

Costos de calidad y las herramientas de gestión de calidad clase mundial en proveedores automotrices: un estudio bibliométrico

Quality costs and world class quality tools for automotive suppliers: A bibliometric study

Jesus Santoyo Ortega*

Fecha de recepción: 27 de febrero del 2024

Fecha de aceptación: 26 de noviembre del 2024

Fecha de Publicación en línea: 31 de enero del 2025

Abstract: Surprisingly, not all organizations currently have a quality costs policy. Nonetheless, the PAF (prevention-appraisal-failure) model to manage quality costs is widespread in the modern industry. How this model relates to the appropriate use of world-class quality tools, following the 6-step structure of total quality management is to be present in available literature. This study proposed the use of a new way to correlate both via the Total World Class Quality Management-Cost of Prevention-Appraisal Failure (TWCQM-COPAF) matrix. To confirm this, a systematic literature review based on a Search, Appraisal, Synthesis, Analysis (SALSA) review method and a simple Bibliometrix exercise, were used, not only confirming such relationships, but also concluding that world class quality tools under total quality management and the PAF model are appropriate for use in small and medium automotive suppliers and at the same time, quality gets closer to Industry 4.0 technologies.

Keywords: quality costs, total quality management, world class quality, systematic literature review, Industry 4.0.

Resumen: De manera sorprendente, no todas las organizaciones poseen actualmente una política de costos de calidad. Aun así, el modelo prevención-evaluación-falla (PAF, por sus siglas en inglés) para la administración de los costos de calidad es de amplio uso en la industria moderna. Cómo este modelo se relaciona con la correcta utilización de herramientas de calidad clase-mundial, siguiendo la estructura de 6 pasos de la gestión total de la calidad debe estar presente en la literatura disponible. Este estudio propuso una nueva manera de correlacionar ambos mediante la matriz Gestión Total de la Calidad Clase Mundial-Costos de

* Universidad Autónoma de Nuevo León, México, j.santOrtega@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0006-4290-1802>



Prevención-Evaluación-Falla (TWCQM-COPAF, por sus siglas en inglés). Para confirmar esto, se condujo una revisión sistemática de literatura bajo el método de búsqueda, evaluación, síntesis y análisis (SALSA, por sus siglas en inglés) y un simple ejercicio con la aplicación Bibliometrix, lo cual no solo confirmó dicha relación, sino que también llevó a concluir que las herramientas de calidad clase mundial bajo la gestión total de la calidad y el modelo PAF se tornan apropiados para el uso en pequeños y medianos proveedores automotrices, al tiempo que la calidad cada vez más se integra con las tecnologías Industria 4.0.

Palabras clave: costos de calidad, gestión total de la calidad, revisión sistemática de literatura, Industria 4.0.

Introducción

La calidad que no mido, costos que no conozco.

Abunda la información sobre los Costos de Calidad (COQ, por sus siglas en inglés), proveniente de los trabajos seminales "*Quality-control Handbook*" de Juran (1951) y "*Total Quality Control*" de Feigenbaum (1956). Desde entonces las empresas integran COQ al evaluar el rendimiento operativo que Biadacz (2020) explica, se alinean con los 14 principios de la Gestión Total de Calidad (Total Quality Management, TQM).

Los COQ reúnen los gastos y las inversiones, dicen Plewa et al. (2016), necesarios para entregar productos y servicios que cumplen las necesidades y expectativas del cliente. TQM, impulsado por "gurús" de la calidad, como Deming, Juran, Feigenbaum, Shewhart y Crosby en occidente, y Ohno, Imai, Ishikawa, Taguchi, Toyoda y Shingo en Japón, ha servido para alcanzar este objetivo. Para desplegar TQM, Longenecker y Scazzero (1993) proponen seis pasos: (1) estándares de calidad, (2) entrenamiento, (3) métricos, (4) solución de problemas, (5) involucramiento y (6) cultura. TQM evolucionó en Calidad de Clase Mundial (WCQ, por sus siglas en inglés), que Singh et al. (2023) desglosan: (i) participación, (ii) calidad en diseño, (iii) estandarización, (iv) entregas rápidas y (v) mejora continua.

Existen tres modelos de COQ ampliamente aceptados como describen Bris et al. (2022). El modelo de prevención-evaluación-falla (*Prevention-Appraisal-Failure, PAF*), el de costo del proceso (*Process Cost Model, PCM*) y el de costo de la pobre calidad (*Cost-of-Poor-Quality, COPQ*). El primero muestra que el aumento en costos de prevención y evaluación disminuye los de falla. Por otro lado, el modelo PCM del que Bai y Zhang (2018) explican, sirve como alternativa a los COQ en manufacturas, aplicándose en

construcción y en cadena de suministro porque divide los costos por conformidad y no conformidad. El modelo COPQ al que refieren Bhardwaj y Belokar (2017), se limita a calcular las pérdidas por defectos visibles, internos y externos.

El presente estudio usa el modelo PAF, del que Farooq et al. (2017) desvelan una relación entre calidad y costos como propuso Feigenbaum en 1956: los costos por prevención incluyen diseño, mantenimiento y capacitación; los costos de evaluación abarcan inspecciones, mediciones y pruebas; y los costos de falla interna o externa involucran mermas, (*Scrap*), reprocesos, y garantías, entre otros.

