

El Proceso DMAIC: Herramientas de Calidad en el Desarrollo de Proyectos de Mejora de la Calidad

The DMAIC Process: Quality Tools to Optimize the Development of Quality Improvement Projects

Manuel Baro¹

Manuel R. Piña²

Cinthia J. Valdiviezo³

Rosa Ma. Amaya⁴

RESUMEN

La metodología DMAIC es ampliamente utilizada en empresas de todo el mundo para mejorar la eficiencia y la productividad al reducir la variación y el desperdicio. Se puede aplicar en empresas de bienes y servicios, así como en la cadena de suministro o en un puesto de trabajo. Esta metodología se basa en el proceso DMAIC, que consta de las fases de definir, medir, analizar, aplicar y controlar. A través de este proceso, se identifican los problemas críticos de calidad y se comprenden sus causas fundamentales, lo que permite encontrar soluciones efectivas. Dentro de cada fase del proceso DMAIC se utilizan diversas herramientas para la calidad y la mejora, que son clave para este enfoque. Esta investigación tiene como objetivo proporcionar una guía para implementar correctamente la metodología DMAIC, garantizando la calidad y facilitando la toma de decisiones.

Palabras clave: *6 sigma, variabilidad, DMAIC, procesos, críticos de calidad.*

ABSTRACT

The DMAIC methodology is widely used in companies around the world to improve efficiency and productivity by reducing variation and waste. It can be applied in goods and services companies, as well as in the supply chain or in the workplace. This methodology is based on the DMAIC process, which consists of the Define, Measure, Analyze, Implement and Control phases. Through this process, critical quality problems are identified, and their root causes understood, enabling effective solutions to be found. Within each phase of the DMAIC process, various quality and improvement tools are used, which are key to this approach. This research aims to provide a guide to correctly implement the DMAIC methodology, ensuring quality and facilitating decision making.

Keywords: *Six sigma, variability, DMAIC, processes, quality critics*

- 1 Doctor en Tecnología, Tecnológico Nacional de México Campus Nuevo Casas Grandes, Docente Investigador, Ciudad de Nuevo Casas Grandes, México, mbaro@itsncg.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0003-1665-8379>, Av. Tecnológico 7100, Centro, 31700 Nuevo Casas Grandes, Chih., México. Teléfono 636 127 4661
- 2 Doctor en Ciencias de la Ingeniería Industrial, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Investigador del Departamento Industrial y de Manufactura del Instituto IIT, Ciudad Juárez, México, manuel.pina@uacj.mx, <https://orcid.org/0000-0002-2243-3400>
- 3 Estudiante de Maestría en Ingeniería Industrial, Tecnológico Nacional de México Campus Chihuahua II, Chihuahua, México, m22550805@chihuahua2.tecnm.mx, <https://orcid.org/0000-0002-7758-9816>
- 4 Doctora en Ciencias de la Ingeniería, Tecnológico Nacional de México Campus Chihuahua II, Chihuahua, México, rosa.at@chihuahua2.tecnm.mx, <https://orcid.org/0000-0002-3277-2721>

Fecha recepción:

Fecha aceptación:



© 2022 Universidad de Córdoba. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution License, que permite el uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que el autor original y la fuente se acreditan.

1. INTRODUCCIÓN

El proceso DMAIC consta de cinco fases: definir, medir, analizar, implementar y controlar. Estas fases permiten analizar y mejorar la calidad de los bienes y servicios mediante la identificación y control de variables problemáticas (Prado et al., 2023). Es importante utilizar herramientas de calidad e identificación en cada fase del proceso DMAIC, como la voz del cliente, diagramas de mapeo de procesos, diseño de experimentos y diagramas de causa raíz. Estas herramientas ayudan a comprender y solucionar las causas de los problemas. El objetivo es reducir las variables críticas y mejorar la productividad (Sabtu et al., 2023). Este manuscrito presenta las fases del proceso DMAIC y explica cómo implementarlo correctamente. También define las herramientas de calidad para cada parte del Proyecto (Ayyildiz & Ekinci, 2023).

