

Artículos científicos***Interacción entre modelos de administración para mantenimiento TPM, RCM y CBM: revisión de literatura mediante PRISMA 2020***

Interaction Between Maintenance Management Models TPM, RCM, and CBM: A Literature Review Using PRISMA 2020

Martín Pillado Portillo

Tecnológico Nacional de México /IT de Ciudad Juárez, México

martinpipo_32@hotmail.com<https://orcid.org/0000-0003-2515-4383>**Rosa María Reyes Martínez**

Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Juárez, México

rosyreyes2001@yahoo.com<https://orcid.org/0000-0003-4950-5045>**Eduardo Rafael Poblano Ojinaga**

Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Juárez, México

eduardo.po@cdjuarez.tecnm.com<https://orcid.org/0000-0003-3482-7252>**Manuel Alejandro Barajas Bustillos**

Tecnológico Nacional de México / IT de Ciudad Juárez, México

Alejandro.bb01@cdjuarez.tecnm.mx<https://orcid.org/0000-0003-1155-1847>**Resumen**

Esta revisión de literatura tuvo se centra en examinar la interacción entre diversos modelos de mantenimiento desarrollados por investigadores en distintos ámbitos. El enfoque se centró en analizar las relaciones entre estos modelos sin profundizar en sus aplicaciones específicas, ni detallar sus fortalezas o limitaciones individuales. El propósito fundamental fue identificar y comprender cómo estos modelos interactuaban entre sí. Para llevar a cabo esta revisión, se empleó la metodología de la declaración PRISMA 2020, la cual guio el proceso de cribado de la información relevante. Esta información fue obtenida mediante una exhaustiva búsqueda en dos bases de datos académicas reconocidas, específicamente Elsevier y Emerald. El análisis resultó en un total de 83 registros que cumplían con los criterios de inclusión establecidos para examinar la

interacción entre los modelos de mantenimiento. Los resultados de esta revisión revelaron una serie de hallazgos significativos. En particular, se identificaron 68 registros que abordaban la interacción entre el Mantenimiento Basado en la Condición (CBM) y el Mantenimiento Productivo Total (TPM), 127 registros relacionados con la interacción entre TPM y el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM), y 164 registros vinculados a la combinación de CBM y RCM. Estos descubrimientos proporcionan una visión más amplia y detallada sobre cómo los diferentes modelos de mantenimiento se relacionan entre sí en el contexto de la literatura académica revisada. Tal comprensión es fundamental para avanzar en el conocimiento y la aplicación de prácticas efectivas de mantenimiento en diversos sectores industriales.

Palabras Claves: TPM, RCM, CBM, Mantenimiento, revisión de literatura

Abstract

This literature review focuses on examining the interaction between various maintenance models developed by researchers in different fields. The approach centered on analyzing the relationships between these models without delving into their specific applications or detailing their individual strengths or limitations. The primary purpose was to identify and understand how these models interacted with each other. To carry out this review, the PRISMA 2020 statement methodology was employed, which guided the process of screening relevant information. This information was obtained through an exhaustive search in two recognized academic databases, specifically Elsevier and Emerald. The analysis resulted in a total of 83 records that met the established inclusion criteria for examining the interaction between maintenance models. The results of this review revealed a series of significant findings. In particular, 68 records were identified that addressed the interaction between Condition-Based Maintenance (CBM) and Total Productive Maintenance (TPM), 127 records related to the interaction between TPM and Reliability-Centered Maintenance (RCM), and 164 records linked to the combination of CBM and RCM. These discoveries provide a broader and more detailed view of how different maintenance models relate to each other in the context of the reviewed academic literature. Such understanding is fundamental for advancing the knowledge and application of effective maintenance practices in various industrial sectors.

Keywords: TPM, RCM, CBM, Maintenance, literature review.

Fecha Recepción: mayo 2024

Fecha Aceptación: octubre 2024

Introducción

La gestión efectiva del mantenimiento es crucial para garantizar la confiabilidad y la eficiencia operativa en entornos industriales cada vez más complejos y automatizados. Sin embargo, la evaluación de los efectos del mantenimiento y la justificación de las inversiones correspondientes presentan desafíos significativos para las organizaciones. En respuesta a esta necesidad, numerosos investigadores han desarrollado modelos para cuantificar y comprender los impactos del mantenimiento en diversas industrias. Esta revisión de literatura se propone

examinar y analizar críticamente la interacción de los modelos de mantenimiento RCM, TPM y CBM.

Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM)

RCM es un sistema de contabilidad técnica que detalla las funciones y fallas funcionales de un activo y guía metódicamente a un analista a través de una serie de decisiones para prescribir tareas de mantenimiento para prevenir o mitigar la ocurrencia de fallas funcionales (Gelbush et al., 2024). Al implementar los principios de RCM, las empresas pueden lograr mejoras significativas en seguridad, productividad y rentabilidad. En el panorama competitivo actual, RCM sirve como una herramienta valiosa para las organizaciones que buscan mantenerse a la vanguardia maximizando el rendimiento y la vida útil de sus activos críticos (Hussain, M., 2023).

Mantenimiento Basado en Condiciones (CBM)

El mantenimiento basado en la condición de objetos o sistemas técnicos se basa en la condición física o paramétrica actual del objeto observado. Este enfoque de mantenimiento es bastante exigente debido a la necesidad de inspecciones periódicas y seguimiento del objeto o sistema observado. Es importante señalar que al utilizar este enfoque, se logra la utilización óptima del ciclo de vida del objeto (Blazevic et al., 2023).

Mantenimiento Productivo Total (TPM)

TPM es un compromiso de mantenimiento que va más allá del mantenimiento preventivo y predictivo. El cliente es el individuo que se encuentra en el siguiente nivel del proceso y todos los trabajadores participan en la satisfacción de las demandas del cliente. TPM interpreta esto como brindar el más alto nivel de soporte y servicio a todos los usuarios de equipos. TPM considera una avería de una máquina como una falla y se dedica a prevenir averías y mal funcionamiento en primer lugar (Madani, 1996; Abhishek, 2014; Prabowo et al., 2018, Kitaw et al., 2023).

Metodología

El flujo de información está constituido por tres fases (la primera identificación, después el cribado o tamizado y al final la inclusión). Los pasos se describen a continuación:

1. Determinación de las fuentes de información y los estudios a evaluar. En esta etapa inicial, se establece el problema de manera clara y precisa. Una vez definidos los límites, se identificarán todos los estudios que se ajusten a dichos criterios. El objetivo de este paso es compilar una lista de fuentes de literatura relevantes.
2. Cribado o tamizado. En esta etapa, la información se clasifica según el grado de rigor científico, credibilidad y confianza. Para ello, se desarrollan y aplican un conjunto de criterios de inclusión y exclusión a todos los documentos, excluyendo aquellos que no

cumplen con dichos criterios. La evaluación tiene como objetivo determinar, con base en los criterios establecidos, si un artículo debe ser incluido en la Síntesis de Calidad.

3. Inclusión. Este es el último paso de esta metodología, el cual consiste en la interpretación de los resultados obtenidos y la generación de una conclusión para el problema definido. El resultado del metaanálisis (MA) es simplemente una evidencia que puede utilizarse en el intento de integrar los resultados de múltiples estudios. Además, deben evaluarse los supuestos necesarios para la Revisión de literatura (RL) a fin de garantizar la adecuación del estudio.

Resultados

Durante el proceso de búsqueda, se obtuvieron un total de 1856 resultados procedentes de dos bases de datos principales, con una distribución del 59% (1100) de los registros provenientes de Emerald y el 41% (756) de Elsevier. Para la primera etapa de selección, se limitó la búsqueda a los artículos publicados en el período comprendido entre 2013 y 2023.

Estos criterios iniciales se aplicaron para garantizar la inclusión de la literatura más actualizada y relevante en el análisis de las interacciones entre los modelos de mantenimiento. Los detalles de estas interacciones se presentan en la Figura 1 - Segregación de artículos por tema y año de publicación, proporcionando un marco inicial la evaluación de los estudios obtenidos

Year	TPM	RCM	CBM	Total
2013	53	18	16	87
2014	64	29	21	114
2015	58	24	28	110
2016	50	25	26	101
2017	73	33	25	131
2018	98	38	33	169
2019	105	39	35	179
2020	121	42	46	209
2021	123	43	51	217
2022	135	55	62	252
2023	169	57	61	287
	1049	403	404	1856

Fig. 1 - Segregación de artículos por tema y año de publicación, Elaborado por el autor