Planteamiento del Problema

Aunque es extensa la investigación sobre COQ, muchas organizaciones todavía no han incorporado este concepto en su control operativo, siguiendo la recomendación de Sousa y Nunes (2019) para fortalecer estrategias de aseguramiento de calidad y evitar la entrega de productos no conformes al cliente. Se detecta una oportunidad para visualizar la conexión entre COQ y los principios de TQM.

Sorprendentemente la instalación de una estrategia basada en modelos de costos, como PAF, puede aun encontrar resistencia según Rahardjo et al. (2020) debido a cultura, burocracia, prioridades corporativas, falta de recursos y coordinación entre departamentos, incluso viniendo de la alta dirección. Por eso se propone este estudio como una herramienta que sirva para romper la resistencia al cambio.

Ante esta problemática vale la pena plantear: ¿pueden los COQ del modelo PAF arrancar una estrategia de mejora de la calidad apoyándose en herramientas de TQM y apuntaladas con la filosofía WCQ?

Justificación

Este estudio bibliométrico busca facilitar la búsqueda de información de los COQ en la literatura disponible en inglés haciendo referencia cruzada con herramientas de despliegue de TQM bajo WCQ. Los COQ reflejan la conexión del QMS con la innovación indican Teplická y Hurná (2020) debido a una inteligente aplicación de las herramientas TQM bajo WCQ en la mejora del sistema. En palabras de Matsoso y Benedict (2017), existe la creencia entre los proveedores SME automotrices que la calidad cuesta por lo que adoptar

TQM bajo WCQ presenta resistencia. Por esto facilitar la información detallada de COQ y herramientas TQM bajo WCQ, no fácilmente disponible en español, resulta crucial para tener éxito en su implementación.

Antecedentes

Debido a la proliferación de publicaciones que explican tanto COQ como TQM, determinar un método de búsqueda sistemática es primordial en un estudio bibliométrico. Niazi (2015) aclara que una revisión sistemática de literatura (*Systematic Literature Review, SLR*) consiste en un método estructurado de evaluación e interpretación de toda investigación disponible acerca de una pregunta específica o un tópico de interés.

La estructura de 4 pasos generales de búsqueda, evaluación, síntesis y análisis (*Search, Appraisal, Synthesis, Analysis, SALSA*) promovida por Mengist et al. (2020) se deriva del trabajo de Grant y Booth (2009). Para un paso previo de protocolo, estos proponen el modelo de población, intervención, comparación, resultado y contexto (*Population, Intervention, Comparison, Outcome, Context, PICOC*).

Perevochtchikova et al. (2021) ponen a SALSA como un SLR adecuado para la investigación bibliométrica gracias a su protocolo de cuatro pasos y su fácil aplicación en las bases de datos internacionales indexadas y con revisión por pares que incluyen EBSCO, *Science Direct*, *Web of Knowledge*, Google Scholar y Scopus, entre otras. Este estudio bibliométrico llevará a cabo SLR mediante SALSA.

Los resultados de este estudio están dirigidos a los investigadores del tema de calidad con interés de los fenómenos que involucran la economía de los proveedores automotrices Tier-1, Tier-2 y Tier-3 en la industria automotriz Iberoamericana.

Revisión de literatura

La gestión total de la calidad en 6 pasos

TQM clase mundial impacta los COQ definiéndola según Longenecker y Scazzero (1993) bajo un estándar. Calidad en ISO-9001:2015 dice Androniceanu (2017): “es el conjunto de características que dan a un producto o servicio la propiedad de cumplir necesidades específicas”. Estándares como

ISO-9001:2015 explican Durairatnam et al. (2019) apoyan su eficacia en prácticas TQM sistemáticas, de gente involucrada, motivada y empoderada.

Generar calidad desde el diseño dicen Sanchez et al. (2022), cumpliendo el requisito 10.2.4 de IATF-16949:2016, genera productos “cero-defectos” mediante procesos “a-prueba-de-error”. La práctica WCQ de mejora continua (CI, por sus siglas en inglés), según Fening y Boateng-Okrah (2017) elimina desperdicios en procesos y eleva eficiencia y eficacia a decir de Anil y K.P. (2019) siguiendo dicho estándar. El segundo paso de TQM explica Mosadeghrad (2015), es entrenamiento en calidad. La gerencia usa la práctica WCQ de involucrar al personal según García-Alcaráz et al. (2019), obteniendo beneficios operativos asociados a sus roles y responsabilidades y cumpliendo el requisito 2.2.5.3 de ISO-9000:2015 (ISO, 2015). Motivar y comprometer al empleado dicen Hwang et al. (2020), es objetivo primordial del liderazgo.

Entrenar eficazmente a la organización en la práctica WCQ de incorporar calidad desde el diseño afirman Alhih et al. (2020) le otorga a la calidad un orden natural. Otra práctica, tiempos de entrega cortos, Agyabeng-Mensah et al. (2021) los relacionan con un despliegue de TQM y justo-a-tiempo (JIT, por sus siglas en inglés) gracias a programas eficaces de entrenamiento. La práctica WCQ de CI hace crecer el negocio como demuestran Panuwatwanich y Nguyen (2017) al incorporarla al entrenamiento en TQM. El conocimiento generado por la mejora, Lee y Lee (2015) afirman que fomenta llegar más rápidamente al mercado. Por tanto, dicen Dadi y Azene (2017), la gerencia debe promover CI porque su valor estratégico eleva el desempeño.

