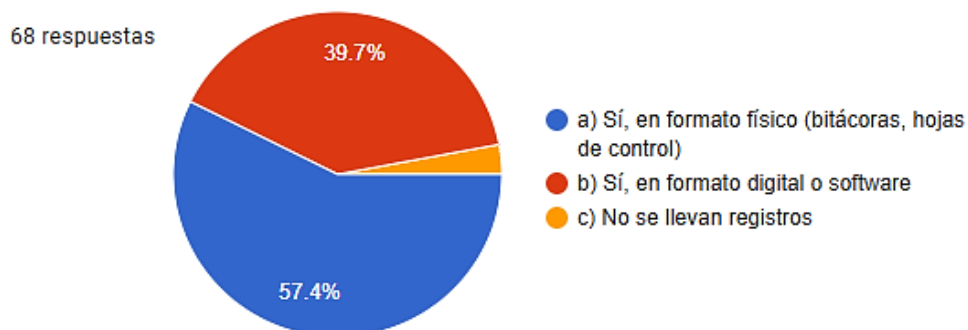


Pregunta 10: Un 57,4% de las empresas usa registros físicos, lo que indica que la mayoría aún trabaja con formatos tradicionales como bitácoras o planillas manuales. Un 39,7% emplea sistemas digitales o software, lo que es positivo, ya que demuestra un avance hacia la sistematización del mantenimiento. El 2,9% que no lleva registros representa una debilidad importante.

Figura 15

Registros de las actividades de mantenimiento.

10. ¿Su empresa lleva registros de las actividades de mantenimiento?



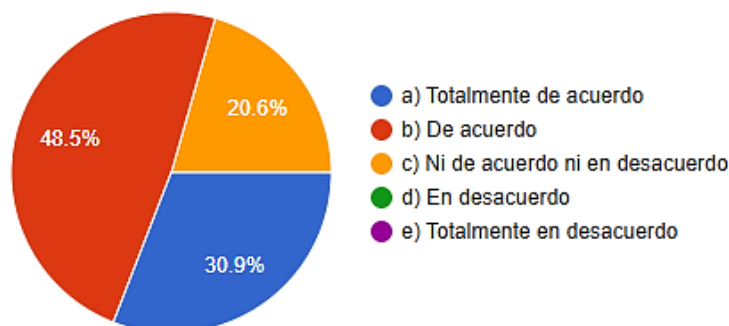
Pregunta 11: Un 79,4% de las empresas (suma de “totalmente de acuerdo” y “de acuerdo”) percibe que el mantenimiento preventivo sí contribuye a reducir las fallas, lo que refleja una valoración positiva general sobre su utilidad. Es relevante que ninguna empresa manifieste estar en desacuerdo, lo cual indica que el mantenimiento preventivo no genera rechazo, aunque aún existe un 20,6% con percepción neutral, lo que puede deberse a una implementación limitada o a falta de resultados tangibles en algunas organizaciones. Esta percepción favorable representa una oportunidad clave para fomentar la adopción de sistemas estructurados y sostenibles.

Figura 16

Percepción del mantenimiento preventivo en la reducción de fallas.

11. ¿Considera que el mantenimiento preventivo ayuda a reducir el número de fallas en la maquinaria?

68 respuestas



Pregunta 12: A conitnuación, en la figura 17, en los tres aspectos evaluados (reducción de tiempos de inactividad, reducción de costos y aumento de la productividad), la mayoría de las respuestas se concentra en las categorías “moderado” y “alto”, lo que sugiere que las empresas reconocen efectos positivos del mantenimiento preventivo, aunque estos no siempre alcanzan niveles óptimos. Esto podría explicarse por una implementación parcial, sin apoyo de metodologías sistemáticas o tecnologías de monitoreo.

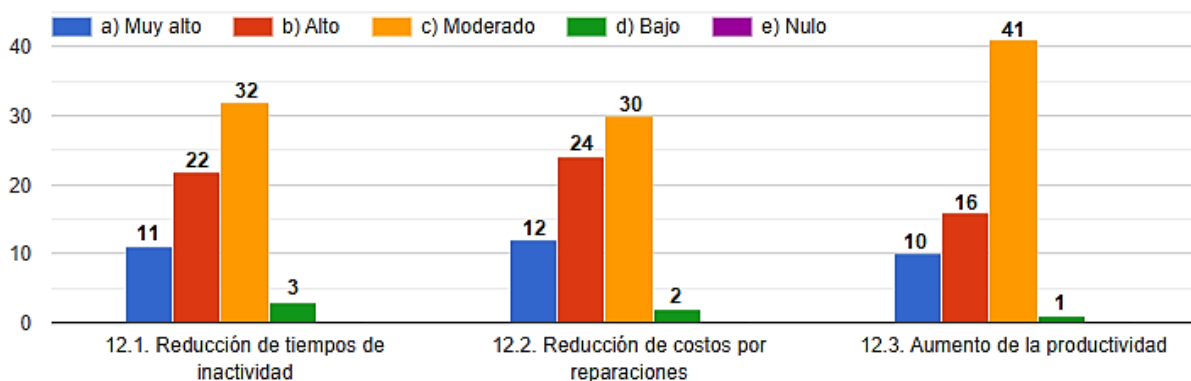
- En reducción de tiempos de inactividad, el 58,8% (suma de "muy alto" y "alto") observa un impacto relevante.
- En reducción de costos por reparaciones, el impacto es ligeramente mayor, con un 60% en las dos categorías más altas.
- En cuanto al aumento de productividad, aunque se percibe como positivo, el impacto es más moderado: el 65% lo sitúa en este nivel, lo cual indica que el mantenimiento es un factor importante, pero no el único que influye en la productividad general.

No hay respuestas en la categoría "nulo", lo cual confirma que el mantenimiento preventivo tiene, al menos, algún efecto en todos los casos donde se ha implementado.

Figura 17

Impacto del mantenimiento preventivo.