2. METODOLOGÍA

2.1. Fases del Proceso DMAIC

El proceso DMAIC se utiliza para reducir el despilfarro o eliminar problemas en variables críticas utilizando la metodología Seis Sigma (Tseng et al., 2022). Consiste en definir, medir, analizar, implementar y controlar las variables críticas identificadas que afectan a la calidad del producto, proceso o servicio y no cumplen los requisitos del cliente (Bašić et al., 2022). En cada fase del proceso se utilizan distintas herramientas de calidad, catalogadas para garantizar el cumplimiento de los objetivos establecidos (Study et al., 2022). El objetivo es reducir al máximo la variable crítica seleccionada.

2.1 Etapa de Definición DMAIC y las Herramientas Utilizadas

La etapa de definición tiene por objeto identificar todos los problemas o variables potenciales que puedan estar afectando al producto o proceso y catalogarlos. Se suelen utilizar herramientas

como el diagrama SIPOC, la voz del cliente, el mapeo de procesos y el mapeo de la cadena de suministro (Trubetskaya, McDermott, et al., 2023). En esta fase se definen los objetivos que se pretenden alcanzar aplicando la metodología Seis Sigma y el proceso DMAIC una vez que se dispone de las variables seleccionadas. Esto permite determinar de forma más coherente el crítico de calidad o el factor que afecta a la calidad y lo que se conseguirá tras la implantación del proyecto (Prasetyo et al., 2022). En la etapa de definición, se establecen los objetivos y se reducen las variables en función de los ahorros esperados al abordar problemas significativos. Las herramientas utilizadas en esta etapa son cruciales (Bhargava & Gaur, 2021).

2.1.1 Mapeo de procesos

El mapa de procesos es una ilustración gráfica de las etapas de un proceso. Es una representación estática y no identifica la dinámica de un proceso. El mapeo de procesos es una herramienta cualitativa con varios usos (Febriant et al., 2023). El mapa de procesos proporciona una visión general de todos los procesos, lo que permite una comprensión general de las operaciones de una empresa sin profundizar en detalles técnicos. El mapa de procesos ilustra clasificaciones, relaciones y dependencias entre procesos individuales. Estos aspectos suelen presentarse visualmente para facilitar la comunicación básica y mejorar la comprensión de los procesos empresariales actuales (Bajjali, 2023).

2.1.2 Despliegue de la Función de Calidad

La productividad de una empresa puede verse influida por diversos factores, como la calidad, el tiempo de procesamiento, el tiempo de la cadena de valor y el coste. Con el tiempo, los clientes llegan a esperar un determinado nivel de calidad de un producto, y es importante satisfacer esas expectativas. Las necesidades de un cliente deben transformarse en especificaciones del producto (Buakum et al., 2024). A continuación, estas especificaciones se utilizan para satisfacer al mismo cliente, lo que da lugar a un proceso cíclico que puede parecer complejo. Sin embargo,

el Despliegue de la Función de Calidad (QFD) es una herramienta que permite llevar a cabo este proceso priorizando estas necesidades o especificaciones (Foldesi & Sós, 2023).

2.1.3 SIPOC

Las siglas SIPOC significan Proveedor, Entradas, Proceso, Salidas y Clientes. Este cuadro ofrece una representación visual de un proceso que integra los proveedores internos y externos, sus respectivas entradas, el diagrama de flujo del proceso, las salidas de ese proceso y los clientes de esas salidas (Mededović et al., 2022). El objetivo de este método es mejorar los procesos a partir de una representación esquemática de los elementos clave del proceso. El método SIPOC se utiliza para analizar el proceso en sentido amplio, examinando los clientes y sus expectativas resultantes del proceso (Wulandari et al., 2023).