Durante la fase de identificación del estudio, se excluyeron un total de 525 artículos duplicados, después de la identificación inicial de artículos, evaluamos el enfoque de interacción entre los diferentes modelos, excluyendo 889 artículos que no cumplían con los criterios específicos, resultando en un total de 442 artículos seleccionados. Posteriormente, se excluyeron 359 artículos adicionales que no cumplían con la condición de interacción de todas las metodologías (RCM, TPM y CBM). Finalmente, quedaron incluidos 83 artículos en la revisión como se muestra en la Figura 2 – Diagrama de selección PRISMA 2020,

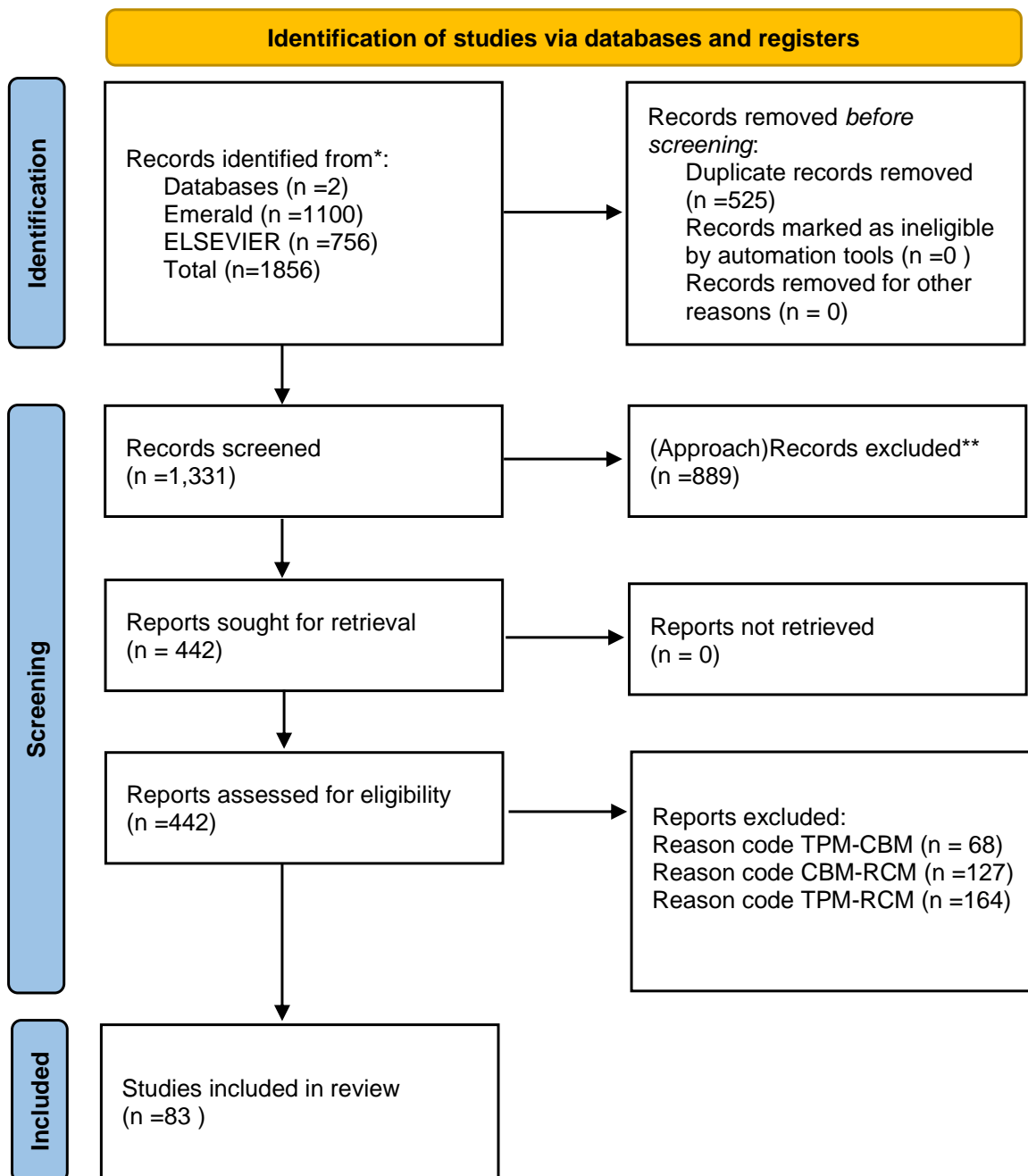


Fig. 2 - Diagrama de selección PRISMA 2020, Elaborado por el autor

Los resultados finales de la aplicación de la metodología PRISMA 2020 para mostrar la interacción entre metodología de mantenimiento se pueden apreciar en la figura 3 – Diagrama de ven de interacción TPM, RCM y CBM, esto nos facilita cuantos artículos e interacciones entre metodologías están interviniendo en este análisis.