12. ¿Qué impacto ha tenido el mantenimiento preventivo (si lo implementa) en los siguientes aspectos? (Escala: Muy alto / Alto / Moderado / Bajo / Nulo)



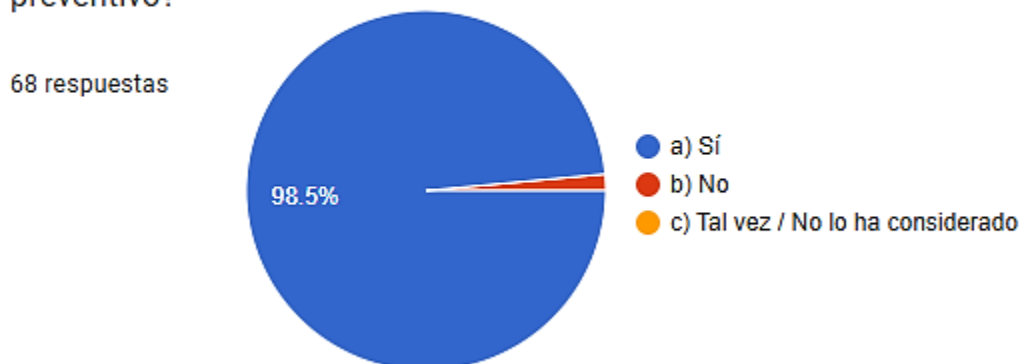
Pregunta 13: Un abrumador 98,5% de las empresas está interesada en fortalecer su sistema de mantenimiento preventivo, lo que muestra una clara disposición a mejorar y optimizar sus procesos productivos desde el enfoque de mantenimiento. Este dato valida la pertinencia de este estudio y refuerza la necesidad de brindar acompañamiento técnico, metodológico y formativo para ayudar a las empresas a implementar y consolidar sus sistemas de mantenimiento.

Solo un 1,5% no muestra interés, lo que representa un caso aislado que podría deberse a desconocimiento o falta de recursos.

Figura 18

Interés de los empresarios por fortalecer su sistema de mantenimiento.

13. ¿Está interesado su empresa en fortalecer el sistema de mantenimiento preventivo?



Los resultados del cuestionario aplicado a las MiPymes manufactureras de Bucaramanga, en conjunto con la literatura técnica consultada, permiten identificar una serie de causas estructurales que explican la recurrencia de fallas en los procesos productivos de este tipo de empresas, así como su efecto directo en la eficiencia operativa y la rentabilidad empresarial.

Una de las principales causas identificadas es la deficiente gestión del mantenimiento, especialmente en aquellas empresas que aún operan bajo un enfoque predominantemente correctivo (32,4%), es decir, que solo intervienen sus equipos cuando ya se ha presentado una falla. Este tipo de mantenimiento reactivo no solo incrementa los costos por reparaciones no planificadas y paradas prolongadas, sino que también genera incertidumbre operativa, afecta el cumplimiento de pedidos y disminuye la calidad del producto final (Vera y Torres, 2021, p.21).

Además, aunque el 80,9% de las empresas indica contar con un plan formal de mantenimiento preventivo, muchas de estas prácticas no están plenamente consolidadas. Esto se refleja en la frecuencia de fallas: el 79,1% reporta que ocurren al menos cada 2 o 3 meses, y un

13,4% afirma sufrir fallas con una frecuencia mensual. La dependencia de contratistas externos (55,9%) y el hecho de que solo el 25% cuenta con personal interno especializado, refuerza la idea de una falta de autonomía técnica, lo cual limita la capacidad de respuesta ante imprevistos.

Otra causa recurrente está relacionada con la ausencia de sistematización en los registros de mantenimiento. Aunque el 57,4% lleva controles físicos y el 39,7% digitales, una porción aún importante no cuenta con sistemas efectivos para hacer seguimiento histórico y tomar decisiones informadas. Esta carencia impide el desarrollo de estrategias basadas en datos, como el mantenimiento predictivo o la optimización de recursos mediante indicadores de desempeño (MTBF, MTTR, disponibilidad operativa).

Desde el punto de vista organizacional, la falta de capacitación del personal operativo y la delegación de tareas técnicas a trabajadores no especializados (17,6%) contribuyen al mal uso de los equipos y al aumento de fallas menores que podrían prevenirse con entrenamientos adecuados o con la implementación del mantenimiento autónomo, como lo propone el modelo TPM (Total Productive Maintenance).

En términos de impacto, estas causas generan una disminución en la eficiencia operativa, debido a la pérdida de tiempo productivo por paradas imprevistas, reprocesos o incumplimientos en los cronogramas de producción. En paralelo, afectan directamente la rentabilidad empresarial, al elevar los costos por reparaciones, reducir la vida útil de los activos y deteriorar la confianza del cliente por posibles demoras o defectos en el producto.

No obstante, es importante destacar que existe una percepción positiva generalizada del mantenimiento preventivo, ya que el 98,5% de las empresas manifiesta interés en fortalecerlo y más del 60% reconoce que su implementación ha tenido un impacto alto o muy alto en la reducción de costos, disminución de tiempos muertos y mejora de la productividad. Este

hallazgo demuestra que el camino hacia la mejora está bien identificado por los empresarios, pero aún enfrenta limitaciones estructurales en su implementación y seguimiento.

Los hallazgos en las MiPymes manufactureras de Bucaramanga muestran que la mayoría de empresas aún enfrenta fallas ocasionales (79,1%) y un 13,4% presenta fallas frecuentes, situación que coincide con lo reportado por Vera y Torres (2021), quienes señalan que la prevalencia de un mantenimiento mayoritariamente correctivo incrementa las paradas no planificadas y afecta la confiabilidad de los procesos. En contraste, estudios como el de Sigua, Narváez y Palacios (2020) en el sector de cárnicos en Cuenca, atribuyen las fallas a la ausencia de metodologías de control de costos de no calidad, un factor menos mencionado en Bucaramanga, donde la falta de sistematización en registros y la dependencia de contratistas externos parecen tener mayor peso.

Asimismo, los resultados locales divergen parcialmente de lo encontrado por Cahuana y Espíritu (2021) en el sector metalmecánico de Lima, donde las fallas se asociaron principalmente a desorden y deficiencias en rutinas de limpieza, mientras que en Bucaramanga la capacitación limitada del personal y la falta de autonomía técnica destacan como causas recurrentes. No obstante, sí se observa un punto de convergencia con Bastidas Rojas (2024), quien identifica que los paros no planificados y los ajustes constantes derivados de una gestión inadecuada del mantenimiento representan una de las mayores fuentes de pérdida en las plantas manufactureras.