2.2 Etapa de Medición DMAIC y las Herramientas Utilizadas

La fase de medición utiliza los criterios de calidad identificados en la fase de definición, concretamente las variables consideradas significativas para generar problemas en el proceso. Como todo proceso presenta variaciones, el objetivo de esta fase es identificarlas. Es fundamental determinar qué se va a medir y cómo se puede medir. Para seleccionar y medir las variables críticas se utilizan distintos tipos de herramientas, que determinan la variación y el nivel de significación de las variables seleccionadas en la fase anterior (Bamandy & Najar, 2023). La fase de medición utiliza los criterios de calidad identificados en la fase de definición, concretamente las variables consideradas significativas para generar problemas en el proceso. Como todo proceso presenta variaciones, el objetivo de esta fase es identificarlas. Es fundamental determinar qué se va a medir y cómo se puede medir. Para seleccionar y medir las variables críticas se utilizan distintos tipos de herramientas, que determinan la variación y el nivel de significación de las variables seleccionadas en la fase anterior (Ruwanpura et al., 2023).

2.2.1 Índice de Capacidad de Proceso

El índice de capacidad del proceso (ICP) mide el número de veces que la desviación típica del proceso se sitúa dentro de los límites de especificación del cliente (Ouyang et al., 2023). En un proceso normal bajo control estadístico, se espera que la característica de calidad de los elementos fabricados que se miden se sitúe dentro de un intervalo determinado (Montes, 2023).

Si 6σ cae fuera del intervalo de tolerancia, tenemos un problema.

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (1)$$

2.2.2 Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una representación gráfica que establece las posibles variables que representan un problema para la empresa. También conocido como diagrama ABC, prioriza las variables más críticas. El diagrama sigue la regla del 80%/20%, lo que significa que el veinte por ciento de las variables críticas causan el ochenta por ciento de los problemas de un proceso. El diagrama de Pareto puede identificar las variables que requieren atención y sus causas, lo que permite introducir mejoras en las fases posteriores del proceso DMAIC (Fauziah et al., 2022).

2.2.3 Análisis de Modo de Efecto de Falla (FMEA)

El Análisis Modal de Fallos y Efectos (FMEA) es una herramienta importante en la prevención de errores en productos, procesos y sistemas. Proporciona un método objetivo y documentado para identificar y evaluar los efectos, causas y elementos de detección de los errores, con el objetivo de evitar su ocurrencia. El FMEA almacena una gran cantidad de datos sobre los procesos y productos, lo que lo convierte en una valiosa fuente de información (Siahaan et al., 2024). En el contexto de los productos, el FMEA se utiliza para identificar posibles errores en el diseño y anticipar su impacto en el usuario o en el proceso de fabricación. En los procesos, se realiza un

análisis de los errores que pueden ocurrir en cada fase, con el objetivo de prevenir efectos negativos en el usuario o en fases posteriores del proceso. En el diseño de software, el FMEA se aplica para prever errores en su funcionamiento. Además, el FMEA se utiliza para documentar las causas de los errores que generan efectos negativos, con el fin de anticiparse a los problemas. En resumen, el FMEA es una herramienta versátil y aplicable a diversos tipos de errores (Albasyouni et al., 2023).

2.3 Etapa de Análisis DMAIC y las Herramientas Utilizadas

La etapa de análisis del proceso DMAIC tiene por objeto identificar el origen del problema causado por las variables críticas seleccionadas en la etapa de medición. Las herramientas utilizadas en esta etapa pueden variar en función del tipo de proyecto, pero todas deben basarse en el método científico. Se trata de recoger y analizar los datos con precisión, siguiendo una metodología que permita una interpretación precisa y la identificación de la causa raíz (Camelo et al., 2023).

2.3.1 Mapeo de la Cadena de Valor (VSM)

El Mapa del Flujo de Valor (VSM), acrónimo en inglés de Value Stream Map, es una representación gráfica de la cadena de suministro, incluidos proveedores y clientes (Sumasto et al., 2023). Esta herramienta analiza eficazmente la cadena de valor para identificar las operaciones que no añaden valor o tienen largos tiempos de espera. Las variables críticas pueden clasificarse y reducirse o eliminarse basándose en el VSM (Karim et al., 2023).

