

Total productive maintenance as a strategy in industrial maintenance management

El mantenimiento productivo total como estrategia en la gestión del mantenimiento industrial

Autores:

Torres-Rodríguez, Roberto Manuel
Ing. Mecánico, PhD en Ciencias Técnicas
Departamento de Mecánica
Universidad Técnica de Manabí
Docente Investigador
Portoviejo-Ecuador



roberto.torres@utm.edu.ec

 <https://orcid.org/0000-0002-2582-6840>

Pérez-Guerrero, Julio Nolberto
Ing. Mecánico. PhD en Ciencias Técnicas
Departamento de Mecánica
Universidad Técnica de Manabí
Docente Investigador
Portoviejo-Ecuador



julio.perez@utm.edu.ec

 <https://orcid.org/0000-0003-2769-3209>

González-López, Nadia Aimee
Lic. Física Máster en Ciencias
Facultad de Ciencias Básicas Departamento de Física
Universidad Técnica de Manabí
Docente Investigador
Portoviejo-Ecuador



nadia.gonzalez@utm.edu.ec

 <https://orcid.org/0000-0001-9875-7607>

Fechas de recepción: 04-ENE-2024 aceptación: 07-FEB-2024 publicación: 15-MAR-2024



<https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>

<http://mqrinvestigar.com/>



Resumen

El mantenimiento productivo total es una de las metodologías que garantiza resultados significativamente positivos en el desempeño de la gestión del mantenimiento. El objetivo de la investigación es sintetizar las contribuciones del mantenimiento productivo total para perfeccionar la gestión del mantenimiento, una síntesis que se fundamenta sobre la base de fuentes bibliográficas de los últimos 7 años. Se analizaron más de 40 fuentes bibliográficas compuestas por artículos científicos, libros, tesis doctorales y artículos publicados en eventos científicos, de la cuales se tomaron las más relevantes en cuanto a reportes de sus contribuciones al perfeccionamiento. El resultado fundamental de la investigación fue la síntesis de los aspectos fundamentales de aplicación y perfeccionamiento en la gestión del mantenimiento al utilizar el Mantenimiento Productivo Total. Se definieron los impactos positivos que aporta su aplicación para el desarrollo de las organizaciones. Además, se expuso su amplia utilización en grandes, medianas y pequeñas empresas.

Palabras clave: gestión de mantenimiento; mantenimiento productivo total; beneficios

Abstract

Total productive maintenance is one of the methodologies that guarantees significantly positive results in maintenance management performance. The research objective is to synthesize the contributions of total productive maintenance to improve maintenance management, a synthesis based on bibliographic sources of the last 7 years. More than 40 bibliographic sources composed of scientific articles, books, doctoral theses and articles published in scientific events are analyzed, from which the most relevant ones are taken in terms of reports of their contributions to improvement. The fundamental result of the research is the synthesis of the main aspects of application and improvement in maintenance management when using Total Productive Maintenance. The positive impacts that its application brings to the development of organizations are defined. In addition, its wide use in large, medium and small companies is exposed.

Keywords: maintenance management; total productive maintenance; benefits



Introducción

Los desafíos de la dura competencia debido a la economía globalizada, obligan a las organizaciones a innovar y mejorar sus procesos, productos y métodos en todas sus áreas (incluida la de mantenimiento) para garantizar un desempeño operativo que le permita cumplir con los desafíos planteados por las demandas cambiantes del mercado (Castillo y otros, 2018, Ahmad et. al, 2021). De ahí, es cada vez más importante el papel del mantenimiento en los sistemas de fabricación modernos donde suele representar un % significativo del presupuesto operativo (Jain, 2015, Melo y Loos, 2018).

Los avances de la tecnología hacen que su mantenimiento sea más complejo y de mayor importancia para lograr altos estándares en su funcionamiento, para lograrlo las organizaciones de fabricación utilizan diferentes enfoques y estrategias de mantenimiento. Una de ellas y de las más populares por sus beneficios es el Mantenimiento Productivo Total (TPM).

El TPM es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas que permiten mejoras en la competitividad de la organización industrial o de servicios con el mejoramiento de los sistemas de producción y calidad a través de las máquinas, equipos, los procesos y empleados que agregan valor a la organización. El instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas (JIPM) define el TPM como un sistema orientado a lograr cero accidentes, cero defectos y cero pérdidas (Alí, 2019, Canahua Apaza, 2021). El TPM es un método excepcional que elimina las pérdidas relacionadas con el equipo y mejora la disponibilidad, la tasa de rendimiento y tasa de calidad (Majumdar, 2017).