En palabras de Drucker: “no puedes mejorar lo que no mides” (Brito et al., 2019). Por eso como tercer paso, TQM establece métricos de calidad como indican Goetz et al. (2015), ya que la medición sistemática de procesos, su estructura y sus resultados, mejoran la calidad. Estas actividades, dicen Pambreni et al. (2019), requieren involucrar a la gente como pide WCQ. Los estándares, Nasim (2018) explica, rigen una operación TQM e influyen en los métricos según WCQ. Para asegurar eficacia y eficiencia, Talapatra et al. (2018) apuntan al grupo de liderazgo, quienes establecen la estrategia y los objetivos necesarios para cumplir indicadores TQM como la satisfacción del cliente y los COQ, de acuerdo con García-Alcaraz et al. (2019).

La aplicación de TQM explican Kulenović et al. (2021) relaciona la práctica WCQ de diseño con calidad con la eficiencia de métricos de inventario, calidad, y finanzas. Los requisitos del cliente (*Voice-of-the-Customer*, VOC) al

diseñar productos según Erdil y Arani (2019) usa la función de despliegue de la calidad (*Quality Function Deployment, QFD*) mejorando la ejecución del negocio. El estándar ISO-9000:2015 de vocabulario TQM en el punto 3.3.2 define la práctica WCQ de CI: “actividad recurrente para mejorar el desempeño”, (ISO, 2015). Mejorar los métricos de TQM (costo, productividad, rentabilidad, satisfacción del cliente, satisfacción del empleado, entre otros) demuestran García-Bernal y Ramírez-Alesón (2015) se expresan a través de los indicadores financieros del negocio.

Al corregir el pobre rendimiento siguiendo TQM, explican Alhih et al. (2020), se utiliza el proceso de solución de problemas (*Problem-Solving Process, PSP*) con gente motivada cuya competencia WCQ en PSP, dicen Prajogo y Cooper (2017), facilita el trabajo en equipo. PSP involucra gente comprometida con TQM, exponen García-Alcaráz et al. (2019) ejecutando a todos los niveles. La práctica WCQ de calidad en diseño, sintetiza Femi (2015), enfoca las acciones en prevenir los errores sin aplicar PSP. Diseñar entrenamientos en PSP con herramientas y prácticas de calidad, indican Pagare et al. (2019), mejora la operación. Son los estándares, dicen Omar et al. (2019), los que ordenan el PSP; estructuran análisis y resultados, explican Cepeda y Lopes (2019).

Reducir tiempos bajo WCQ, según Mallampati et al. (2018) necesita PSP: el mapa de flujo de valor (*Value Stream Map, VSM*), indican Oliveira et al. (2017) llama al PSP. Este implica aprendizaje y CI, explican Dadi y Azene (2017). CI según WCQ, profundizan Khan et al. (2019), es PSP que elimina los desperdicios y reduce los costos. Los líderes, indican Anil y K.P. (2019), son clave para desplegar TQM eficazmente. Este quinto paso, el involucramiento, Prajogo y Cooper (2017) lo identifican como una de seis mejores prácticas. Esta práctica WCQ, comentan Roman et al. (2017), forma parte de la cultura TQM y se liga a la producción esbelta, Tortorella et al. (2021) explican, como sistema CI.

Este sexto paso exige que los líderes fomenten confianza, afirma Mosadeghrad (2015), junto al trabajo en equipo, el empoderamiento, la toma de riesgos y CI, traduciéndose en cultura de calidad. Al asociarla con innovación, dicen Anil y K.P. (2019) la gente participa y trasciende. Y al abrirla al cambio, explican Roman et al. (2017) los indicadores operativos y financieros mejoran. El involucramiento como práctica WCQ se integra en la cultura TQM dicen Durairatnam et al. (2019). TQM puede cambiar esta cultura

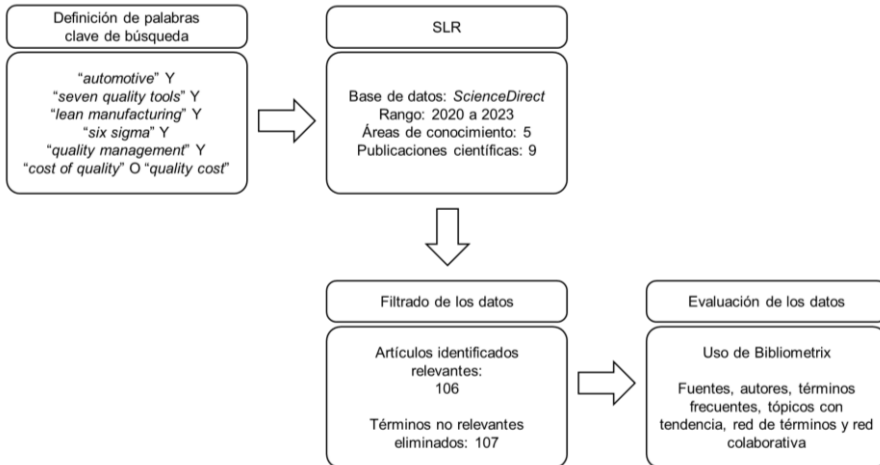
exploran Kumar y Shanmuganathan (2019) al incorporar la calidad en el diseño de procesos y productos. Al darse desde el diseño, Sánchez et al. (2022) la asocian con cero-defectos basado en TQM mediante manufactura esbelta contenida en los procesos. Fundamental TQM sobre estándares construye la cultura de calidad, pues Sinha et al. (2016) la relacionan con líderes y empleados competitivos. Una cultura jerárquica, explican Coelho et al. (2022), retrasa desplegar TQM y sus estándares; así, CI requiere TQM para mantener la competitividad, indican Saleheen y Habib (2023). Concluyen García-Fernández et al. (2022), CI impulsa la cultura con indicadores financieros.