2.3.2 Cinco ¿Porqués?

Los cinco porqués es una herramienta sistemática para identificar la causa raíz de un problema analizando por qué se produce. La misma pregunta se aplica repetidamente hasta que se identifica la causa raíz. Es importante señalar que la herramienta se denomina Cinco porqués, pero no tiene por qué limitarse a sólo cinco iteraciones

(Sakata, 2020). El objetivo es identificar la causa raíz de un problema, por lo que el número de porqués utilizados dependerá de si se identifica una causa. El objetivo último de los Cinco porqués es determinar la causa raíz de un defecto o problema para resolverlo eficazmente (Rathi et al., 2022).

2.3.3 Diagrama de Ishikawa

El diagrama causa-efecto o de Ishikawa es un método gráfico que relaciona un problema o efecto con los factores o causas que pueden generarlo. Este diagrama es importante porque nos incita a identificar las distintas causas que inciden en el problema analizado. Al hacerlo, evita que nos lancemos a buscar soluciones sin antes cuestionarnos las verdaderas causas (Rajan & Rajan Asst Christ College Pune Saju Shibu Mathoor, 2023). El diagrama de Ishikawa (DI) puede ayudar a evitar suposiciones sobre las causas y fomentar la consideración del problema desde múltiples perspectivas. Hay tres tipos principales de diagramas de Ishikawa, que varían en función de cómo se identifican y ordenan las causas dentro del gráfico (Fraga Vilela et al., 2023).

2.4 Etapa de Implementación DMAIC y las Herramientas Utilizadas

Durante la fase de mejora, ya deben haberse abordado las causas profundas del problema. La solución debe ser fácil de aplicar y tener un impacto duradero en la empresa (Prado et al., 2023). Si en esta etapa se identificaron variables o factores continuos, se puede llevar a cabo un diseño experimental para determinar la disposición óptima de las variables con el fin de reducir los problemas identificados en la etapa de definición (Trubetskaya, Ryan, et al., 2023).

2.4.1 Diseño de Experimentos (DOE)

El objetivo es obtener el mejor resultado posible, ya sea un valor superior, inferior o nominal. Para superar las limitaciones, se puede llevar a cabo una planificación estratégica de experimentos y la aplicación de la estadística. Un

diseño de experimentos implica realizar cambios en las variables independientes para observar sus efectos y obtener el resultado deseado (Dohrn & Mezzadri, 2024). Para superar las limitaciones, puede llevarse a cabo una planificación estratégica de los experimentos y la aplicación de estadísticas (Paulraj et al., 2024).

2.5 Etapa de Control DMAIC y las Herramientas Utilizadas

La fase de control consiste en mantener las mejoras aplicadas. Se pueden utilizar herramientas para visualizar y supervisar el progreso de las mejoras (Purwojatmiko & Ambarwati, 2023). Además, se vuelven a medir las variables que se identificaron para criticarlas, con el fin de verificar que las mejoras implantadas han reducido efectivamente el problema identificado en etapas anteriores (Trubetskaya, Ryan, et al., 2023).

2.5.1 Control Estadístico de Proceso

El Control Estadístico de Procesos (SPC) se emplea para analizar y regular el rendimiento de los procesos. Permite un control proactivo de los procesos, distingue entre variación natural y asignable, identifica y previene la aparición de causas especiales e implica el uso de gráficos de control para determinar si un proceso funciona bajo control (Atalan, 2023). Un gráfico de control es la mejor herramienta para investigar la variación en un proceso y suele denominarse diagrama de series temporales, utilizado para supervisar un proceso a lo largo del tiempo. Se trata de un gráfico que muestra una característica del proceso a lo largo del tiempo, con límites determinados estadísticamente. Se suele utilizar para supervisar procesos y ayuda al usuario a determinar las medidas adecuadas que debe tomar en función del grado de variación del proceso (Ahmed et al., 2023).