Uno de los elementos que distinguen al TPM como estrategia es la participación activa de todo el personal donde el operador está capacitado para realizar muchas de las tareas diarias de mantenimiento simple y localización de fallas (Azid et al., 2019, Badia et al., 2023). Esto se manifiesta de manera particular en el Mantenimiento Autónomo que crea la cultura de compromiso del operario y se le enseña para que la producción no se detenga ni siquiera cuando la máquina enfrenta fallas menores. Por lo general una avería, genera pérdidas de energía, pérdidas de velocidad se producen debido a la avería de equipos y maquinaria (Abdul Ghafar et al., 2022).

Las iniciativas de TPM, sugeridas y promovidas por el Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas (JIPM), involucran un plan de implementación de ocho pilares que resulta en un aumento sustancial de la productividad laboral, reducción de los costes de mantenimiento, y reducción de paradas de producción y tiempos de inactividad. Los ocho pilares de TPM incluyen: mantenimiento autónomo; mantenimiento enfocado; mantenimiento planificado; calidad mantenimiento; Educación y entrenamiento; oficina TPM; gestión del desarrollo; y seguridad, salud y medio ambiente (Jain, 2015). El TPM ayuda a establecer una relación entre el mantenimiento y departamentos de producción.

En la implementación del TPM, se utilizan varias herramientas y metodologías entre las que se encuentra la metodología de las 5S, el JIT: justo a tiempo, el Kaizen: mejora continua y todas las herramientas propias de la filosofía de Calidad Total y el mantenimiento las cuales

deben incorporarse a la forma natural de actuar del personal de la empresa (Reyes et al., 2017, Carrillo Londazábal y otros 2019).

Para medir los resultados de la implantación de TPM, en 1988 Seiichi Nakajima, su fundador introdujo el indicador de Eficiencia Global del equipo (OEE por sus siglas en inglés) que es un indicador de desempeño ampliamente utilizado y las empresas a menudo lo consideran el elemento clave (Fornés-Rivera et al., 2020).

El OEE es un indicador de rendimiento que permite medir la eficiencia global del equipo. Con él, es posible saber cuál es la eficiencia productiva de una empresa, departamento o máquina (Canahua Apaza 2021).

El cálculo del OEE es uno de los aspectos más críticos para los operadores, personal de mantenimiento, proceso ingenieros, ingenieros de calidad y gerencia ya que identifica las ineficiencias determinando dónde enfocar las acciones de mejora. Muchas empresas de 'Pensamiento Lean' han encontrado que OEE es la métrica que mejor se correlaciona con el éxito de la mejora continua. Un modelo OEE mide tres componentes críticos de la utilización del equipo: la tasa de calidad x disponibilidad x eficiencia del rendimiento. Se considera que su valor de clase mundial es de no menos del 85% (Mardono et al., 2019, Reis et al., 2019).

Los autores antes referidos y otros a los que se hará referencia en este artículo, reportan beneficios de la aplicación de diferentes elementos del TPM y la mayoría coinciden con la propuesta de Shen (2015) de que la aplicación del TPM debe estar enmarcada en las siguientes perspectivas: 1. Perseguir la máxima eficiencia del sistema de fabricación (eficiencia general), con el objetivo de mejorar la calidad de las empresas; 2. Lograr en todo el ciclo de vida del sistema productivo cero accidentes, cero defectos, cero averías y evitar todas las pérdidas mediante la prevención; 3. Excepto el departamento de fabricación, todos los departamentos (departamento de desarrollo, departamento de ventas, departamento de gestión) también están involucrados; 4. Participación general de los empleados, desde los operadores hasta el último empleado en la estructura de la empresa; 5. Lograr el objetivo de cero pérdidas mediante la repetición de pequeñas actividades grupales.

Evidenciar a través de la revisión bibliográfica los beneficios de la aplicación de los elementos del TMP en diferentes empresas y localidades es el propósito de este trabajo.

