

Universidad de Lima  
Facultad de Ingeniería  
Carrera de Ingeniería Industrial



# **INCREASED PRODUCTIVITY THROUGH SMED AND TPM IN A METALWORKING SME: AN EMPIRICAL INVESTIGATION IN THE PERUVIAN INDUSTRY**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

Artículo Científico

**Luigi Renzo Vargas Fiestas**

**Código 20172624**

**Harry Sebastian Fry Guimet**

**Código 20172138**

**Asesor**

**Elmer Luis Tupia de la Cruz**

Lima – Perú  
Julio de 2025



**Propuesta**  
**Carrera Ingeniería Industrial**

**Título**

Increased Productivity through SMED and TPM in a Metalworking SME: An Empirical Investigation in the Peruvian Industry

**Autor(es)**

20171624@aloe.ulima.edu.pe

20172138@aloe.ulima.edu.pe

Universidad de Lima

**Resumen:** El objetivo de este estudio es incrementar la productividad y disponibilidad para mejorar la rentabilidad y competitividad en el sector metalmeccánico. El caso de estudio se basa en la implementación de TPM y SMED en un proceso de producción de pernos de aluminio en una PYME peruana del sector metalmeccánico donde la productividad actual es de 9,23 unidades/hora-hombre. SMED transforma actividades internas por externas con el fin de reducir el tiempo del ciclo de producción. TPM autónomo/preventivo permite aplicar un mantenimiento programado constante que mejora y facilita las actividades que realiza la máquina con el fin de reducir el esfuerzo del operario y aumentar el OEE. La implementación fue validada a través de una prueba piloto que tuvo una duración de 4 meses donde los resultados obtenidos fueron: 38.40% de mejora en OEE, reducción de tiempo de ciclo de 6.51 minutos a 4.52 minutos, incremento de 16.93% en disponibilidad, incremento de MTBF de 12.5 a 22.43 horas/falla, reducción de MTTR de 6.4 a 4.57 horas/falla, mejora de 30% en desempeño y incremento de productividad a 13.28 unidades/hora hombre.

**Palabras Clave:** Productividad, SMED, TPM y Metalmeccánica

**Abstract:** The objective of this study is to increase productivity and availability to improve profitability and competitiveness in the metal-mechanic sector. The case study is based on the implementation of TPM and SMED in an aluminum bolt production process in a Peruvian SME of the metal-mechanic sector where the current productivity is 9.23 units/manhour. SMED transforms internal activities by external ones in order to reduce the production cycle time. TPM autonomous/preventive makes it possible to apply a constant scheduled maintenance that improves and facilitates the activities performed by the machine in order to reduce operator effort and increase OEE. The implementation was validated through a pilot test that lasted 4 months where the results obtained were: 38.40% improvement in OEE, cycle time reduction from 6.51 minutes to 4.52 minutes, 16.93% increase in availability, MTBF increase from 12.5 to 22.43 hours/failure, MTTR reduction from 6.4 to 4.57 hours/failure, 30% performance improvement and productivity increase to 13.28 units/man-hour.

**Keywords:** Productivity, SMED, TPM, SME and Metalworking.

**Línea de investigación IDIC – ULIMA**

**Área y Sub-áreas de Investigación:**

Operations Engineering and Management

**Objetivo (s) de Desarrollo Sostenible (ODS):** ODS9 -Industria, Innovación e Infraestructura.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente, en el año, la industria manufacturera en el Perú aporta el 12,5% del PBI nacional alcanzando una cifra de S/. 6243 millones de soles (Ministerio de la producción 2024). Dentro de la industria manufacturera se encuentra el sector metalmecánico que, del año 2019 al año 2023, el número de empresas se ha incrementado de 63439 a 72711 empresas siendo en su mayoría PYMES que equivalen al 99,5%. (Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos 2024) El presente trabajo toma como caso de estudio una PYME del sector metalmecánico que presenta una productividad de 9.2 unidades/hora hombre, siendo inferior a 16.6 unidades/hora hombre, presentando una variación de 44.58%, que es la productividad de otra PYME representativa del mismo sector (Cairo et al. 2023). Esta diferencia significó una oportunidad de mejorar el indicador aplicando herramientas Lean.