3. DISCUSIÓN

La metodología DMAIC ofrece oportunidades de mejora en todas las áreas de una empresa,

independientemente de su tipo (por ejemplo, servicios, administración pública, producción, etc.) (Bonetti et al., 2023). Si se detectan variables significativas, como las críticas para la calidad, el transporte o el coste, la implantación de proyectos Seis Sigma puede aumentar la productividad y la eficiencia, con el consiguiente ahorro monetario (Sumasto et al., 2023). Es importante señalar que cualquier evaluación subjetiva debe marcarse claramente como tal (Albugami et al., 2024).

4. CONCLUSIÓN

La metodología DMAIC busca reducir la variación a través de los niveles de desviaciones estándar de los procesos, cuanto mayor sea el número de desviaciones, mayor será el nivel de calidad. El objetivo de la metodología, desde una perspectiva teórica, es reducir o eliminar los críticos de calidad en un proceso de producción. La metodología DMAIC, significa definir, medir, analizar, implementar y controlar. A lo largo del proceso DMAIC, dispone de herramientas de calidad para garantizar la finalización con éxito de cada etapa. La metodología se describe de forma sencilla para facilitar su uso por parte de los profesionales en diversas industrias, incluidos los sectores de producción convencional, servicios y administración pública, para ejecutar proyectos y reducir los problemas de calidad.

5. REFERENCIAS

- Ahmed, K. S., Siddika, N., Al-Moneim, A., & Islam, M. W. (2023). A case study on the shear behavior of pre-tensioned Spun Precast Concrete (SPC) piles. *Case Studies in Construction Materials*, 19, e02478. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02478>
- Albasyouni, W., Abotaleb, I., & Nassar, K. (2023). Proposing the Use of Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) as Risk Assessment Tool in Construction. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 12(12), 6–14. <https://doi.org/10.35940/ijitee.L9750.11121223>
- Albugami, S., Alqaidi, S., Alzahrani, W., Alzubidi, K., & Elhag, S. (2024). Improving Airline Services Quality by DMAIC Methodology (pp. 407–415). https://doi.org/10.1007/978-981-99-7569-3_33