Material y métodos

Material

En el desarrollo de la investigación se revisaron más de 40 fuentes bibliográficas compuestas por artículos científicos, libros, tesis doctorales y artículos publicados en eventos científicos, relacionadas con la gestión de mantenimiento basado en el TPM a partir del año 2015 a la fecha. Se realizó una selección de las más relevantes en cuanto a los aspectos siguientes: Nivel de implementación y evaluación de los elementos del TPM, desarrollo de los elementos teóricos del TPM y la utilización del OEE como indicador de referencia para evaluar los beneficios de su aplicación. Como resultado se presentan 19 fuentes bibliográficas (el 89,47 % publicada en los últimos 5 años) publicados en diferentes bases de datos y aplicados en

diferentes sitios que comprenden países de Europa, Asia, África y América Latina. Lo que corrobora la amplia utilización del TPM. En cuanto al tipo de empresas se encuentran Grandes, Medianas y Pequeñas empresas de diferentes ramas de la industria como la metalmecánica, la de alimentos, la del plástico, etc.

Métodos

En la gestión de la información se contempló la identificación, selección y sistematización de la información pertinente al problema bajo estudio con el objetivo ordenar la información, análisis de la tendencia y métodos empleados. El segundo grupo de métodos entre los que están el sistémico, análisis y síntesis y enfoque de procesos permitió, a partir de los resultados previos del análisis de la información sintetizar los resultados de las aplicaciones del TPM en diferentes contextos y sistemas de producción.

El resultado alcanzado se obtiene a partir del análisis comparativo de los puntos de interés y la discusión de diversos autores que permitieron desarrollar el sustento teórico y mostrar los resultados de su aplicación en diferentes empresas. Se muestran en resumen la unidad de análisis de cada investigación, los resultados cuantitativos en cuanto a las variables que conforman el índice de Eficiencia Global del equipo (OEE) y otros datos que demuestran los impactos positivos del TPM en el desempeño de las empresas objeto de aplicación.

Resultados

Los resultados obtenidos en la investigación dan muestra de que el TPM (del inglés Total Productive Maintenance) es una estrategia (También denominada Metodología y Filosofía) de gestión del Mantenimiento con fundamentos en la Gestión de Calidad Total (abreviada TQM, del inglés Total Quality Management) creada por Edwards Deming y Joseph Juran, que se enfoca en la eliminación de pérdidas asociadas con los paros, la calidad y los accidentes.

La contribución del TPM a la mejora en la gestión del mantenimiento y al desempeño empresarial es de gran relevancia en indicadores de alto impacto como la productividad, una mayor participación y compromiso del personal y la mejora en los indicadores de gestión del mantenimiento tales como la disponibilidad y los costos. Es importante destacar que dentro de la filosofía de los 8 pilares del TPM, los elementos de mayor aplicación e impacto fueron las 5S, el mantenimiento autónomo, el mantenimiento planificado y la gestión temprana de mantenimiento, referidos por los autores consultados.

A continuación, se sintetizan los resultados de las investigaciones que reflejan la implementación del TPM en diferentes empresas y regiones geográficas.

Kwaso (2018). La unidad de análisis es una empresa sudafricana que suministra productos de envasado a empresas de bebidas de toda África.

Aunque la implementación es nueva, se observan resultados positivos: se reducen las pérdidas de tiempo de 217,6 hasta 102,81 horas y el tiempo de inactividad a 13,7 horas.

Luego de la implementación en los meses registrados el menor valor de disponibilidad fue 85,7% (el valor de clase mundial establecido es de 90%).

La tasa de calidad antes y después de la implementación de TPM en la unidad de análisis se mantuvo por encima del 99% (índice establecido como clase mundial).

La eficiencia del rendimiento nunca había alcanzado los valores clase mundial (95%) antes de la implementación, después alcanzó hasta el 94.8%.

La OEE de clase mundial se establece en el 85%. En los meses de implementación el valor más bajo fue de 81,5% (Antes no superaban el 65%). Los resultados demuestran avances significativos a pesar de encontrarse la planta en proceso de implementación del TPM.

Chukwutoo & Paschal (2018). En este trabajo se realizó en la Industria de Manufactura Automatizada Apex, de papel de impresión, embalaje y envases con sede en EE.UU.