## OBJETIVOS

El objetivo principal de este artículo de investigación es incrementar en un 44,5% la productividad de un proceso de producción de tornillos de aluminio en una PYME mediante la aplicación de herramientas SMED y TPM. Además, uno de los objetivos específicos más relevantes que se establecen con la aplicación es aumentar la disponibilidad de las máquinas en la empresa.

## JUSTIFICACIÓN

Una forma de mejorar la productividad es aplicando SMED, un caso de éxito usando la herramienta fue el aumento de este indicador de 0,38 a 1,16 6 unidades/hora-hombre en el área de corte de una industria textil (Alanya et al. 2024). SMED también es aplicable en otros sectores como el metalúrgico, donde la productividad aumentó un 19% (Jara et al. 2023). Por otro lado, TPM ayudó a aumentar la productividad como en el caso de una empresa de fabricación de calzado que pasó de 12,57 a 18,83 pares de zapatos/Hora-Hombre (Mendoza et al. 2023). TPM, además de contribuir a mejorar la eficiencia de los equipos y máquinas, ayudó a mejorar la productividad de 2,39 a 2,50 soles vendidos/soles invertidos, incremento equivalente de 4,6% (Vasquez et al. 2023).

## HIPÓTESIS (Si aplica)

No aplica Hipótesis.

## DISEÑO METODOLÓGICO

Enfoque: Proyecto de Mejora

Alcance: Científico

Técnicas e instrumentos:

- Revisión de literatura
- Análisis estadístico
- Toma de tiempos
- Aplicación de herramientas Lean
- Ranking de factores

Etapas del desarrollo de la investigación:

La primera etapa para el desarrollo de la investigación fue tomar tiempos del proceso de fabricación de pernos de aluminio (en segundos) 20 veces, con ello se procedió a calcular la productividad y a compararla con una productividad promedio del mismo sector. Una vez comparada ambas productividades, se observó que la calculada era menor a una productividad promedio del sector por lo que se decidió a calcular la capacidad de producción del proceso (CP) para lo cual se utilizó Minitab resultando que había que tomarse acciones inmediatas en el proceso. Esta etapa determinó la brecha de productividad en el sector, para lo cual era necesario realizar un árbol de problemas para identificar las posibles causas raíces y poder tomar acciones para reducir su impacto.

Una vez encontradas las causas raíces, la siguiente etapa fue realizar una revisión de la literatura en la cual se utilizó el buscador SCOPUS para encontrar las herramientas más idóneas a utilizar para enfrentar las causas raíces halladas. Para la búsqueda de información se utilizaron “TPM”, “SMED”, “Productividad”, “Sector metalmecánico” como filtros de búsqueda. Realizada la revisión de la literatura, se encontraron 18 fuentes de información (artículos científicos) relacionados con el tema tratado donde herramientas Lean como TPM y SMED eran adecuadas para aumentar la productividad en industrias del sector metalmecánico. En los artículos científicos investigados, se observó que TPM y SMED también mejoran el indicador disponibilidad.

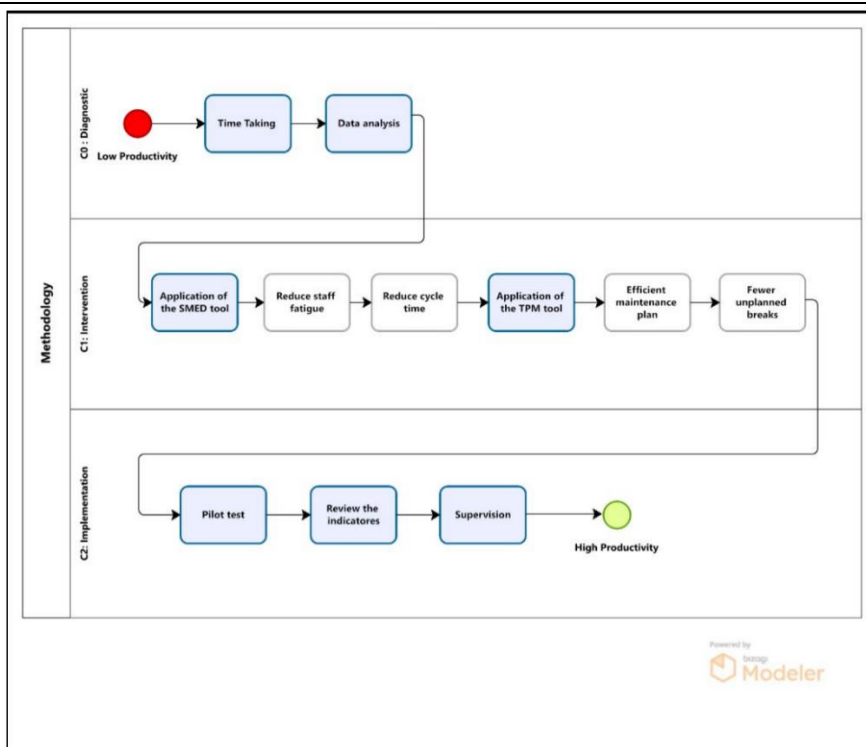
La etapa siguiente consistió en la aplicación de las herramientas de mejora, para ello se hizo una prueba piloto que duró 4 meses donde los integrantes del proyecto participaron de forma activa y directa en la fabricación de pernos de aluminio. Se calcularon y evaluaron indicadores como OEE, tiempo de ciclo, MTBF, productividad y disponibilidad y se compararon los valores antes y después de la aplicación de las herramientas con indicadores obtenidos de artículos científicos fijando estos últimos como objetivos deseados. De esta forma se pudo comprobar la mejora obtenida.