- Atalan, A. (2023). Integration of Discrete-Event Simulation and Statistical Process Control Methods. *International Conference on Pioneer and Innovative Studies*, 1, 38–46. <https://doi.org/10.59287/icpis.803>
- Ayyıldız, T. E., & Ekinçi, E. B. M. (2023). Selection of Six Sigma projects based on integrated multi-criteria decision-making methods: the case of the software development industry. *The Journal of Supercomputing*, 79(13), 14981–15003. <https://doi.org/10.1007/s11227-023-05250-y>
- Bajjali, W. (2023). Map Classification and Layout (pp. 35–62). https://doi.org/10.1007/978-3-031-42227-0_3
- Bamandy, M. K. S., & Najar, S. A. M. (2023). The Role of Social Relationships in Feeling Happy Empirical Study in Erbil. *Journal of University of Raparin*, 10(3), 245–274. [https://doi.org/10.26750/Vol\(10\).No\(3\).Paper11](https://doi.org/10.26750/Vol(10).No(3).Paper11)
- Bašić, H., Gavranović, H., & Ćuprija, E. (2022). Implementation of Lean Six Sigma in Industry 4.0. September, 138–145. <https://doi.org/10.5644/pi2022.202.27>
- Bhargava, M., & Gaur, S. (2021). Process Improvement Using Six-Sigma (DMAIC Process) in Bearing Manufacturing Industry: A Case Study. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1017(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1017/1/012034>
- Bonetti, S. de A., Bueno, A., Silva, R. B. Z. da, Paredes, F. J. G., & Bianco, D. (2023). Using DMAIC for in-plant logistic activities improvement. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 20(4), 1406. <https://doi.org/10.14488/BJOPM.1406.2023>
- Buakum, D., Daesa, C., Sinthavalai, R., & Noppasri, K. (2024). Designing temperature-controlled medicine bag using an integrated AHP-QFD methodology. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 18(2), 659–670. <https://doi.org/10.1007/s12008-023-01457-8>
- Camelo, S., Jimenez, M., Pinilla, J., & Gonzalez, C. A. (2023, June 7). Optimization in Field Service Operations: Cost and Reprocesses Reduction Through Lean Six Sigma Implementation. Day 2 Thu, June 15, 2023. <https://doi.org/10.2118/213198-MS>
- Dohrn, D., & Mezzadri, A. (2024). Integrative design for thought-experiments. *Behavioral and Brain Sciences*, 47, e39. <https://doi.org/10.1017/S0140525X23002340>
- Fauziah, S. R., Renosori, P., & Selamat. (2022). Identifikasi Penyebab Terjadinya Kecacatan pada Produk Induktor Toroidal dengan Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA) di CV. Cipta Karya Mandiri. *Bandung Conference Series: Industrial Engineering Science*, 2(1). <https://doi.org/10.29313/bcsies.v2i1.1619>
- Febriant, I. A., Widodo, A. S., & Faizin, A. (2023). The effectiveness of Canned Coffee packaging's graphic design elements in consumers' decision-making process. *Journal of Graphic Engineering and Design*, 14(4), 5–12. <https://doi.org/10.24867/JGED-2023-4-005>
- Foldesi, P., & Sós, E. (2023). An analysis of the literature on the use of Fuzzy QFD in logistics strategies. *International Journal of Logistics Systems and Management*, 1(1). <https://doi.org/10.1504/IJLSM.2023.10060413>
- Fraga Vilela, F., Wong, K. C., Miranda Bócoli, G., Silva Junho, M. F., Nunes Lima Dias, M., Custodio Zampollo, P., & De Carvalho Machado, L. H. (2023). Lean Healthcare in A Brazilian Hospital: Application of the Ishikawa Diagram in the Processes Management of an Operating Theater. *International Journal of Innovative Research in Medical Science*, 8(10), 459–463. <https://doi.org/10.23958/ijirms/vol08-i10/1764>
- Karim, M. A., Mithu, M. A. H., Islam, T., Bhowal, N., & Ahmed, H. (2023). Application of VSM as a Lean Tool in a Healthcare Facility. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 13(2), 13–21. <https://doi.org/10.35940/ijeat.B4331.1213223>
- Mededović, E., Spalldi-Barišić, L., Nevačinović, E., Rama, A., Kurtović, A., & Cerovac, A. (2022). SIPOC method of optimizing the clinical process in obstetrics. *Srpski Medicinski Casopis Lekarske Komore*, 3(3), 354–361. <https://doi.org/10.5937/smcl3-38976>
- Montes, R. O. (2023). Frequentist and <scp>Bayesian</scp> tolerance intervals for setting specification limits for left-censored gamma distributed drug quality attributes. *Pharmaceutical Statistics*. <https://doi.org/10.1002/pst.2344>
- Ouyang, L., Dey, S., & Park, C. (2023). Robust confidence intervals for the process capability index C_{pk} with bootstrap improvement. *Quality Engineering*, 1–14. <https://doi.org/10.1080/08982112.2023.2263523>