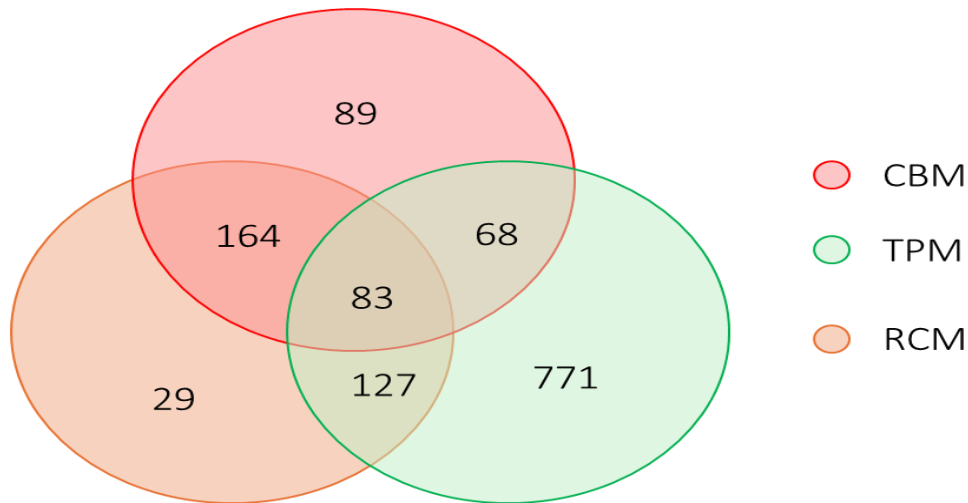


Fig. 3 Diagrama de ven de interacción TPM, RCM y CBM, Elaborado por el autor

De los 83 estudios que relacionan el uso de las metodologías RCM, TPM y CBM, los años en los que se publicaron más artículos fueron 2015 (16.87%) y 2022 (16.87%). La mayor parte de estas revisiones fueron publicadas por autores de los siguientes países: India con 16 artículos (19.28%), Irán con 11 artículos (13.25%) e Italia con 9 artículos (10.84%). El mayor enfoque de estos artículos fue hacia el área de manufactura con un total de 48 artículos (57.83%), seguido de la industria química con 9 artículos (10.84%) y el sector de energía con 6 artículos (7.23%). Una descripción detallada de las características de las revisiones se muestra en la figura 4- Resultados finales de la selección de artículos.

Conclusiones

El análisis sistemático de la literatura sobre las interacciones entre las metodologías de Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad (RCM), Mantenimiento Productivo Total (TPM) y Mantenimiento Basado en la Condición (CBM) ha permitido identificar un conjunto relevante de estudios recientes y pertinentes. Inicialmente, se revisaron 1856 artículos obtenidos de las bases de datos Emerald y Elsevier, y tras un riguroso proceso de selección, que incluyó la eliminación de duplicados y la evaluación de la relevancia temática, se redujo el número a 83 estudios que cumplieron con todos los criterios establecidos.

Variable	Estimate	n (%)
Year of publication		
- 2013	3 / 83	(3.61)
- 2014	11 / 83	(13.25)
- 2015	14 / 83	(16.87)
- 2016	4 / 83	(4.82)
- 2017	13 / 83	(15.66)
- 2018	6 / 83	(7.23)
- 2019	7 / 83	(8.43)
- 2020	6 / 83	(7.23)
- 2021	8 / 83	(9.64)
- 2022	14 / 83	(16.87)
- 2023	8 / 83	(9.64)
First author country		
- India	16 / 83	(19.28)
- Iran	11 / 83	(13.25)
- Italy	9 / 83	(10.84)
- Sweden	6 / 83	(7.23)
- USA	5 / 83	(6.02)
- Brazil	4 / 83	(4.82)
- Ireland	3 / 83	(3.61)
- Australia	3 / 83	(3.61)
- Poland	3 / 83	(3.61)
- Bosnia and herzegovina	3 / 83	(3.61)
- Indonesia	2 / 83	(2.41)
- Malaysia	2 / 83	(2.41)
- UK	2 / 83	(2.41)
- Canada	2 / 83	(2.41)
- Otros	12 / 83	(14.46)
Topic		
- Manufacture	48 / 83	(57.83)
- Chemical industry	9 / 83	(10.84)
- Energy	6 / 83	(7.23)
- Aerospace	4 / 83	(4.82)
- Food industry	3 / 83	(3.61)
- Transportation	2 / 83	(2.41)
- Paper	2 / 83	(2.41)
- Madecal	2 / 83	(2.41)
- Mining	2 / 83	(2.41)
- Infrastructure	2 / 83	(2.41)
- Otros	1 / 83	(1.20)