Este estudio reportó OEE de 22.4% y 23.5% para los años 2012 y 2013 respectivamente como respecto al OEE recomendado de clase mundial es del 85%, se utilizó el análisis de Pareto mostró que el mantenimiento planificado y las fallas/averías de las máquinas causaron alrededor del 80 % del tiempo de inactividad total.

Analizando los impactos de la implementación del TPM se observa que el tiempo de inactividad planificado se redujo de 20824 a 19904 horas y los tiempos de inactividad no planificados de 16165 a 2431 horas. En general todos los factores de tiempo de inactividad se redujeron con la implantación del TPM.

Los valores OEE de la eficiencia global de los equipos se elevaron desde un 22.4% hasta el 35% de un año a otro (Se incrementó en 12,6%). La implementación de TPM se centró en dos pilares, el mantenimiento autónomo mantenimiento autónomo y el mantenimiento programado solamente.

Nallusamy (2018). La investigación se realiza en una industria de fabricación de tuberías de PVC a mediana escala en la India, con el objetivo de implementar un TPM para lograr una efectividad general del equipo (OEE) cercana a los estándares de clase mundial.

El OEE en estudios a nivel mundial indica que la tasa promedio de OEE en las plantas de fabricación es del 60%, pero el OEE de clase mundial es considerado como 85% o superior. Los resultados muestran que antes de la implementación de TPM la OEE es solo del 55,45% y después de la implementación exitosa de TPM se encontró que el OEE se incrementó a 68.04%. Por lo tanto, el OEE se incrementó en un 13 % al reducir la tasa de rechazo y el tiempo de ciclo general para cumplir con demanda en el momento adecuado.

Adesta et al. (2018). El estudio se realizó 22 compañías en Indonesia de evaluar el estado de desempeño de los 8 pilares del TPM y su impacto en rendimiento de la fabricación.

Los resultados indicaron que la implementación de los pilares de 8 TPM en Indonesia industrias manufactureras era relativamente bueno. Donde los 4 pilares: Mantenimiento Autónomo, La Mejora Continua, el Mantenimiento de la Calidad y la Educación y Capacitación están funcionando muy bien. Los otros 4 pilares: Mantenimiento Planificado, Seguridad-Salud y Medio Ambiente (SHE), Office TPM (apoyo) y la gestión del desarrollo, deben mejorarse aún más, en particular el pilar SHE que tiene el factor de carga más pequeño.

A partir del modelo estructural, también se puede concluir que el modelo de relación de Pilares de TPM y MP es confiable, positivo y fuerte, ya que TPM pilares pueden explicar el 62,6% de la variabilidad de MP, mientras que otros factores influyeron en el resto (37,4%). Estos resultados del modelo demuestran que el TPM produce el mayor impacto en el rendimiento de fabricación.

Acharya et al. (2019). El estudio se llevó a cabo en el mayor productor de automóviles de dos ruedas del país (en La India), que ha afrontado cambios positivos gracias a la aplicación del TPM.

Con la implementación del TPM en la industria automotriz india, muchos factores fluctuaron. Debido a esta implementación las piezas totales, el tiempo de operación, disponibilidad, el rendimiento, la eficiencia y la tasa de calidad aumentaron considerablemente y las piezas rechazadas, el tiempo de inactividad disminuyó, por lo tanto, la eficacia general del equipo aumentó. El valor inicial de OEE fue 0,525 (52,5%) y el valor final fue 0,639 (63,9%).

Debido a la implementación del mantenimiento autónomo en la industria, el OEE aumentó un 11,4%.

Pandey Atul et al. (2019). El estudio se realizó en una Central de calderas en la India Por la implementación continua del Mantenimiento Productivo Total, la disponibilidad, la eficiencia del desempeño, la calidad y la OEE están mejorando mes a mes.

Antes de la implementación de TPM la OEE era de 64,29% y luego de la aplicación de TPM aumentó a 80,80%. Se incrementa el OEE en un 16,51%.

También han mejorado otros indicadores como la avería de la máquina que se redujo a 3,2 h/día.

Otros Beneficios derivados del TPM: Mejora de la conciencia y la moral del operador, Controles diarios mediante estándares CLIT, Detección de HTAA (área de difícil acceso), Monitoreo de MTBF y MTTR iniciado, Centrarse en la estriación de piezas de repuesto como boquilla, punta de boquilla, varilla eyectora, etc., Sistema de Gestión de Repuestos en proceso y Reducir las averías de las máquinas a través del análisis de por qué de las averías de M/C.