- Paulraj, L. S., Varsha, A., Karadi, S., & Kumar, D. (2024, January 16). Engine Modelling with Smart Online DoE. <https://doi.org/10.4271/2024-26-0338>
- Prado, R. R. Do, Boareto, P. A., Chaves, J., & Santos, E. A. P. (2023). Agile DMAIC cycle: incorporating process mining and support decision. *International Journal of Lean Six Sigma*. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-04-2022-0092>
- Prasetyo, Y. T., Santiago, M. A., Persada, S. F., & Chuenyindee, T. (2022). The Utilization of Six Sigma DMAIC Methodology in the Improvement of the Quality and Application of Methyl Methacrylate (MMA)-Based Elastomeric Membrane. In 2022 3rd International Conference on Internet and E-Business (ICIEB 2022), June 15-17, 2022, Madrid, Spain (Vol. 1, Issue 1). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3545897.3545918>
- Purwojatmiko, B. H., & Ambarwati, L. (2023). Implementation of DMAIC for Production Quality Control: Case Study of Power Supply Production in Indonesia. *Jurnal Teknik*, 21(2), 228-238. <https://doi.org/10.37031/jt.v21i2.342>
- Rajan, G., & Rajan Asst Christ College Pune Saju Shibumathoor, G. N. (2023). APPLICATION OF ISHIKAWA Diagram On Error Management: With Reference To Infosys Limited, Pune. In *Madhya Pradesh Journal of Social Sciences A biannually Journal of M. P. Institute of Social Science Research* (Vol. 28, Issue 1). <https://www.researchgate.net/publication/371379256>
- Rathi, R., Chandra Gopi Reddy, M., Lakshmi Narayana, A., Lakshmi Narayana, U., & Saeedur Rahman, M. (2022). Investigation and implementation of 8D methodology in a manufacturing system. *Materials Today: Proceedings*, 50, 743-750. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.273>
- Ruwanpura, U. D. R. E., Perera, B. A. K. S., & Ranadewa, K. A. T. O. (2023). Lean six sigma tools for improving administrative processes in different sectors: a systematic review. 11th World Construction Symposium - 2023, 686-699. <https://doi.org/10.31705/WCS.2023.56>
- Sabtu, S. H., Matore, M. E. E. M., & Maat, S. M. (2023). Real-World Application: Six Sigma Quality Tools for Continuous Performance Improvement in Specific Educational Practices - A Systematic Review. In *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research* (Vol. 22, Issue 9, pp. 401-422). Society for Research and Knowledge Management. <https://doi.org/10.26803/IJLTER.22.9.22>
- Sakata, M. (2020). Ryori o suru yoni utsukushi suhada wa tsukureru to iu koto. *Kirajennu*.
- Siahaan, J. P., Yaqin, R. I., Priharanto, Y. E., Abrori, M. Z. L., & Siswantoro, N. (2024). Risk-Based Maintenance Strategies on Fishing Vessel Refrigeration Systems Using Fuzzy-FMEA. *Journal of Failure Analysis and Prevention*. <https://doi.org/10.1007/s11668-024-01878-x>
- Study, C. A. C., Jou, Y., Silitonga, R. M., Lin, M., & Sukwadi, R. (2022). Application of Six Sigma Methodology in an Automotive Manufacturing. *Sustainability Article*, November. <https://doi.org/10.3390/su142114497>
- Sumasto, F., Arliananda, D. A., Imansuri, F., Aisyah, S., & Purwojatmiko, B. H. (2023). Enhancing Automotive Part Quality in SMEs through DMAIC Implementation: A Case Study in Indonesian Automotive Manufacturing. *Quality Innovation Prosperity*, 27(3), 57-74. <https://doi.org/10.12776/qip.v27i3.1889>
- Trubetskaya, A., McDermott, O., & Ryan, A. (2023). Application of Design for Lean Six Sigma to strategic space management. *TQM Journal*, 35(9), 42-58. <https://doi.org/10.1108/TQM-11-2022-0328>
- Trubetskaya, A., Ryan, A., Powell, D. J., & Moore, C. (2023). Utilising a hybrid DMAIC/TAM model to optimise annual maintenance shutdown performance in the dairy industry: a case study. *International Journal of Lean Six Sigma*, 15(8), 70-92. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-05-2023-0083>
- Tseng, C. C., Chiou, K. C., & Chen, K. S. (2022). Estimation of the Six Sigma Quality Index. *Mathematics*, 10(19), 1-14. <https://doi.org/10.3390/math10193458>
- Wulandari, I. A. S., Ayuni, S. D., & Hudi, L. (2023). Implementation of SIPOC analysis as productivity improvement in tilapia aquaculture. *Community Empowerment*, 8(5), 740-746. <https://doi.org/10.31603/ce.8731>