Estos contrastes sugieren que, aunque las MiPymes de Bucaramanga comparten con otros contextos latinoamericanos la problemática de paradas frecuentes y baja estandarización de procesos, presentan particularidades relacionadas con la juventud de las empresas (muchas con menos de 10 años de operación) y la fuerte dependencia de servicios de mantenimiento externos, lo cual limita la consolidación de una cultura preventiva interna.

Ventajas y Desafíos de la Implementación de los Sistemas de Gestión de Mantenimiento Preventivo en MiPymes

En el contexto de las micro, pequeñas y medianas empresas (MiPymes) de la industria manufacturero, la implementación de sistemas de gestión de mantenimiento preventivo representa una estrategia clave para garantizar la continuidad operativa, la eficiencia técnica y la competitividad en el mercado. No obstante, su aplicación práctica implica considerar tanto los beneficios como los retos asociados, especialmente en entornos con recursos limitados y estructuras organizativas menos formalizadas. A continuación, se presenta una tabla que presenta las principales ventajas y desafíos de estos sistemas, abordando aspectos tanto técnicos como operativos, con el fin de brindar una visión integral que sirva de base para la toma de decisiones y la formulación de estrategias de mejora en estas organizaciones.

Tabla 3

Clasificación de ventajas y desafíos de la implementación de los sistemas de gestión de mantenimiento preventivo en MiPymes.

| Aspecto | Ventajas | Desafíos |
|----------------|--|--|
| Técnico | Prolongación de la vida útil de la maquinaria mediante intervenciones programadas (Márquez, 2007). | Escasez de personal técnico capacitado en metodologías de mantenimiento preventivo (Muchiri et al., 2011). |
| | Reducción de fallas inesperadas y aumento de la disponibilidad de los equipos (Eti & Ogaji, 2006). | Carencia de herramientas tecnológicas como software CMMS (Computerized Maintenance Management System) (Tsang, 2002). |
| | Mejora en la confiabilidad de los procesos productivos al minimizar interrupciones (Waeyenbergh & Pintelon, 2002). | Dificultad para mantener registros actualizados debido a la falta de sistematización (Sherwin, 2000). |

| Aspecto | Ventajas | Desafíos |
|------------------|--|--|
| | Optimización del rendimiento energético y técnico de los activos (Waeyenbergh & Pintelon, 2002). | Existencia de equipos obsoletos sin especificaciones técnicas claras (Jonsson, 1997). |
| | Disminución de los costos asociados a reparaciones correctivas y reemplazos prematuros de equipos (Moubray, 1997). | Limitaciones en el acceso a tecnologías de monitoreo predictivo o mantenimiento basado en condición (Tsang, 2002). |
| | Mayor control y trazabilidad con el registro histórico de intervenciones (Ahuja & Khamba, 2008). | Resistencia al cambio por parte del personal operativo, especialmente donde predomina el correctivo (Alsyouf, 2007). |
| | Mejora en la planificación de la producción al evitar paradas no programadas (Márquez, 2007). | Reestructuración de procesos operativos que puede generar interrupciones temporales (Jonsson, 1997). |
| | Mayor cumplimiento de cronogramas de entrega gracias a la continuidad operativa (Eti & Ogaji, 2006). | Curva de aprendizaje y necesidad de capacitación para el personal (Muchiri et al., 2011). |
| | Incremento en la productividad del personal operativo por reducción de tiempos muertos (Waeyenbergh & Pintelon, 2002). | Restricciones presupuestarias para adquirir herramientas, repuestos o contratar especialistas (Jonsson, 1997). |
| Operativo | Reducción del desperdicio de materiales por fallas en maquinaria (Moubray, 1997). | Ausencia de una cultura organizacional preventiva que garantice sostenibilidad (Alsyouf, 2007). |
| | Apoyo al cumplimiento de normativas técnicas, auditorías y estándares de calidad (Ahuja & Khamba, 2008). | |
| | Mejora en la seguridad industrial al disminuir riesgos de accidentes por equipos defectuosos (Ahuja & Khamba, 2008). | |

El análisis de la tabla permite concluir que, si bien la implementación del mantenimiento preventivo en las MiPymes manufactureras conlleva importantes ventajas técnicas y operativas, como el aumento de la vida útil de los equipos, la reducción de fallas imprevistas, la mejora en la planificación y el cumplimiento de estándares de calidad, también enfrenta desafíos significativos, especialmente relacionados con la falta de personal calificado, recursos económicos limitados y la resistencia al cambio organizacional. No obstante, superar estas barreras mediante estrategias progresivas, capacitación técnica y una adecuada gestión del conocimiento, puede traducirse en mejoras sustanciales en la eficiencia productiva, rentabilidad y sostenibilidad de estas empresas en el largo plazo.

Plan de Estrategias de Mejora Basadas en el Mantenimiento Preventivo para Optimizar los Procesos Productivos y Reducir la Frecuencia de Fallas en las Mipymes

Con el fin de optimizar los procesos productivos y reducir la frecuencia de fallas en las MiPymes manufactureras, se ha diseñado un plan estratégico fundamentado en el mantenimiento preventivo. Este plan se estructura en cinco etapas secuenciales que integran tanto acciones técnicas como operativas, orientadas a fortalecer la gestión del mantenimiento, la participación del personal y la eficiencia de los equipos. La siguiente tabla presenta un resumen de cada etapa del plan, sus estrategias principales y los resultados esperados tras su implementación progresiva en el entorno productivo.