Irwarnsyah et al. (2019). La investigación se realizó en los motores de la línea de soplado 4 en la unidad de PT. Coca-Cola Amatil Indonesia Medan Unit. Con el propósito mejorar el rendimiento de estos motores aplicando el (TPM) y determinar el nivel de rendimiento de la máquina de soplado basándose en el análisis de la de la eficacia global de los equipos (OEE) Los resultados muestran que el mantenimiento de las máquinas no ha cumplido con los estándares OEE en varios meses oscilando su valor entre 78,07 y 81,48%, siendo las pérdidas por fallos que más afectan a la eficacia de los equipos de la línea 4 de la máquina de soplado del 11,42%.

La efectividad del equipo es del 81,13 % (un incremento del 12,3 %) en la línea de apertura y limpieza 4. Resultados, aunque superiores no alcanzan el estándar establecido por el JPIM del 85% por lo que se procedió a identificar los ítems de mejora en el proceso de implementación del TPM.

Palomino-Valles et al. (2020). El estudio se realizó en la empresa MACISAC PERÚ SAC, que alquila maquinaria y accesorios para el desarrollo y ejecución de proyectos de ingeniería especializada (Ocho minicargadores y una retroexcavadora, utilizados en el proyecto de redes de abastecimiento de agua en el distrito de San Bartolo, provincia de Lima, Perú. Con el propósito de presentar un estudio de mantenimiento enfocado en el mantenimiento productivo (TPM) y mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM).

Los resultados muestran una mejora del 5% en la disponibilidad (Se elevó al 90% en comparación al 85%) general de la flota de máquinas pesadas y minicargadores.

Se puede lograr también una reducción del 15 % del tiempo de inactividad.

Dobra & Jósvai (2021). El estudio se realiza en las líneas de montaje semiautomáticas utilizadas en la industria del automóvil de varias empresas. Se describe la relación entre las líneas de ensamblaje de chasis, rieles, sillones y mecanismos. Cada parte de la OEE (disponibilidad, rendimiento y calidad) se analiza en función de su impacto.

Después de la implementación considerando un período anual, los valores de la OEE alcanzaron entre 73 % y el 79,5 % de las líneas de submontaje y el 85.5 % de las líneas de montaje del chasis de los asientos. Incrementándose sus valores en alrededor del 13 % como promedio. Además de otros beneficios relacionados con la implementación.

Tian Xiang (2021). La investigación se realizó en una PYME que fabrica piezas hidráulicas ubicado en el condado de Tancheng, ciudad de Linyi, Shandong. Provincia, China. La empresa cuenta con 72 empleados de diferentes niveles, 19 centros de mecanizado CNC, 28 tornos CNC y 14 tornos ordinarios, está Certificada en el sistema de gestión de calidad ISO 9001.

Análisis de los Resultados

Los resultados mostraron que en los equipos seleccionados donde se comenzó la implantación del TPM el OEE mejoró del fue del 54,23 % al 66,90 %, por lo que cumplió la meta para 2020 al incrementarse en un 12,67 %. Además de otros beneficios relacionados con la implementación.

Como se observa en los resultados expuestos por los autores en todos los casos existe un incremento de la Eficiencia Global del Equipamiento con valores del OEE que oscilan entre 11,4 % y el 16,51 % con diferentes niveles de implementación de los pilares del TPM y en diferentes escalas empresariales (Grandes, medianas y pequeñas) en diferentes lugares y contextos, lo que significa la disminución de las 6 grandes pérdidas identificadas en la filosofía TPM: Falla en el equipamiento, Configuración y Ajustes, Ralentización y paradas menores, Velocidad reducida, Defectos de proceso y Rendimiento reducido.

De igual manera se reportan otros beneficios derivados del TPM: mayor compromiso de los miembros de la organización, la aplicación de controles diarios mediante estándares CLIT, la detección de HTAA (área de difícil acceso), el monitoreo de indicadores tales como MTBF y MTTR, mejoras a la gestión de repuestos, reducción de averías, etc.