Mejora de la Calidad con Herramientas TWCQM-COPAF

Ahora se sintetiza el marco de mejora de la calidad como describen Singh et al. (2023) en una tabla que correlaciona 6 pasos de TQM, 5 prácticas de WCQ, las herramientas de calidad asociadas, y su relación con los COQ bajo el modelo PAF. Estos elementos se agrupan en la Tabla 1 como herramientas de Gestión Total de la Calidad Clase Mundial-Costos de Prevención-Evaluación-Falla (TWCQM-COPAF, por sus siglas en inglés) para desarrollar el método SLR propuesto.

tools”, “lean manufacturing”, “six sigma”, “quality management”, “cost of quality” y “quality cost”.

FIGURA 1. Descripción de SLR basado en SALSA



Fuente: Elaboración propia

Al utilizar “quality” en el campo “Journal” el resultado solo arrojó 4 artículos. Se prefirió filtrar la búsqueda tomando el rango del año 2020 al año 2023 para artículos de investigación y buscar en áreas de ciencias de la computación, ciencias de decisión, ingeniería, economía y finanzas y negocios y administración, y no limitándose a calidad. Finalmente se removieron las publicaciones del ámbito salud, medio ambiente, administración de proyectos y construcción, (Fig. 1).

Mediante la aplicación *Bibliometrix*, se sintetizó y analizó la población de 360 artículos científicos eliminando 254 artículos y 103 términos no relevantes al modelo TWCQM-COPAF que enfocaban su teoría y análisis a los campos de administración de proyectos, cadena de suministro, compras, selección de proveedores, medio ambiente, salud y sustentabilidad, sin abundar en TQM o WCQ. Asimismo, se acotó el reporte a conjuntos de no más de 18 elementos relevantes, que es una de las características clave del algoritmo *Bibliometrix* para potenciar la discriminación elevando los temas deseados.

Resultados

Omitiendo la búsqueda acotada a publicaciones en área de calidad con pocos resultados, el análisis apuntó a al menos 5 publicaciones científicas en ciencias de la computación, economía, investigación de operaciones y manufactura, Fig. 2.

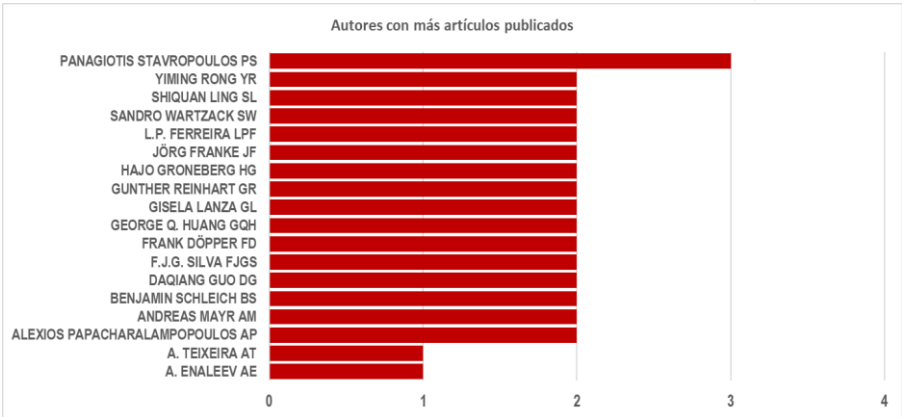
FIGURA 2. Fuentes de publicación alrededor del modelo TWCQM-COPAF



Fuente: Elaboración propia con base en análisis de Bibliometrix.

De esta población, el 35% de la investigación científica se concentra en seis autores con más de 2 artículos cada uno, Fig. 3.

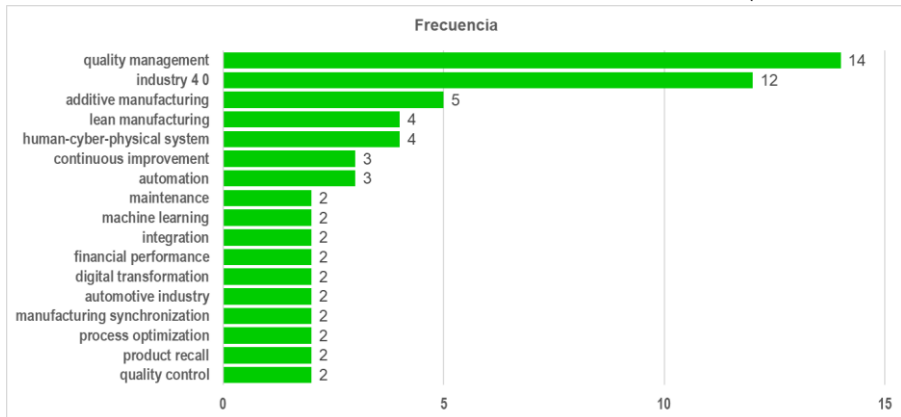
FIGURA 3. Autores con más artículos alrededor del modelo TWCQM-COPAF



Fuente: Elaboración propia con base en análisis de Bibliometrix.