El siguiente paso fue validar los resultados obtenidos mediante el uso de Minitab donde se comparó la productividad y disponibilidad con la función T-Student.

Finalmente, se colocaron las conclusiones de la investigación donde se colocaron los resultados obtenidos.

### **Figura 1.1**

*Flujograma del método*



## NOTAS (AGRADECIMIENTOS)

## REFERENCIAS

- Alanya, B. S., Dextre, K. E., Nuñez, V. H., Marcelo, G. E., Alvarez, J. C., & Hatakeyama, K. (2024, August 14). Application of lean manufacturing to improve processes and increase productivity in the textile industry of Peru: Case study. *South African Journal of Industrial Engineering*, 35(2), 140-153. <https://doi.org/10.7166/35-2-2932>
- Baldeon-Nazario, L., Mattos-Carrillo, L., & Pinedo-Palacios, P. (2024, July 17-19). From traditional maintenance management to total productive maintenance: Application case in agribusiness. *22nd LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology*, San José, Costa Rica.
- Branco, D., Ferreira, L. P., Fernandes, N. O., & Silva, F. J. (2024, June 28-29). Analysis and improvement of setup times at a metalworking company. In *International Conference Innovation in Engineering* (pp. 150-158). Springer Nature Switzerland.
- Cairo Tineo, F. A., Condori Dávila, M. G., & García, J. A. R. (2023, December 4-6). Methodology to increase productivity in a metal-mechanical tee production company using lean manufacturing, systematic layout planning and TOPSIS. In *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*. <https://doi.org/10.18687/LEIRD2023.1.1.102>
- Domínguez, A. B., Ortiz, D. M., Naranjo, I. E., & Llugsa, J. M. (2020, November). Aplicación de la metodología SMED en proceso de cambio de matrices en la industria metalmeccánica: Caso Ecuador. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (E37), 140-152.
- Espinoza-Huamash, M., Arana-Hurtado, I., & León-Chavarri, C. (2022, December 5-7). Maintenance management model to increase availability in a metalworking SME applying TPM, SMED, and PDCA. *2nd LACCEI International Multiconference on Entrepreneurship, Innovation and Regional Development*. <https://doi.org/10.18687/LEIRD2022.1.1.70>
- Florez-Cáceres, R. M., Huamán-Echevaría, C. E., & Quiroz-Flores, J. C. (2024, August). Improving productivity in an SME in the metalworking sector through lean manufacturing and TPM tools: A case study in Peru. *South African Journal of Industrial Engineering*, 35(2), 91-109. <https://doi.org/10.7166/35-2-3013>