Tabla 4

Plan de estrategias de mejora basadas en mantenimiento preventivo.

| Etapas | Estrategias principales | Resultado esperado |
|--------------------------------|--|--|
| 1. Diagnóstico y planificación | Auditoría técnica de equipos Clasificación por criticidad | Identificación de equipos críticos y principales |

| Etapa | Estrategias principales | Resultado esperado |
|---------------------------------|---|--|
| | Análisis de fallas (Pareto, FMEA) Levantamiento de historial de fallas | causas de fallas; base para priorización del plan preventivo. |
| 2. Plan preventivo estructurado | Fichas técnicas de mantenimiento por equipo / máquina Cronogramas periódicos (mensual/trimestral) Registro en bitácoras o software básico | Reducción de paradas inesperadas; mayor control y trazabilidad de tareas técnicas. |
| 3. Capacitación del personal | Talleres de mantenimiento autónomo Instrucción sobre inspección visual y primeros auxilios mecánicos Cultura preventiva | Personal capacitado y disminución de fallas por uso inadecuado. |
| 4. Monitoreo y mejora continua | Definición de indicadores (KPIs) Evaluación mensual de desempeño Ajustes al plan preventivo basado en resultados y retroalimentación | Sistema adaptativo de mantenimiento; incremento sostenido de la eficiencia operativa. |
| 5. Herramientas complementarias | Aplicación de 5S Uso SMED para reducir tiempos de cambio Controles visuales y listas de chequeo | Procesos ordenados, menos desperdicio, mayor estandarización y cumplimiento normativo. |

El análisis de los indicadores clave de desempeño (KPIs) muestra que la mayoría de las empresas aún se ubica en un rango medio de desempeño, con un Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF) alrededor de los 10 días. Si se lograra duplicar este valor y alcanzar los 20 días, el impacto para las MiPymes sería considerable. En primer lugar, significaría reducir a la mitad la frecuencia de paradas por falla, lo cual se traduciría en una mayor disponibilidad operativa de la maquinaria y un incremento directo en la capacidad productiva. Esto coincide con lo señalado por Waeyenbergh y Pintelon (2002), quienes sostienen que el aumento del MTBF es uno de los indicadores más confiables del éxito de una estrategia preventiva.

Desde una perspectiva económica, pasar de un MTBF de 10 a 20 días representaría una reducción significativa en los costos asociados a reparaciones y en el uso de repuestos no planificados, mejorando así la rentabilidad de las operaciones. Además, la proyección a mediano plazo permitiría extender la vida útil de los equipos críticos, aplazando inversiones de capital en reposición de activos. En términos de gestión operativa, este avance también implicaría liberar horas-hombre que actualmente se destinan a intervenciones correctivas, las cuales podrían reasignarse a actividades de mantenimiento autónomo, control de calidad o mejora continua, generando un efecto multiplicador en la productividad.

Desde el punto de vista estratégico, duplicar el MTBF acercaría a las MiPymes manufactureras de Bucaramanga a estándares de disponibilidad superiores al 90%, nivel considerado competitivo a nivel internacional (Márquez, 2007).

Según lo anterior, la implementación de las cinco etapas propuestas en el plan de mantenimiento preventivo ayuda a lograr una gestión eficiente y sostenible en las MiPymes manufactureras. Cada etapa cumple una función específica y complementaria que permite abordar integralmente las necesidades técnicas y operativas del proceso productivo. Desde el diagnóstico inicial, que permite conocer el estado real de los equipos, hasta la incorporación de herramientas complementarias para fortalecer la cultura de mejora continua, estas fases son una hoja de ruta de bajo costo para reducir fallas, mejorar la productividad y asegurar la disponibilidad de los activos críticos. Su aplicación progresiva permite que incluso empresas con recursos limitados puedan avanzar hacia un sistema preventivo sólido y orientado a resultados.

Asimismo, para evaluar la efectividad del sistema de mantenimiento preventivo y asegurar su mejora continua, es necesario establecer indicadores clave de desempeño (KPIs) para monitorear los avances de forma objetiva y periódica. A continuación, se presentan los

principales indicadores utilizados en la gestión del mantenimiento, acompañados de su descripción, meta recomendada y un sistema de codificación por colores que facilita su interpretación visual, permitiendo identificar rápidamente el nivel de cumplimiento y áreas que requieren ajustes.

Tabla 5

Indicadores de gestión del mantenimiento preventivo.

| Indicador (KPI) | Descripción | Meta recomendada | Código de color |
|--|---|------------------|---|
| MTBF (Tiempo Medio Entre Fallas) | Tiempo promedio que transcurre entre una falla y otra en un mismo equipo. | >15 días | ● Bajo: <10 días ● Medio: 10-15 ● Alto: >15 |
| MTTR (Tiempo Medio de Reparación) | Tiempo promedio requerido para reparar un equipo tras una falla. | <6 horas | ● Alto: >10 h ● Medio: 6-10 h ● Bajo: <6 h |
| Disponibilidad operativa (%) | Porcentaje del tiempo en que el equipo está disponible para operar. | >90% | ● Bajo: <80% ● Medio: 80-90% ● Alto: >90% |
| Cumplimiento del plan de mantenimiento (%) | Porcentaje de tareas preventivas ejecutadas frente a las programadas. | >95% | ● Bajo: <80% ● Medio: 80-95% ● Alto: >95% |
| Frecuencia de fallas (por mes) | Número de fallas reportadas en equipos críticos en un periodo mensual. | <2 fallas | ● Alta: >4 ● Moderada: 2-4 ● Baja: <2 |

El análisis de los indicadores permite evaluar la eficacia del mantenimiento preventivo y orientar la toma de decisiones dentro de las MiPymes manufactureras. Estos indicadores cuantifican la confiabilidad, la disponibilidad y la eficiencia de los equipos, así como la capacidad de las empresas para cumplir sus programas de mantenimiento.

1. MTBF (Tiempo Medio Entre Fallas): El MTBF mide el tiempo promedio que transcurre entre una falla y otra en un mismo equipo. En términos prácticos, un aumento del MTBF refleja una mayor confiabilidad del sistema y una reducción en la frecuencia de interrupciones. Por ejemplo, si una empresa logra incrementar su MTBF de 10 a 20 días, esto significa que las fallas se reducen a la mitad, permitiendo mayor continuidad en la producción, menos horas de paro y una disminución notable en costos de mantenimiento correctivo. En una MiPyme textil, este avance podría traducirse en la producción de un 10–15 % más de unidades al mes sin interrupciones adicionales, mejorando la productividad y la satisfacción del cliente.

2. MTTR (Tiempo Medio de Reparación): representa el tiempo promedio necesario para reparar un equipo tras una falla. Un valor bajo indica mayor eficiencia en la respuesta técnica y mejor planificación de recursos. Por ejemplo, reducir el MTTR de 10 horas a 5 horas implicaría que los técnicos logran restaurar la operación en la mitad del tiempo, aumentando la disponibilidad del equipo y reduciendo pérdidas por paradas no programadas. En una empresa metalmecánica de Bucaramanga, esta mejora puede significar que una prensa o torno crítico deje de estar inactivo un día completo por semana, generando un ahorro mensual significativo en horas-hombre y producción perdida.