Al extender la investigación a temas de especialización de los autores, Google Académico apunta que estos cubren las áreas de calidad, sistemas de manufactura, ingeniería y diseño, simulación y manufactura esbelta. En los últimos años sus trabajos se han volcado a la implementación de tecnologías Industria 4.0, lo cual confirman los términos más frecuentes, (Fig. 4).

FIGURA 4. Términos más comunes en relativos al modelo TWCQM-COPAF



Fuente: Elaboración propia con base en análisis de Bibliometrix.

Las tecnologías Industria 4.0 (I4.0) que de acuerdo con García y García (2019) incluyen robótica, sistemas ciber-físicos, manufactura aditiva, tecnologías en la nube, simulación, análisis de grandes volúmenes de datos, ciberseguridad y el internet industrial, entre otros, impactan directamente la manufactura y reducen los costos operativos. El modelo TWCQM-COPAF se aglutina cada vez más alrededor de I4.0, (Fig. 5).

FIGURA 5. Modelo TWCQM-COPAF centrado en I4.0



Fuente: Elaboración propia con base en análisis de Bibliometrix.

Las tecnologías que agilizan el control de calidad, a decir de Mahmoodi et al. (2022), así como la instalación de la fábrica inteligente según De Giacomo et al. (2023) dan más flexibilidad a la manufactura explican Laouenan et al. (2022), mejorando costos, calidad y entregas. Debe existir una relación integradora entre calidad e Industria 4.0 de acuerdo con Fonseca et al. (2021). Aplicaciones hay muchas. De acuerdo con Rai et al. (2021) la firma McKinsey reveló que el 40% del valor potencial de la industria se asocia a aplicaciones de IA y aprendizaje automático (ML, machine learning). Felsberger et al. (2022) dan cuenta de casos reales en los que operaciones de manufactura aeroespacial y electrónica en Reino Unido se beneficiaron al integrar Industria 4.0, aplicando impresión 3D, sistemas ciber-físicos y sofisticados sistemas de sensores para la recolección de datos en máquinas y en almacenes. La relación del sistema de manufactura e I4.0 se ha vuelto más estrecha (Fig. 6).

FIGURA 6. Elementos de I4.0 con relación a los sistemas de manufactura



Fuente: Elaboración propia con base en análisis de Bibliometrix.

Discusión

La efectividad del QMS, describen Teplická y Hurná (2020), puede medirse mediante COQ basados en PAF. La revisión de literatura apuntó que un QMS con características TWCQM incorpora estándares que sirven para implantar métricos de calidad efectivos y empujar a que el QMS involucre a los colaboradores para solucionar problemas y sirva para efectuar mejora continua y elevar su eficiencia.

El mejoramiento de la calidad, confirman García-Fernández et al. (2022), puede expresarse en términos económicos asociados con el desempeño de la operación. El modelo COQ basado en PAF puede ser

utilizado por los proveedores automotrices, en su mayoría SME, para medir como la calidad de sus productos se vuelve más eficiente y describe como su QMS es más eficaz.

La exploración de métodos innovadores es una de las conclusiones de Farooq et al. (2017) y puede aprovecharse para aplicar I4.0. Aunque el modelo de mejora de la calidad TWCQM-COPAF utiliza herramientas originales como las siete herramientas de calidad, la manufactura esbelta, seis-sigma y PDCA, la relación con los costos de prevención, evaluación y falla fácilmente pueden digitalizarse para evolucionar hacia I4.0.

La incorporación de I4.0 puede tener diferentes etapas de maduración de acuerdo con Stawiarska et al. (2021), e implica potencialmente montos de inversión elevados en primera instancia. Las dificultades incluyen la disposición de personal altamente capacitado en I4.0, el acceso a infraestructura de redes y sus protocolos de comunicación y la apertura al cambio en culturas endógenas o familiares.

Conclusiones

El presente análisis bibliométrico ha servido para estructurar un modelo denominado TWCQM-COPAF cuyo objetivo es aplicar los principios de gestión de calidad clase mundial conectando las herramientas de calidad con los costos de prevención, evaluación y falla. Se ha podido responder a la pregunta inicial de si los COQ pueden formar parte de estrategias de mejora de la calidad. Además, el SLR y la bibliometría han apuntado a que la mejora de la calidad cada vez se relaciona más con I4.0:

- I. La mejora de la calidad requiere estandarización, medición, proceso de solución de problemas y mejora continua, llevados por los colaboradores de la empresa.
- II. El modelo PAF propuesto por los gurús de la calidad continúa siendo un referente para medir los COQ y evaluar la mejora de la calidad.
- III. Herramientas originales como las siete herramientas de calidad, la manufactura esbelta, seis-sigma y PDCA se relacionan con TWCQM y COPAF.
- IV. Las investigaciones alrededor de la mejora de la calidad y sus costos cada vez más utilizan los conceptos de I4.0 debido a su relación intrínseca con la digitalización de la manufactura.