Todo lo expuesto evidencia la validez del TPM como estrategia en gestión del mantenimiento y el desempeño general de las empresas

Discusión

Estos resultados dan fe de que con la aplicación de las diferentes herramientas y pilares del Mantenimiento productivo total, de las cuales las que con mayor frecuencia se aplicaron fueron las 5S, el mantenimiento autónomo, el mantenimiento planificado y la gestión temprana de mantenimiento de la eficacia y la contribución significativa del TPM a la mejora en la gestión del mantenimiento y al desempeño empresarial en indicadores de alto impacto como la productividad, una mayor participación y compromiso del personal y la mejora en los indicadores de gestión del mantenimiento tales como la disponibilidad y los costos. Es importante destacar que los resultados evidenciados por los autores, aunque con matices propios del contexto de aplicación referidos por los autores consultados son relevantes en tanto reportan crecimiento de la Eficiencia Global de los Equipos.

Conclusiones

Los resultados reflejan una amplia gama de autores de diversas partes del mundo que exponen experiencias en la implementación del TPM en empresas de diferentes categorías, a saber grandes, medianas y pequeñas de diferentes tipos: la metalmecánica, la textil, el plástico, en calderas, etc., como estrategia de gestión del Mantenimiento para eliminar las pérdidas asociadas con los paros, la calidad y los accidentes, generando mejoras significativas en el desempeño empresarial en general los que se reflejan en indicadores de mantenimiento, calidad y productividad.

El indicador principal utilizado para evaluar los efectos de mejora del TPM es la Eficiencia Global del Equipamiento. Los valores alcanzados de la OEE oscilan entre 11,4 % y el 16,51 % en dependencia del nivel de implementación, el tipo de empresa y el contexto, este incremento significa una disminución de las 6 grandes pérdidas identificadas en la filosofía TPM: Falla en el equipamiento, Configuración y Ajustes, Ralentización y paradas menores, Velocidad reducida, Defectos de proceso y Rendimiento reducido.

Otros beneficios derivados de la implementación del TPM son un mayor compromiso de los miembros de la organización, la aplicación de controles diarios, la detección de área de difícil acceso, el monitoreo de indicadores tales como MTBF y MTTR, mejoras a la gestión de repuestos, reducción de averías, mejor uso del área de trabajo, etc.

Todo lo expuesto demuestra la validez de implementar el TPM como estrategia para mejorar el desempeño del equipamiento y por ende de la empresa, independientemente de su tamaño, tipo y contexto.

Referencias bibliográficas

- Abdul Ghafar, A. A., & Mohd Razali, N. (2022). The Significant of Lean Practice on the Sustainability Performance in Automotive Manufacturing Industry. *Journal of Modern Manufacturing Systems and Technology*, 6(2), 83–89. <https://doi.org/10.15282/jmmst.v6i2.8562>
- Acharya, A., Garg, D., Singh, N., & Gahlaut, U. (2019). Plant effectiveness improvement of overall equipment effectiveness using autonomous maintenance training:—A case study. *Int. J. Mech. Prod. Eng. Res. Dev*, 9, 103-112.
- Adesta, E., Prabowo, H., & Agusman, D. (2018). Evaluating 8 pillars of Total Productive Maintenance (TPM) implementation and their contribution to manufacturing performance. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*,
- Ahmad, N., Hossen, J., & Ali, S. M. (2018). Improvement of overall equipment efficiency of ring frame through total productive maintenance: a textile case. *The international journal of advanced manufacturing technology*, 94, 239-256. DOI 10.1007/s00170-017-0783-2.
- Alí, A.Y. (2019) Application of Total Productive Maintenance in Service Organization. *International Journal of Research in Industrial Engineering*, 8 (2), 176–186. DOI: 10.22105/riej.2019.170507.1076
- Azid, N., Shamsudin, S., Yusoff, M., & Samat, H. (2019). Conceptual Analysis and Survey of Total Productive Maintenance (TPM) and Reliability Centered Maintenance (RCM) Relationship. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*.
- Badiea, A. M., Wael, B. A., & Adel, A. A. (2023). Implementing Total Productive Maintenance in Yemeni Company for Industry and Commerce (YCIC): Case Study. *European Journal of Applied Sciences*, 11(2). 212-239. DOI:10.14738/aivp.112.12966.
- Canahua Apaza, 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. *Revista Industrial Data* 24(1): 49-76. DOI: <https://dx.doi.org/10.15381/idata.v24i1.18402>
- Carrillo Landazábal, M. et al. (2019). Lean manufacturing: 5 s y TPM, herramientas de mejora de la calidad. Caso empresa metalmecánica en Cartagena, Colombia. *SIGNOS – Investigación en sistemas de gestión*, 11(1), 71-86. DOI: <https://doi.org/10.15332/s2145-1389-4934>
- Castillo-Flores, Á., Fernández-García, L., & Ángeles-Resendis, L. (2018). Impacto de TPM en el desempeño operativo de las Empresas Industriales del Sur de Tamaulipas. *Revista Ingeniería Industrial*. 2 (4), 29-35.
- Chukwutoo, C. I., & Paschal, S. E. (2018). Optimization of Production System: An Application of Total Productive Maintenance (TPM). *Archives of Current Research International*, 1-9.
- Dobra, P., & Jósваи, J. (2021). Enhance of OEE by hybrid analysis at the automotive semi-automatic assembly lines. *Procedia Manufacturing*, 54, 184-190.