3. Disponibilidad operativa (%): Este indicador mide el porcentaje del tiempo en que el equipo está disponible para operar frente al total del tiempo planificado. Una disponibilidad superior al 90% se considera excelente y refleja una gestión preventiva madura. Por ejemplo, en una empresa de empaques, pasar de una disponibilidad del 80% al 92% podría representar casi un día adicional de producción efectiva por semana, incrementando las entregas y reduciendo los retrasos logísticos.

4. Cumplimiento del plan de mantenimiento (%): Este KPI evalúa el porcentaje de actividades de mantenimiento preventivo ejecutadas frente a las programadas. Su mejora indica disciplina operativa y buena planificación. Una MiPyme que eleve su cumplimiento del 75% al 95% garantiza que la mayoría de las intervenciones se realizan a tiempo, reduciendo la probabilidad de fallas imprevistas y fortaleciendo la cultura organizacional de prevención.

5. Frecuencia de fallas (por mes): mide la cantidad de fallas en equipos críticos durante un periodo determinado. Una reducción en la frecuencia de fallas es evidencia directa de un mantenimiento preventivo efectivo. Por ejemplo, si una planta de alimentos pasa de registrar cuatro fallas mensuales a una o dos, los efectos se reflejan en menor desperdicio de materia prima, menos pérdidas por paradas de línea y mayor confiabilidad en la entrega de pedidos. La implementación del plan de mantenimiento preventivo descrito, junto con el monitoreo continuo a través de indicadores clave de desempeño son una estrategia integral para la mejora de la eficiencia operativa en las MiPymes manufactureras. Al estructurar las acciones en etapas progresivas y complementarlas con herramientas de evaluación cuantitativa, se favorece no solo la reducción de fallas y tiempos de inactividad, sino también el fortalecimiento de la cultura organizacional en torno al cuidado de los activos.

Conclusiones

En primer lugar, la investigación permitió evidenciar que las fallas en los procesos productivos constituyen una problemática estructural que impacta de manera directa en la eficiencia operativa, la rentabilidad y la sostenibilidad de estas organizaciones. Estas fallas, recurrentes en la mayoría de las empresas analizadas, están relacionadas con la ausencia de planificación técnica del mantenimiento, el uso prolongado de maquinaria sin controles preventivos y la falta de procedimientos estandarizados para la gestión de los activos productivos. Se confirmó, además, una marcada dependencia del mantenimiento correctivo, lo cual incrementa los costos, genera tiempos de inactividad prolongados y afecta la calidad del producto final. Estos hallazgos reflejan limitaciones asociadas a la escasez de personal capacitado, restricciones financieras y desconocimiento de metodologías consolidadas como el TPM, el RCM o los principios Lean aplicados al mantenimiento.

Asimismo, y en correspondencia al segundo resultado obtenido, el análisis de la información reveló que la falta de sistematización en los registros, la escasa aplicación de indicadores clave de desempeño (KPIs) y la limitada participación del personal operativo en labores de conservación han consolidado una cultura organizacional reactiva. Esta situación impide que las MiPymes adopten el mantenimiento como una herramienta estratégica de productividad y competitividad. Sin embargo, la revisión de la literatura y los resultados del diagnóstico confirman que la implementación de prácticas como el registro de datos, el uso de indicadores técnicos y la integración de metodologías sencillas (5S, SMED, TPM) pueden mejorar significativamente el desempeño, al reducir fallas, optimizar la disponibilidad de los equipos y mejorar el uso de los recursos disponibles.

Finalmente, con el tercer resultado se logró el diseño de un plan estratégico dividido en cinco etapas (diagnóstico, implementación, capacitación, monitoreo y mejora continua) permitió establecer una hoja de ruta ajustada a las realidades de las MiPymes manufactureras de Bucaramanga. Esta propuesta demuestra que es posible estructurar modelos de mantenimiento preventivo de bajo costo y alta aplicabilidad, que promuevan la planificación técnica, el orden en el entorno de trabajo y la participación activa de los colaboradores. En conjunto, los resultados confirman que avanzar hacia una gestión preventiva del mantenimiento no solo es deseable, sino fundamental para garantizar la sostenibilidad operativa, económica y competitiva de las MiPymes en el contexto actual.

Recomendaciones

Implementación progresiva de sistemas de mantenimiento preventivo: Se recomienda a las MiPymes de la industria manufacturera de Bucaramanga avanzar gradualmente hacia la adopción de un sistema formal de mantenimiento preventivo, ajustado a sus capacidades operativas y económicas. El primer paso debe ser un diagnóstico que identifique los equipos más críticos, las fallas más frecuentes y los puntos de mayor impacto en la eficiencia y los costos.

Diseño y ejecución de planes de mantenimiento preventivo: Es necesario elaborar planes de mantenimiento que incluyan rutinas periódicas de inspección, limpieza, lubricación, ajustes menores y control de parámetros. Estos deben construirse con base en fichas técnicas por equipo y calendarizarse mensualmente, permitiendo anticiparse a posibles fallas y reduciendo la dependencia del mantenimiento correctivo. Aunque inicialmente pueden implementarse de manera manual, se recomienda migrar hacia herramientas digitales básicas, como hojas de cálculo estructuradas o software libre de gestión de mantenimiento (CMMS), lo cual favorece la sistematización de registros a bajo costo.

Capacitación y desarrollo de competencias técnicas: Se sugiere invertir en la formación del personal operativo y técnico, no solo en rutinas de mantenimiento, sino también en metodologías de mejora continua como 5S, TPM y SMED. Para fortalecer este proceso, se recomienda establecer convenios con universidades y centros de formación técnica que ofrezcan programas de capacitación, pasantías o asesorías en mantenimiento industrial. De esta forma, se favorece la transferencia de conocimiento, se desarrollan capacidades internas y se reduce la dependencia de contratistas externos.

Fomento del mantenimiento autónomo y cultura preventiva: Es conveniente integrar al personal de planta en actividades de mantenimiento básico bajo supervisión técnica, delegando

tareas sencillas que fomenten la apropiación del proceso. Esta práctica contribuye a crear una cultura organizacional de prevención y orden, donde el mantenimiento se conciba como parte integral de la operación y no como una acción externa o correctiva.

