

Metareview de Métodos de Costeo en Mantenimiento: Una Agenda Futura de Investigación

Orlando Duran (PUCV) - orlando.duran@pucv.cl

Victor Javier Jimenez (Universidad do Valle) - victor.jimenez@correounivalle.edu.co

Resumo:

El volumen y la complejidad de la evidencia sobre métodos de costeo han crecido de forma sostenida, y las vías tradicionales para sintetizarla ya no bastan. A la dificultad de implementar correctamente enfoques como ABC, TDABC y LCC/TLC/WLC en contextos reales de industria y manufactura, se suma la necesidad de asegurar la calidad metodológica y la comparabilidad entre estudios. Este trabajo presenta una metarrevisión estructurada de la literatura (umbrella review) de revisiones y revisiones sistemáticas sobre métodos de costeo y sus aplicaciones industriales. Examinamos alcance y límites del sistema, ítems de costo (CAPEX, OPEX, mantenimiento, fin de vida, costos de usuario y externalidades), manejo de incertidumbre (sensibilidades, tasas de descuento), indicadores (NPV, IRR, payback) y adhesión a estándares (p. ej., ISO, PRISMA, CHEERS). Los resultados ofrecen a investigadores y profesionales un mapa de decisión que alinea cada método con su contexto de uso, identifica fortalezas y limitaciones y propone un checklist de buenas prácticas para mejorar transparencia y reproducibilidad. Asimismo, se señalan líneas de investigación prioritarias: integración LCC-TDABC-ESG, modelación rigurosa de la incertidumbre, estandarización de fin de vida y costos de usuario, y creación de benchmarks abiertos por sector. En conjunto, esta metarrevisión busca reforzar la base empírica para la selección y diseño de métodos de costeo y, con ello, elevar la calidad de la toma de decisiones en industria y manufactura.

Palavras-chave: Métodos de costeo; ABC; TDABC; LCC/TLC/WLC; industria; manufactura; benchmarking; calidad metodológica; revisión sistemática; metarrevisión.

Área temática: Contribuições teóricas para a determinação e a gestão de custos

Metareview de Métodos de Costeo en Mantenimiento: Una Agenda Futura de Investigación

RESUMO

El volumen y la complejidad de la evidencia sobre métodos de costeo han crecido de forma sostenida, y las vías tradicionales para sintetizarla ya no bastan. A la dificultad de implementar correctamente enfoques como ABC, TDABC y LCC/TLC/WLC en contextos reales de industria y manufactura, se suma la necesidad de asegurar la calidad metodológica y la comparabilidad entre estudios. Este trabajo presenta una metarrevisión estructurada de la literatura (umbrella review) de revisiones y revisiones sistemáticas sobre métodos de costeo y sus aplicaciones industriales. Examinamos alcance y límites del sistema, ítems de costo (CAPEX, OPEX, mantenimiento, fin de vida, costos de usuario y externalidades), manejo de incertidumbre (sensibilidades, tasas de descuento), indicadores (NPV, IRR, payback) y adhesión a estándares (p. ej., ISO, PRISMA, CHEERS). Los resultados ofrecen a investigadores y profesionales un mapa de decisión que alinea cada método con su contexto de uso, identifica fortalezas y limitaciones y propone un checklist de buenas prácticas para mejorar transparencia y reproducibilidad. Asimismo, se señalan líneas de investigación prioritarias: integración LCC–TDABC–ESG, modelación rigurosa de la incertidumbre, estandarización de fin de vida y costos de usuario, y creación de benchmarks abiertos por sector. En conjunto, esta metarrevisión busca reforzar la base empírica para la selección y diseño de métodos de costeo y, con ello, elevar la calidad de la toma de decisiones en industria y manufactura.

Palavras-chave: Métodos de costeo; ABC; TDABC; LCC/TLC/WLC; industria; manufactura; benchmarking; calidad metodológica; revisión sistemática; metarrevisión.

Área Temática: Contribuições teóricas para a determinação e a gestão de custos.