Fornés-Rivera, R.D., Conant-Pablos, M.A., Cano-Carrasco, A. y Gutiérrez-Beltrán, R.C. (2020). Sistemas de gestión en mantenimiento: propuesta de un TPM en una empresa productora de marcos y molduras de la región. *Revista de Tecnologías en Procesos Industriales*, 4(10), 11-17. DOI: 10.35429/JTIP.2020.10.4.11.17.

Irwansyah, D. et al. (2019). Improvement Suggestion Performance of Blowing Machine Line 4 with Total Productive Maintenance (TPM) Method at PT. Coca-Cola Amatil Indonesia Medan Unit. *Journal of Physics: Conference Series*. doi:10.1088/1742-6596/1361/1/012053.

Kwaso, M. J. & Telukdarie, A. (2018). Evaluating the Impact of Total Productive Maintenance elements on a Manufacturing Process. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Paris, France*. p. 546-547.

Jain, A., Bhatti, R. S, and Singh, H. (2015) OEE enhancement in SMEs through mobile maintenance: A TPM concept. *International Journal of Quality & Reliability Management*. DOI: 10.1108/IJQRM-05-2013-0088.

Majumdar, S. (2017). Enhancement of overall equipment effectiveness using total productive maintenance in a manufacturing industry. *International Journal of Performability Engineering*, 13(2), 173-188.

Mardono, U., Rimawan, E., Pratondo, T., Saraswati, I. (2019). An analysis of the effect of elimination of six big losses on increasing profitability in steel rolling mill companies. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development*, 9(2), 387-398.

Melo, F. T., & Loos, M. J. (2018). Análise da metodologia da Manutenção Produtiva Total (TPM): Estudo de caso. *Revista Espacios*, 39(3).

Nallusamy, S. et al. (2018). Implementation of total productive maintenance to enhance the overall equipment effectiveness in medium scale industries. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD)*. 8 (1), 1027-1038. www.tjprc.org

Palomino-Valles, A. et al. (2020). TPM Maintenance Management Model Focused on Reliability that Enables the Increase of the Availability of Heavy Equipment in the Construction Sector. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. doi:10.1088/1757-899X/796/1/012008

Pandey Atul et al. (2019) Implemented the Overall Equipment Effectiveness (OEE) by the techniques of Total Productive Maintenance (TPM) in MSE's- A case study. *International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology*. 5(1), 503-51 www.ijariit.com

Reis, M. D., Godinab, R., Pimentela, C., Silvad, F. J. G., Matiasa, J. C. O. (24-28 de June 2019). A TPM strategy implementation in an automotive production line through loss reduction. *29th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing*. Limerick, Ireland.

Reyes, J. V., Aguilar-Sánchez, L. A., Hernández-Valencia, J. L., & Mejías-Acosta, A. (2017). La Metodología 5S como estrategia para la mejora continua en industrias del Ecuador y su impacto en la Seguridad y Salud Laboral. *Polo del conocimiento*, 2(7), 1040-1059.

Shen, C.-C. (2015). Discussion on key successful factors of TPM in enterprises. *Journal of applied research and technology*, 13(3), 425-427.

Tian Xiang, Z., & Jeng Feng, C. (2021). Implementing total productive maintenance in a manufacturing small or medium-sized enterprise. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 14(2), 152-175. <https://doi.org/10.3926/jiem.3286>

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.