Asociatividad para optimizar recursos de mantenimiento: Se recomienda impulsar alianzas y asociaciones entre MiPymes que permitan compartir servicios especializados de mantenimiento, contratar conjuntamente proveedores, y facilitar la adquisición de repuestos o equipos. Este modelo asociativo disminuye costos individuales, mejora la negociación con proveedores y garantiza mayor disponibilidad de recursos técnicos en la región.

Monitoreo y gestión estratégica mediante indicadores: Es fundamental establecer un sistema de seguimiento y evaluación basado en indicadores clave de desempeño (KPIs), como el tiempo medio entre fallas (MTBF), el tiempo medio de reparación (MTTR), la disponibilidad de los equipos y el cumplimiento de los cronogramas de mantenimiento. Estos indicadores, analizados de forma periódica, permiten medir la evolución del sistema, identificar oportunidades de mejora y tomar decisiones fundamentadas en evidencia objetiva.

Reconceptualización del mantenimiento como inversión: se recomienda que las MiPymes no perciban el mantenimiento como un gasto, sino como una inversión estratégica que incide directamente en la continuidad operativa, la calidad del producto y la rentabilidad. La aplicación del plan de estrategias propuesto en cinco etapas (diagnóstico, implementación, capacitación, monitoreo y mejora continua) constituye una alternativa práctica y adaptable incluso en contextos con limitaciones de recursos, con alto potencial para transformar la eficiencia y sostenibilidad de las operaciones productivas.

Referencias Bibliográficas

- Ahuja, I. P. S., & Khamba, J. S. (2008). Total productive maintenance: literature review and directions. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 25(7), 709–756. <https://doi.org/10.1108/02656710810890890>
- Alsyouf, I. (2007). The role of maintenance in improving companies' productivity and profitability. *International Journal of Production Economics*, 105(1), 70–78. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2004.06.057>
- Anaya Sánchez, D. y Pinto Ortega, J. (2023). *Determinación de estrategias para la automatización en la gestión del mantenimiento para el sector textil en PYMES de Colombia*. [Tesis de pregrado, Unidades Tecnológicas de Santander]. Repositorio Institucional UTS. <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/12117>
- Anaya Sánchez, D. y Pinto Ortega, J. (2023). *Determinación de estrategias para la automatización en la gestión del mantenimiento para el sector textil en PYMES de Colombia*. [Tesis de pregrado, Unidades Tecnológicas de Santander]. Repositorio Institucional UTS. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/8749872>
- Anchundia, P. y Brito, D. (2023). Las cinco fundacionales del mantenimiento planeado como alternativa para gestionar el mantenimiento en una industria de producción pesquera. *MQRInvestigar*, 7(4), 719-736. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.7.4.2023.719-736>
- Bautista Mezarina, J. y Valera Sánchez, C. (2023). *Propuesta de un modelo de gestión del proceso de mantenimiento para la reducción del incumplimiento en el plan de producción en una empresa de consumo masivo mediante la metodología justo a tiempo y el concepto de reparación mínima*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Institucional UPC. <http://hdl.handle.net/10757/667751>

- Bogotá Yanguma, M. y Galván Sáenz, A. (2023). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para las equipos y herramientas en Dimancol Group SAS*. Universidad Distrital Francisco José De Caldas. <http://hdl.handle.net/11349/35189>
- Campos López, O., Tolentino Eslava, G., Toledo Velázquez, M. y Tolentino Eslava, R. (2019). Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, bases de datos y criticidad de efectos. *Revista Científica*, 23(1), 51-59. <https://www.redalyc.org/journal/614/61458265006/html/>
- Canahua, N. (2021). Implementación de la metodología TPM-Lean Manufacturing para mejorar la eficiencia general de los equipos (OEE) en la producción de repuestos en una empresa metalmecánica. *Industrial data*, 24(1), 49. <http://dx.doi.org/10.15381/idata.v24i1.18402>
- Castillo Rojas, C. y Rocca Riquez, J. (2024). *Implementación del RCM para reducir interrupciones imprevistas en el sistema eléctrico de media tensión de una empresa de distribución eléctrica*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Institucional UPC. <http://hdl.handle.net/10757/683011>
- Chica Castro, L., Solís Ferrer, H., Garofalo Largo, V. y Jiménez León, F. (2024). Sistema de gestión de mantenimiento preventivo para reducir índices de fallas en el proceso productivo empresarial. *Revista MQRInvestigar*, 8(3), 3048–3064. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.3.2024.3048-3064>
- Chuchullo, D. y Cevallos, S. (2023). *Incremento de la eficiencia en el proceso de costura mediante las herramientas de estandarización del trabajo y mantenimiento preventivo en la industria de textil y confecciones*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Institucional UPC. <http://hdl.handle.net/10757/671835>

- Cruz, G. y Puente, Y. (2020). *Gestión de mantenimiento centrado en confiabilidad para reducir los costos por paros no programados en los esterilizadores de leche, Lima 2020*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV.
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/55876>
- Eti, M. C., & Ogaji, S. O. (2006). Implementing total productive maintenance in Nigerian manufacturing industries. *Applied Energy*, 83(8), 874–891.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2005.09.004>
- Fernández Sialer, M. y Hernández Cruces, J. (2022). *Implementación del mantenimiento centrado en confiabilidad para mejorar la productividad de los equipos de transporte minero de la Empresa Unicon, Ica 2021*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/88275>
- Fernández, J., Briceño Barrero, D. y Rodríguez Rojas, L. (2022). Industria 4.0: el reto para las pymes manufactureras de Bogotá, Colombia. *Revista Mutis*, 12(1).
<https://revistas.utadeo.edu.co/index.php/mutis/article/view/Industria-4.0-reto-para-pymes-manufactureras-Bogota-Colombia>
- Fractal Tech S.L (2024). *Metodología LEAN en el Mantenimiento*. Tomado de:
<https://www.fractal.com/es/mantenipedia/metodologia-lean-en-el-mantenimiento>
- García Madeo, S. (2025). *Estudio para la realización de un protocolo de mejoras en los procesos industriales para la construcción de maquinaria en la industria farmacéutica*. [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica de Cataluña]. Repositorio Institucional UPC.
<https://hdl.handle.net/2117/426992>
- Godoy Villarreal, M. y Tasayco Levano, C. (2024). *Propuesta de mejora para incrementar el cumplimiento de pedidos en una empresa textil en Lima, utilizando un modelo basado en*