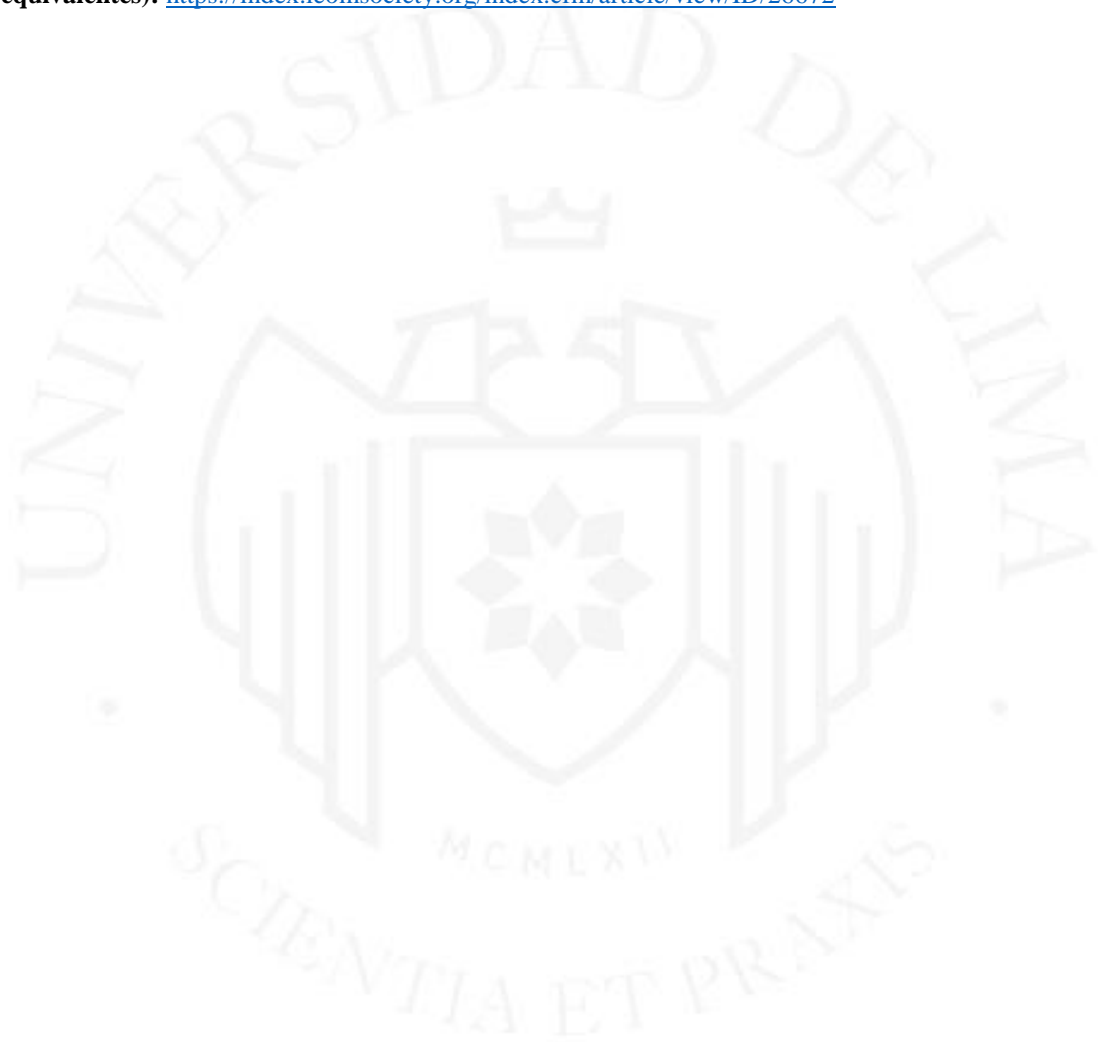
- Florián-Castillo, O. R., Moreno-Henriquez, R. A., & Florian-Sanchez, O. D. (2023, December 4-6). Diseño de un modelo basado en lean manufacturing para la productividad de una MyPE del sector calzado. *3rd LACCEI International Multiconference on Entrepreneurship, Innovation and Regional Development - LEIRD 2023*. <https://doi.org/10.18687/LEIRD2023.1.1.417>
- Gonzales-Abanto, A., Quispe-Vasquez, R., Alcalde-Canto, N., Delgado-Saucedo, D., Marin-Atalaya, S. F., & Sanchez-Llanos, E. (2024, July 15-19). Lean manufacturing tools and their benefits in industries: A systematic review of the literature. *Proceedings of the 22nd LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology*, San José, Costa Rica.
- Mendoza Ocaña, C. E., Cruz Salinas, L. E., & Anticona Yupanqui, L. R. (2023, December 4-6). Application of lean manufacturing tools to improve productivity in a footwear company in Peru. *3rd LACCEI International Multiconference on Entrepreneurship, Innovation and Regional Development - LEIRD 2023*. <https://doi.org/10.18687/LEIRD2023.1.1.351>
- Ministerio de la Producción. (2024, July 13). Producción manufacturera crece un 18.6% por segundo mes consecutivo. *Gobierno del Perú*. <https://www.gob.pe/institucion/produce/noticias/988411-produccion-manufacturera-crece-un-18-6-por-segundo-mes-consecutivo>
- Mundaca-Lopez, C., Villar-Farfan, C., Quiroz-Flores, J. C., & García-López, Y. J. (2023, November 14-17). Improving OEE in a Peruvian SME: A case study on the application of lean manufacturing tools in the metalworking sector. *Conference on Productions Systems and Logistics CPSL 2023-2*, 162-175. <https://doi.org/10.15488/1520>
- Padilla-Triveno, J., & Quiroz-Flores, J. C. (2022, September 27-29). Lean production model to increase equipment availability in the manufacturing process of gas hose connectors in metalworking SMEs. *Proceedings of the 8th International Conference on Industrial and Business Engineering*, 275-281. <https://doi.org/10.1145/3568834.3568893>
- Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos. (2024, April). *Informe sobre la industria metalmecánica 2017-2024*. [https://www.producepresarial.pe/wp-content/uploads/2024/04/8-PPT-METALMECANICA-2017\\_2024\\_30042024-.pdf](https://www.producepresarial.pe/wp-content/uploads/2024/04/8-PPT-METALMECANICA-2017_2024_30042024-.pdf)
- Ordoñez Carrion, S. E., Edilberto Avalos-Ortecho, M., & Lazarte Pazos, P. A. (2024). Implementation of lean manufacturing to increase productivity in the manufacture of kitchen sinks in a metal-mechanical company. *IOS Press*. <https://ebooks.iospress.nl/doi/10.3233/ATDE230094>
- Quiroz-Flores, J. C., Cancho-Alvaro, B., & Rodriguez-Arcos, J. (2023, July 17-21). Increased machine efficiency through a production model integrating lean tools and the ADKAR model in an SME of the metalworking industry. *21st LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology*. <http://dx.doi.org/10.8687/LACCEI2023.1.1.121>
- Sánchez, K. Q., Quispe, A. R. R., & Palacios, P. D. P. P. (2024, July 17-19). Influence of preventive maintenance over a metalworking company productivity. *22nd LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology*, San José, Costa Rica.
- Vasquez, J. A. G., Bobadilla, A. M. S., Díaz, J. S. Z., Mantilla, J. W. O., de la Cruz, E. T., Santos Santiago, J. V., & Aliaga, A. A. B. (2023, July 19-21). Application of lean manufacturing tools to increase productivity in a cleaning products manufacturing company. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology*, Buenos Aires, Argentina. <https://doi.org/10.18687/L>
- Yalico-Luciano, R., Herrada-Galvez, J., & Castro-Rangel, P. (2023, September 22-24). Reduction of the rate of defective products in a metalworking company through the implementation of TPM, 5S, and process standardization tools. *9th International Conference on Industrial and Business Engineering*, 417-425. <https://doi.org/10.1145/3629378.3629394>