1 INTRODUÇÃO

La historia de los sistemas de costeo refleja la adaptación de la contabilidad a los cambios industriales y estratégicos de las organizaciones. En el siglo XIX, con la Revolución Industrial, surgió el costeo por órdenes de producción (Church, 1917) para trabajos específicos y el costeo por procesos (Harris, 1936) para producción continua. El costeo histórico o tradicional (Nicholson, 1913) y el costeo estándar (Garcke & Fells, 1922) dominaron la primera mitad del siglo XX, seguidos por el costeo directo o variable (Harris, 1936) y el costeo absorbente o por absorción (Paton & Littleton, 1940), que diferenciaban el tratamiento de los costos fijos y variables.

A partir de los años sesenta, el costeo por ciclo de vida (Asiedu & Gu, 1998) introdujo una visión integral desde el diseño hasta la disposición final del producto, aplicándose en sectores como defensa o ingeniería. En los ochenta, el costeo basado en actividades (Cooper & Kaplan, 1988) revolucionó la asignación de costos

indirectos, aunque su complejidad derivó en una evolución hacia el costeo basado en el tiempo (Kaplan & Anderson, 2004), más simple y adaptable.

En los 2000, el costeo basado en recursos (Keys et al., 2011) combinó ABC con el modelo alemán GPK para representar con precisión el consumo de capacidad. El costeo Lean (Maskell & Baggaley, 2003) alineó la medición con flujos de valor, mientras que el costeo por rendimiento (*Throughput Accounting*, Goldratt, 1990) priorizó el flujo productivo sobre el control de costos.

En paralelo, el costeo basado en objetivos (Ansari & Bell, 1997) y el costeo Kaizen (Monden & Hamada, 1991) integraron reducción de costos y mejora continua desde el diseño y la operación. Estos métodos modernos enfatizan la precisión, la relevancia y la orientación estratégica, reflejando el paso de la contabilidad de inventarios a la gestión integral de valor.

El costeo de actividades de mantenimiento ha evolucionado desde los enfoques básicos de registro hacia metodologías de gestión estratégica integradas con la gestión de activos físicos. Su desarrollo refleja cambios en la tecnología, la complejidad de los equipos y las exigencias de competitividad.

En los orígenes, predominaban métodos históricos o por órdenes de trabajo, heredados de la contabilidad de producción, que registraban los gastos directos (mano de obra, repuestos) y asignaban los costos indirectos de forma proporcional. En entornos con alta repetitividad, se usaron esquemas por procesos, aplicando promedios de costos según el tipo de intervención.

A mediados del siglo XX, el costeo estándar permitió comparar costos reales con valores de referencia para identificar desviaciones. Paralelamente, el costeo directo y el costeo por absorción diferenciaron el tratamiento de costos fijos (infraestructura, personal permanente) y variables (insumos, servicios externos).

Con el auge de la Gestión del Ciclo de Vida (*Life Cycle Costing*, LCC), el costeo de mantenimiento se integró a la evaluación económica global de los activos, incorporando costos de fallas, paradas no programadas y decisiones de reemplazo (Asiedu & Gu, 1998). Esta tendencia claramente incorpora la confiabilidad a los modelos de costeo, tornando mucho más fiel el impacto del desempeño del mantenimiento en el comportamiento de los costos de propiedad (Ownership Costs).

En los años ochenta, el Costeo Basado en Actividades (ABC) (Cooper & Kaplan, 1988) permitió asignar de forma más precisa y realista los costos indirectos de mantenimiento (planificación, inspección, logística de repuestos) a partir de las actividades que consumen recursos. Más adelante, el Time-Driven ABC (Kaplan & Anderson, 2004), pasó a ser utilizado, facilitando la modelización de tareas de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo.

A partir de 2000, el Costeo Basado en Recursos (RCA) (Keys et al., 2011) integró la capacidad de modelar la disponibilidad y uso de recursos, clave para optimizar la carga de trabajo y evaluar inversiones en personal o tecnología. En paralelo, enfoques inspirados en Lean (Maskell & Baggaley, 2003) han eliminado métricas que no agregan valor, midiendo por flujos de trabajo y confiabilidad del

equipo.