Referencias

- Agyabeng-Mensah, Y., Afum, E., Agnikpe, C., Cai, J., Ahenkorah, E., Y Dacosta, E. (2021). Exploring the mediating influences of total quality management and just in time between green supply chain practices and performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 32(1), 156-175. <https://doi.org/10.1108/JMTM-03-2020-0086>
- Alhihi, M., Tambi, A.M., y Yusof, Y. (2020). Total Quality Management and Business Excellence. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences* 10(12), 621–630. <https://doi.org/10.6007/IJARBS%2FV10-I12%2F8367>
- Androniceanu, A. (2017). The three-dimensional approach of Total Quality Management, an essential strategic option for business excellence. *Amfiteatru Economic*, 19(44), 61-78.
- Anil, A.P. and K.P., S. (2019), TQM practices and its performance effects – an integrated model, *International Journal of Quality & Reliability Management*, 36(8), pp. 1318-1344. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-10-2018-0266>
- Bai, B., & Zhang, J. (2018). Quality cost model improvement based on 6 σ management. *International Journal of Manufacturing Technology and Management*, 32(4-5), 396-411. <https://doi.org/10.1504/IJMTM.2018.093360>
- Bhardwaj, S., y Belokar, R. M. (2017). Developing the Tool for Vendor Selection in Power Sector Using Cost of Quality.
- Biadacz, R. (2020). Quality cost management in the SMEs of Poland. *The TQM Journal*, 33(7), 1-38. <https://doi.org/10.1108/TQM-09-2019-0223>
- Briš, P., Čermáková, M., y Molnar, V. (2022). Quality cost flows in manufacturing companies. *Acta Logistica* 9(4). 449-456. <https://doi.org/10.22306/al.v9i4.345>
- Brito, M., Ramos, A.L., Carneiro, P., & Gonçalves, M.A. (2019). A continuous improvement assessment tool, considering lean, safety and ergonomics. *International Journal of Lean Six Sigma*, 11(5), 879-902. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-12-2017-0144>
- Burgers, C., Brugman, B.C., y Boeynaems, A. (2019). Systematic literature reviews: Four applications for interdisciplinary research. *Journal of Pragmatics*, 145, 102-109. <https://doi.org/10.1016/j.pragma.2019.04.004>
- Cepeda, T. A., y Lopes, I. D. S. (2019). Support methodology for product quality assurance: a case study in a company of the automotive industry. *Procedia Manufacturing*, 38, 957-964. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.179>
- Coelho, C., Mojtahedi, M., Kabirifar, K., y Yazdani, M. (2022). Influence of Organisational Culture on Total Quality Management Implementation in the Australian Construction Industry. *Buildings*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/buildings12040496>
- Dadi, G.T., y Azene, D.K. (2017). A TQM and JIT Integrated Continuous Improvement Model for Organizational Success: An Innovative Framework. *Journal of Optimization in Industrial Engineering*, 10, 15-23. <https://doi.org/10.22094/joie.2017.265>
- De Giacomo, G., Favorito, M., Leotta, F., Mecella, M., y Silo, L. (2023). Digital twins composition in smart manufacturing via Markov decision processes. *Computers in Industry*, 149, 103916. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2023.103916>
- Durairatnam, S., Chong, S.C., y Jusoh, M. (2019). People-Related TQM Practices, Organisational Culture, Organisational Justice and Employee Work-related Attitudes

- for Quality Performance: A Research Agenda. *Global Journal of Management and Business Research*, 19(4), 1-10.. <https://doi.org/10.34257/gjmborgvol19is4pg1>
- Erdil, N.O., y M. Arani, O. (2019). Quality function deployment: more than a design tool. *International Journal of Quality and Service Sciences*, 11(2), 142-166.. <https://doi.org/10.1108/IJQSS-02-2018-0008>
- Farooq, M. A., Kirchain, R., Novoa, H., y Araujo, A. (2017). Cost of quality: Evaluating cost-quality trade-offs for inspection strategies of manufacturing processes. *International Journal of Production Economics*, 188, 156-166. <https://doi.org/10.1016/j.iipe.2017.03.019>
- Feigenbaum, A. V. (1991). Total quality control. New York. Source: Harvard Business Review (November 1956); 93-101
- Felsberger, A., Kaiser, F. H., Choudhary, A., & Reiner, G. (2022). The impact of Industry 4.0 on the reconciliation of dynamic capabilities: Evidence from the European manufacturing industries. *Production Planning & Control*, 33(2-3), 277-300. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1810765>
- Femi, O.T. (2015). Barriers and Benefits of Total Quality Management in the Nigerian Construction Industry: A review. *International Journal of Engineering*, 2, 7-13. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.15755>
- Fening, F.A., y Boateng-Okrah, E. (2017). TQM implementation Concepts and Tools/Techniques.
- Fonseca, L., Amaral, A., & Oliveira, J. (2021). Quality 4.0: the EFQM 2020 model and industry 4.0 relationships and implications. *Sustainability*, 13(6), 3107. <https://doi.org/10.3390/su13063107>
- García-Alcaráz, J.L., Flor-Montalvo, F.J., Avelar-Sosa, L., Sánchez-Ramírez, C., y Jiménez-Macías, E. (2019). Human Resource Abilities and Skills in TQM for Sustainable Enterprises. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su11226488>
- García-Alcaráz, J.L., Montalvo, F.J., Sánchez-Ramírez, C., Avelar-Sosa, L., Saucedo, J.A., y Alor-Hernández, G. (2019). Importance of organizational structure for TQM success and customer satisfaction. *Wireless Networks*, 27, 1601 - 1614. <https://doi.org/10.1007/s11276-019-02158-5>
- García-Bernal, J., y Ramírez-Alesón, M. (2015). Why and How TQM Leads to Performance Improvements. *Quality Management Journal*, 22, 23 - 37. <https://doi.org/10.1080/10686967.2015.11918439>
- García-Fernández, M., Claver-Cortés, E., y Tarí, J. J. (2022). Relationships between quality management, innovation and performance: A literature systematic review. *European Research on Management and Business Economics*, 28(1), 100172. <https://doi.org/10.1016/j.iiedeen.2021.100172>
- García, S. G., y García, M. G. (2019). Industry 4.0 implications in production and maintenance management: An overview. *Procedia manufacturing*, 41, 415-422. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.09.027>
- García-Peñalvo, F. J. (2022). Developing robust state-of-the-art reports: Systematic Literature Reviews. <http://repositorio.grial.eu/handle/grial/2849>
- Goetz, K., Hess, S., Jossen, M., Huber, F., Rosemann, T.J., Brodowski, M., Künzi, B., y Szecsenyi, J. (2015). Does a quality management system improve quality in primary