### **Datos del artículo publicado**

- **Nombre del artículo:** Increased Productivity through SMED and TPM in a Metalworking SME: An Empirical Investigation in the Peruvian Industry
- **Autores:** Luigi Renzo Vargas Fiestas y Harry Sebastian Fry Guimet
- **Co autor(es):** Alberto Enrique Flores Perez

### **Presentación en congreso**

- **Nombre del congreso:** 4ª Conferencia internacional india sobre ingeniería industrial y gestión de operaciones, Hyderabad, India .
- **Organizador:** IEOM Society International
- **Sede:** Hyderabad, India .
- **Año:** 2024
- **Pp:** 10
- **Enlace web donde se encuentra publicado el artículo (identificador DOI, ISBN, ISSN o equivalentes):** <https://index.ieomsociety.org/index.cfm/article/view/ID/26672>



## 6% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

### Filtered from the Report




- ▶ Bibliography
- ▶ Quoted Text
- ▶ Cited Text
- ▶ Small Matches (less than 15 words)

### Exclusions

- ▶ 1 Excluded Match

---

### Top Sources

- 6%  Internet sources
- 0%  Publications
- 3%  Submitted works (Student Papers)

---

### Integrity Flags

#### 0 Integrity Flags for Review

No suspicious text manipulations found.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.