Fig. 4 Resultados finales de la selección de artículos, Elaborado por el autor

Los resultados muestran que los años 2015 y 2022 fueron los más productivos en términos de publicaciones sobre el tema, representando cada uno el 16.87% del total de artículos incluidos. Geográficamente, la mayor parte de las investigaciones provienen de India, Irán e Italia, lo que indica un interés significativo en estos países por las metodologías de mantenimiento mencionadas. En términos de aplicación, el enfoque principal de los estudios se ha dirigido hacia el sector de manufactura, seguido de la industria química y el sector de energía.

Este análisis destaca la importancia y la evolución del interés académico y práctico en la integración de RCM, TPM y CBM, subrayando su relevancia en la mejora de la eficiencia y la fiabilidad de los sistemas de mantenimiento en diversas industrias. La descripción detallada de las características de las revisiones proporcionada en las tablas y figuras adjuntas ofrece una base sólida para futuras investigaciones y aplicaciones prácticas en el campo del mantenimiento industrial.

Referencias

- Abhishek Jain, R. and H.S. (2014), "Total productive maintenance (TPM): a proposed model for Indian SMEs", *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD)*, Vol. 4 No. 1, pp. 1-22.
- Blazevic, D., Keser, T., Glavaš, H. & Noskov, R. (2023). Power Transformer Condition-Based Evaluation and Maintenance (CBM) Using Dempster–Shafer Theory (DST). *Applied Sciences*. 13. 6731. 10.3390/app13116731.
- Fraser, K. (2014). Facilities management: the strategic selection of a maintenance system, *Journal of Facilities Management*. 12(18-37).
- Geisbush, J. & Ariaratnam, S. (2024). Determining a Reliability Centered Maintenance (RCM) analysis model for large diameter prestressed concrete water pipelines. *Global Journal of Engineering and Technology Advances*. 19. 069-080. 10.30574/gjeta.2024.19.2.0047.
- Hussain, M. (2023). Enhancing Operational Efficiency with Reliability Centered Maintenance (RCM). 10.13140/RG.2.2.23082.80328.
- Kitaw, D., Gelaw, M., & Berhan, E. (2023). Assessment of critical success factors, barriers and initiatives of total productive maintenance (TPM) in selected Ethiopian manufacturing industries. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*.
- Kumtekar, R.; Swapnil, K.; Rane, S. Integration of TPM, RCM, and CBM: A practical approach applied in shipbuilding industry. *In System Assurances; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2022; pp. 389–402*
- Madani, F. (1996), "Introduction to total productive maintenance (farsi)", *Sanayee*, Vol. 1, pp. 1-18.
- Musthopa, B., and Akhmad Y. (2023). Electric power distribution maintenance model for industrial customers: Total productive maintenance (TPM), reliability-centered maintenance (RCM), and four-discipline execution (4DX) approach, *Energy Reports*, Volume 10, 2023, Pages 3186-3196, ISSN 2352-4847,
- Noel Shannon, A., and Javed Iqbal, O. (2023), A total productive maintenance & reliability framework for an active pharmaceutical ingredient plant utilising design for Lean Six Sigma, *Heliyon*, Volume 9, Issue 10, 2023, e20516, ISSN 2405-8440,
- Pinto-Santos, J., Poblano Ojinaga, E. & Medina, M. A. (2023). Prácticas de Inteligencia Competitiva en México: una Revisión de Literatura y Metaanálisis actualizada (2000-2020).
- Prabowo, H.A., Suprpto, Y.B. and Farida, F. (2018), "The evaluation of eight pillars total productive maintenance (tpm) implementation and their impact on overall equipment effectiveness (oeo) and waste", *Sinergi*, Vol. 22 No. 1, p. 13, doi: 10.22441/sinergi.2018.1.003.