- care practices in Switzerland? A longitudinal study. *BMJ Open*, 5.
<https://doi.org/10.1136/bmjopen-2014-007443>
- Gupta, S., Rajiah, P., Middlebrooks, E. H., Baruah, D., Carter, B. W., Burton, K. R., ... y Miller, M. M. (2018). Systematic review of the literature: best practices. *Academic radiology*, 25(11), 1481-1490. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2018.04.025>
- Hrgović, A.V., Črnjar, K., y Škarica, I. (2020). Employee engagement and improvement as important principles of TQM in public health institutes. *Zbornik Veleučilišta u Rijeci*. Juran, J. M. (1951). Quality-control handbook. <https://doi.org/10.31784/zvr.8.1.18>
- Hwang, G., Yoon, H.J., y Choi, M. (2020). Soft TQM practices and employee outcomes: A mediational analysis. *Quality Management Journal*, 27, 147 - 158.
<https://doi.org/10.1080/10686967.2020.1767007>
- Khalaf, M.A., y Salem, T.S. (2018). The moderating effect of structural barriers on TQM-performance relationship in Egyptian service organizations. *International Journal of Quality and Service Sciences*. <https://doi.org/10.1108/IJQSS-04-2017-0035>
- Khan, S.A., Kaviani, M.A., Galli, B.J., y Ishtiaq, P. (2019). Application of continuous improvement techniques to improve organization performance. *International Journal of Lean Six Sigma*. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-05-2017-0048>
- Kulenović, M., Folta, M., y Veselinović, L. (2021). The Analysis of Total Quality Management Critical Success Factors. *Quality, Innovation, Prosperity*, 25, 88-102.
<https://doi.org/10.12776/QIP.V25I1.1514>
- Kumar, D., y Shanmuganathan, D. (2019). A Structural Relationship Between TQM Practices and Organizational Performance with Reference to Selected Auto Component Manufacturing Companies. *ERN: Manufacturing & Service Industries in Developing Economies (Topic)*. <https://doi.org/10.34218/ijm.10.5.2019%2F009>
- Laouenan, G., Dossou, P. E., y Delahousse, J. (2022). Flexibilization 4.0 for production manufacturing optimization. *Procedia Computer Science*, 200, 348-357.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.233>
- Lee, C., y Lee, H. (2015). The Integrated Relationship among Organizational Learning, TQM and Firm's Business Performance: A Structural Equation Modeling Approach. *International Business Research*, 8, 43. <https://doi.org/10.5539/IBR.V8N5P43>
- Longenecker, C.O., y Scazzero, J.A. (1993). Total Quality Management from Theory to Practice: A Case Study. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 10. <https://doi.org/10.1108/02656719310040114>
- Mahmoodi, E., Fathi, M., y Ghobakhloo, M. (2022). The impact of Industry 4.0 on bottleneck analysis in production and manufacturing: Current trends and future perspectives. *Computers & industrial engineering*, 174, 108801.
<https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108801>
- Mallampati, M., Srivivas, K., y Krishna, M. T. (2018). Design Process to Reduce Production Cycle Time in Product Development. *IAES International Journal of Artificial Intelligence (IJ-AI)*. <https://doi.org/10.11591/ijai.v7.i3.pp125-129>
- Matsoso, M.L., y Benedict, O.H. (2017). Critical success factors towards the implementation of total quality management in small medium enterprises: a comparative study of franchise and manufacturing businesses in Cape Town. *Investment management & financial innovations*, 12, 163-174.