- mantenimiento preventivo y estandarización de trabajo*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Institucional UPC.
<http://hdl.handle.net/10757/682690>
- Hurtado, R. (2024). Impacto de la automatización contable en la eficiencia operativa de las Pymes. *Revista Científica Zambos*, 3(1), 19-35. <https://doi.org/10.69484/rcz/v3/n1/10>
- Jonsson, P. (1997). The status of maintenance management in Swedish manufacturing firms. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 3(4), 233–258.
<https://doi.org/10.1108/13552519710176814>
- Landazábal, M., Ruiz, C., Álvarez, Y. y Padilla, H. (2019). Lean manufacturing: 5 sy TPM, herramientas de mejora de la calidad. Caso empresa metalmecánica en Cartagena, Colombia. *Revista Signos: Investigación en Sistemas de Gestión*, 11(1), 71-86.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6786515>
- Marín, J. (2022). *Plan de mantenimiento predictivo de cabezales de transportes Pelicano, San José, Escuintla*. [Tesis de pregrado, Universidad Rural de Guatemala]. Repositorio Institucional URG. <https://urural.edu.gt/wp-content/uploads/2024/08/0211-2021.pdf>
- Márquez, A. C. (2007). *The maintenance management framework: models and methods for complex systems maintenance*. Springer. <https://doi.org/10.1108/13552510910961110>
- Moreno Marcial, P. y Santos Méndez, M. (2022). Optimización de procesos de producción en medianas empresas del sector textil. *RECIAMUC*, 6(1), 226-234.
<https://reciamuc.com/index.php/RECIAMUC/article/view/781>
- Moubray, J. (1997). *Reliability-centered maintenance (2nd ed.)*. Industrial Press.

- Muchiri, P., Pintelon, L., Gelders, L., & Martin, H. (2011). Development of maintenance function performance measurement framework and indicators. *International Journal of Production Economics*, 131(1), 295–302. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.04.039>
- Peralta, C., Araque, Y., García, A. y Alvarado, N. (2021). Factores de competitividad en PYMES manufactureras en Colombia. *Revista Venezolana de Gerencia: RVG*, 26(5), 350-369. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8890519>
- Restrepo Sepúlveda, B. y Urrego Cartagena, J. (2022). *Industria 4.0 en pyme de mantenimiento automotriz en Medellín: caso de estudio*. [Tesis de pregrado, Corporación Universitaria Minuto de Dios]. Repositorio Institucional UNIMINUTO. <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/16198>
- Restrepo Valencia, M. (2021). *Diagnóstico de la implementación de prácticas e indicadores de sostenibilidad ambiental en pymes del sector manufacturero de Colombia y el Valle del Cauca*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/42572>
- Saldaña, L. y Ramos, C. (2024). *Implementación de Lean Manufacturing para incrementar la eficiencia operativa del proceso productivo de una pyme metalmecánica*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Institucional UPC. <http://hdl.handle.net/10757/670590>
- Sánchez, J., Vite Méndez, J. y Abarca, R. (2024). Gestión de almacenes y productividad en el área de despacho de empresas manufactureras: una breve revisión. *SIGNOS-Investigación en Sistemas de Gestión*, 16(1). <https://doi.org/10.15332/24631140.8816>

- Sherwin, D. (2000). A review of overall models for maintenance management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 6(3), 138–164.
<https://doi.org/10.1108/13552510010341171>
- Silva Cotrina, S. (2020). *Plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos del proceso productivo de una Curtiembre*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV.
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/51037>
- Tsang, A. H. C. (2002). Strategic dimensions of maintenance management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 8(1), 7–39. <https://doi.org/10.1108/13552510210420577>
- Vásquez Gonzales, D. (2024). *Implementar un plan de mantenimiento preventivo para aumentar la disponibilidad de los tornos en una empresa metalmecánica, Ancash, 2024*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional UCV.
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/154691>
- Vera, R. y Torres, R. (2021). Pautas de un programa de mantenimiento y su importancia en el proceso agroindustrial. *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*, 4(8), 96-113. <https://journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/view/40>
- Waeyenbergh, G., & Pintelon, L. (2002). A framework for maintenance concept development. *International Journal of Production Economics*, 77(3), 299–313.
[https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(01\)00156-6](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(01)00156-6)

Apéndices

Apéndice A

Reporte Empresarial de Empresas Encuestadas



Reporte Consulta Empresas

Total Empresas: 68

| Empresa | Sigla | Nit | Municipio |
|---|------------------|-------------|-------------|
| ABONOS AGS S.A.S. | | 900946020-2 | BUCARAMANGA |
| AGROINDUSTRIA SISMAR S.A.S. | | 901546187-0 | BUCARAMANGA |
| AIRON BGA SAS | AIRON BGA SAS | 901450104-6 | BUCARAMANGA |
| ALIMENTOS INTEGRALES VIVA MEJOR BUCARAMANGA S.A.S. | | 804008725-4 | BUCARAMANGA |
| ALMACANELA S.A.S. | | 900825768-3 | BUCARAMANGA |
| AREPAS DE COLOMBIA SAS | | 901311759-4 | BUCARAMANGA |
| ARROCES DE SANTANDER S.A. | | 900169492-1 | BUCARAMANGA |
| ARROCES Y CEREALES DE LA COSTA S.A. | | 900146840-2 | BUCARAMANGA |
| BABY'S DRESS LIMITADA | | 890207629-1 | BUCARAMANGA |
| CALZADO PEGASSUS SANTANDER S.A.S. | "CALPESAN S.A.S" | 901250724-4 | BUCARAMANGA |
| CALZARTECOL S.A.S. | | 901916822-8 | BUCARAMANGA |
| CARBOLSAS S.A.S. | | 890210317-1 | BUCARAMANGA |
| CARROCERIAS Y FURGONES TRUCKER S.A.S | | 900490964-0 | BUCARAMANGA |
| CINNAPAN SAS | | 900374382-8 | BUCARAMANGA |
| COMPAÑIA CAUCHERA COLOMBIANA S.A. | | 900605891-8 | BUCARAMANGA |
| COPROLAC QUESALAC S.A.S. | | 900581128-0 | BUCARAMANGA |
| CREACIONES HENAR S.A.S. | | 800064404-9 | BUCARAMANGA |
| DELICARNES COL S.A.S. | | 901357317-0 | BUCARAMANGA |
| DIFAM DISEÑO FABRICACION Y MONTAJE S.A.S. | | 901250784-6 | BUCARAMANGA |
| DISLENS SAS | | 900489851-5 | BUCARAMANGA |
| ELECTROAGRO S.A.S. | | 804000058-3 | BUCARAMANGA |
| ENCRISTAL S.A.S. | | 900968809-0 | BUCARAMANGA |
| EQUIM EQUIPOS Y MONTAJES S.A.S. | | 900445194-5 | BUCARAMANGA |
| EXTRACTORA SABANA S.A.S. | | 900508664-7 | BUCARAMANGA |
| FABIANY SOCIEDAD POR ACCIONES SIMPLIFICADAS | FABIANY S.A.S. | 900724312-5 | BUCARAMANGA |
| FABRICACION MANTENIMIENTO MONTAJE E INGENIERIA MECANICA SAS | FAMMICOL SAS | 804000691-6 | BUCARAMANGA |
| FABRICACION MONTAJE Y MANTENIMIENTO INDUSTRIAL LIMITADA | FAMMOIN LTDA | 900164699-6 | BUCARAMANGA |
| FASHION BRANDS GROUP S.A.S | | 901437355-4 | BUCARAMANGA |