- Mengist, W., Soromessa, T., y Legese, G. (2020). Method for conducting systematic literature review and meta-analysis for environmental science research. *MethodsX*, 7, 100777. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2019.100777>
- Mosadeghrad, A.M. (2015). Developing and Validating a Total Quality Management Model for Healthcare Organisations. *The Tqm Journal*, 27, 544-564. <https://doi.org/10.1108/TQM-04-2013-0051>
- Nasim, K. (2018). Role of internal and external organizational factors in TQM implementation. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 35, 1014-1033. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-10-2016-0180>
- Niazi, M. (2015). Do Systematic Literature Reviews Outperform Informal Literature Reviews in the Software Engineering Domain? An Initial Case Study. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 40, 845-855. <https://doi.org/10.1007/s13369-015-1586-0>
- Oliveira, J., Sá, J. C., y Fernandes, A. (2017). Continuous improvement through "Lean Tools": An application in a mechanical company. *Procedia Manufacturing*, 13, 1082-1089. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.139>
- Omar, Y. M., Minoufekar, M., y Plapper, P. (2019). Business analytics in manufacturing: Current trends, challenges and pathway to market leadership. *Operations Research Perspectives*, 6, 100127. <https://doi.org/10.1016/j.orp.2019.100127>
- Pagare, A.K., Ilahi, M.S., Khandelwal, R., & Rajora, C. (2019). TQM In Indian Smes and Using PILOT Model for Improvement of Production Management to Maximize Production Rate.
- Pambreni, Y., Khatibi, A., Azam, S.M., y Tham, J. (2019). The influence of total quality management toward organization performance. *Management Science Letters*. <https://doi.org/10.5267/J.MSL.2019.5.011>
- Panuwatwanich, K., y Nguyen, T. (2017). Influence of Total Quality Management on Performance of Vietnamese Construction Firms. *Procedia Engineering*, 182, 548-555. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2017.03.151>
- Perevochtchikova, M., Castro-Díaz, R., Langle-Flores, A., y Ugalde, J. J. V. T. (2021). A systematic review of scientific publications on the effects of payments for ecosystem services in Latin America, 2000–2020. *Ecosystem Services*, 49, 101270. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101270>
- Plewa, M., Kaiser, G., y Hartmann, E. (2016). Is quality still free? Empirical evidence on quality cost in modern manufacturing. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 33(9), 1270-1285. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-11-2014-0189>
- Powell, D., Eleftheriadis, R., y Myklebust, O. (2021). Digitally enhanced quality management for zero defect manufacturing. *Procedia CIRP*, 104, 1351-1354. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.11.227>
- Prajogo, D., y Cooper, B. (2017). The individual and organizational level effects of TQM practices on job satisfaction. *International Journal of Manpower*, 38, 215-225. <https://doi.org/10.1108/IJM-12-2014-0240>
- Rahardjo, W. H., Farizal, F., y Gabriel, D. S. (2020, December). Cost of quality system in passenger car plant: a methodology of implementation. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 909, No. 1, p. 012069). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/909/1/012069>

- Rai, R., Tiwari, M. K., Ivanov, D., & Dolgui, A. (2021). Machine learning in manufacturing and industry 4.0 applications. *International Journal of Production Research*, 59(16), 4773-4778. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1956675>
- Roman, D. J., Osinski, M., y Erdmann, R. H. (2017). A substantive theory on the implementation process of operational performance improvement methods. *Revista de Administração (São Paulo)*, 52, 148-162. <https://doi.org/10.1016/j.rausp.2016.12.005>
- Saleheen, F., y Habib, M. (2023). Embedding attributes towards the supply chain performance measurement, *Cleaner Logistics, and Supply Chain*, Volume 6, 2023, 100090, ISSN 2772-3909. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2022.100090>
- Sanchez, E., Joelsson, A., Baumgartner, M. A., y Åkesson, K. (2022). The impact of visualizing operational deviations on overall quality in assembly lines. *Procedia CIRP*, 107, 46-52.
- Singh, V. K., Kumar, R., Joshi, C. V., y Poddar, S. (2023). Improving operational performance with world class quality (WCQ) technique: A case in Indian automotive industry. *Materials Today: Proceedings*, 72, 1561-1567. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.09.387>
- Sinha, N., Garg, A.K., Dhingra, S., y Dhall, N. (2016). Mapping the linkage between Organizational Culture and TQM. *Benchmarking: An International Journal*, 23, 208-235. <https://doi.org/10.1108/BIJ-12-2014-0112>
- Sousa, S., y Nunes, E. (2019). Integrating quality costs and real time data to define quality control. *Procedia Manufacturing*, 38, 1600-1607. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.125>
- Stawiarska, E., Szwajca, D., Matusek, M., y Wolniak, R. (2021). Diagnosis of the maturity level of implementing Industry 4.0 solutions in selected functional areas of management of automotive companies in Poland. *Sustainability*, 13(9), 4867. <https://doi.org/10.3390/su13094867>
- Talapatra, S., Uddin, M.K., y Rahman, M.H. (2018). Development of an Implementation Framework for Integrated Management System Based on the Philosophy of Total Quality Management. *American Journal of Industrial and Business Management*, 08, 1507-1516. <https://doi.org/10.4236/AJIBM.2018.86101>
- Teplická, K., & Hurná, S. (2020). New Approach of Costs of Quality According their Trend of During Long Period in Industrial Enterprises in SMEs. *Management Systems in Production Engineering*, 29, 20 - 26. <https://doi.org/10.2478/mspe-2021-0003>
- Tortorella, G. L., Saurin, T. A., Godinho Filho, M., Samson, D., y Kumar, M. (2021). Bundles of Lean Automation practices and principles and their impact on operational performance. *International Journal of Production Economics*, 235, 108106. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108106>