| | | | |
|---|------------------|-------------|-------------|
| FABRICACION MONTAJE Y MANTENIMIENTO INDUSTRIAL LIMITADA | FAMMOIN LTDA | 900164699-6 | BUCARAMANGA |
| FASHION BRANDS GROUP S.A.S | | 901437355-4 | BUCARAMANGA |
| FONCEPAN S.A.S. | | 901900817-0 | BUCARAMANGA |
| FORMALETAS Y PANELES ESTRUCTURALES S.A.S. | FORMAPANEL S.A.S | 901099772-1 | BUCARAMANGA |
| FRUTAS INDUSTRIALES DE SANTANDER SAS FRUINSA S.A.S. | FRUINSA S.A.S. | 900099037-2 | BUCARAMANGA |
| GARCIA GRUPO S.A.S. | | 901159611-2 | BUCARAMANGA |
| GRUPO GASTRONOMICO RIOSA S.A.S | | 901689143-0 | BUCARAMANGA |
| GRUPO LEATHER FASHION S.A.S | | 900823441-1 | BUCARAMANGA |
| INARCON S.A.S. | | 800078608-5 | BUCARAMANGA |
| INCA MANUFACTURA SAS | | 901388816-7 | BUCARAMANGA |
| INDUFILTER'S PRODUCTOS INDUSTRIALES S.A.S. | | 804015554-0 | BUCARAMANGA |
| INDUMETALICAS VANEGAS S.A.S. | | 901072144-9 | BUCARAMANGA |
| INDUSTRIAL DE ACCESORIOS S.A.S. | IDEA S.A.S. | 804009385-8 | BUCARAMANGA |
| INDUSTRIAS DE ALIMENTOS DON JACOBO S.A.S. | INDALXACO SAS | 800156165-9 | BUCARAMANGA |
| INDUSTRIAS KP S.A.S. | | 900715393-3 | BUCARAMANGA |
| INDUSTRIAS O & C INGENIERIA S.A.S. | | 901358312-9 | BUCARAMANGA |
| INDUSTRIAS PICO S.A.S. | | 900673955-0 | BUCARAMANGA |
| INDUSTRIAS TANUZI S.A. | | 890204448-1 | BUCARAMANGA |
| INTEC LIMITADA | | 804014997-5 | BUCARAMANGA |
| INVERSIONES AYLO SAS | | 901547264-4 | BUCARAMANGA |
| INVERSIONES RUGO LTDA | | 800223402-7 | BUCARAMANGA |
| KAKAHUAT CHOCOLATERÍA Y PASTELERÍA S.A.S. | | 901277799-3 | BUCARAMANGA |
| KOKINOS S.A.S. | | 901130112-2 | BUCARAMANGA |
| LADRILLOS Y TUBOS S.A.S. | | 890200560-0 | BUCARAMANGA |
| LUBRIGRAS S.A.S. | | 890212463-6 | BUCARAMANGA |
| MANUFACTURAS DE PIELES MC S.A.S | | 901796179-3 | BUCARAMANGA |
| MARGY'S JOYAS SAS | | 901250117-3 | BUCARAMANGA |
| MOJICA & ASOCIADOS IMPRESORES S.A.S. | | 900435672-1 | BUCARAMANGA |
| NEO FRUT S.A.S. | | 890212249-6 | BUCARAMANGA |
| OFFICE COLOMBIA SERVICIOS TEMPORALES SAS | | 901163293-9 | BUCARAMANGA |
| OROSANTO S.A.S | OROSANTO S.A.S | 901471639-4 | BUCARAMANGA |
| ORVERT S.A.S. | | 901292897-1 | BUCARAMANGA |
| PANIFICADORA QUINTA ESTRELLA S.A.S. | | 901271296-3 | BUCARAMANGA |
| PINTASMAS S.A.S. | | 901271193-3 | BUCARAMANGA |
| PROCESOS Y DESARROLLOS EFICIENTES S.A. | | 900461262-5 | BUCARAMANGA |
| PRODUCTOS ALIMENTICIOS CONUCOS S.A.S | | 901787030-7 | BUCARAMANGA |
| PRODUCTOS OFACOL SAS | | 901224859-1 | BUCARAMANGA |

| | | | |
|---|-------------------|-------------|-------------|
| PRONALCI S.A.S. | | 804005644-2 | BUCARAMANGA |
| RESTAURANTE BACCA S.A.S. | BACCA S.A.S. | 901120633-5 | BUCARAMANGA |
| ROYALLITY GEMS S.A.S. | C.I. SERVAS SAS | 900822967-9 | BUCARAMANGA |
| RP MECANIZADOS SAS | | 901299627-1 | BUCARAMANGA |
| TESLA INGENIERIA Y COMUNICACIONES ENERGY S.A.S. | TIC ENERGY S.A.S. | 901129856-1 | BUCARAMANGA |

Nota. Se presenta el listado de empresas participes en el estudio, estas fueron tomadas aleatoriamente del listado oficial de la Cámara de Comercio de Bucaramanga.