Otros enfoques como el Throughput Accounting (Goldratt, 1990) han enfatizado el impacto del mantenimiento en la restricción principal de la planta, priorizando intervenciones que maximicen la disponibilidad. El Target Costing y el Kaizen Costing adaptados al mantenimiento fomentan la reducción sistemática de costes y la mejora continua en la eficiencia de la función. En la actualidad, estos sistemas se integran con CMMS/EAM, IoT y analítica predictiva, permitiendo un costeo dinámico que combina control, optimización y apoyo a la toma de decisiones estratégicas desde las posibilidades de predicción del comportamiento futuro.

En este trabajo presenta una meta-revisión sobre los métodos de costeo de las actividades de mantenimiento. La búsqueda y el análisis apuntó a los modelos y técnicas utilizadas para el cálculo de costos de mantenimiento, como parte de las actividades em empresas industriales y de manufactura. El método aplicado consiste em uma metodología híbrida que inicia con un estudio bibliométrico en una base de artículos extraídos desde Scopus, para proseguir con un análisis de contenidos en una muestra reducida de artículos destinados a revisiones bibliográficas y seleccionados desde la primera muestra inicial. Con esto, se pretende dar a conocer un panorama general de las aplicaciones de costeo del mantenimiento, las metodologías utilizadas, y las brechas de investigación que se pudieron revelar a partir de las evidencias encontradas.

La estrutura del restante de este trabajo es la siguiente:

2 REFERENCIAL TEÓRICO

En el entorno industrial y empresarial contemporáneo, la gestión de activos físicos es un pilar fundamental para la competitividad y la sostenibilidad operativa. Los activos, que van desde maquinaria pesada y flotas de transporte hasta edificios e infraestructura tecnológica, representan una inversión de capital significativa. Sin embargo, el costo de adquisición es solo una fracción de su costo total de propiedad. Los costos de mantenimiento, a menudo subestimados, constituyen una porción considerable de los gastos operativos a lo largo del ciclo de vida de un activo. Una gestión eficaz de estos costos no solo impacta directamente en la rentabilidad de la empresa, sino que también es crucial para garantizar la confiabilidad, disponibilidad y seguridad de las operaciones. Este ensayo explora la naturaleza multifacética de los costos de mantenimiento de activos físicos, desglosando sus diversas categorías y analizando las metodologías empleadas para su cálculo y estimación. Los costos asociados al mantenimiento de activos físicos no son un bloque monolítico; se componen de diversas categorías que reflejan diferentes estrategias y necesidades operativas. Comprender esta clasificación es el primer paso para una gestión financiera y técnica eficaz.

Costos Directos: Son aquellos gastos que pueden ser atribuidos de manera inequívoca a una actividad de mantenimiento específica o a un activo en particular, a continuación, una breve descripción de los diferentes costos directos.

- **Mano de Obra:** Incluye los salarios, beneficios y horas extras del personal técnico (mecánicos, electricistas, ingenieros) que ejecuta las tareas de

mantenimiento. Este es frecuentemente el componente más significativo de los costos directos.

- **Materiales y Repuestos:** Engloba el costo de todas las piezas, componentes y consumibles (lubricantes, filtros, tornillería) utilizados durante las reparaciones o el mantenimiento preventivo. La gestión de inventarios de repuestos es un subcampo crítico en sí mismo.
- **Herramientas y Equipos Especializados:** Se refiere a la depreciación, arriendo o costo de operación de herramientas y equipos necesarios para llevar a cabo las labores de mantenimiento.
- **Servicios Contratados:** Corresponde a los gastos incurridos al subcontratar a especialistas o empresas externas para realizar tareas de mantenimiento que requieren un conocimiento o equipamiento específico que no se posee internamente.

Costos Indirectos: Estos costos suelen ser difíciles de asignar directamente a una orden de trabajo específica, pero son esenciales para el funcionamiento del departamento de mantenimiento y el soporte de las actividades.

- **Supervisión y Planificación:** Salarios del personal de gestión, planificación y supervisión del mantenimiento.
- **Ingeniería de Confiabilidad:** Costos asociados a los ingenieros y analistas que investigan las causas raíz de las fallas y desarrollan estrategias para mejorar la confiabilidad de los activos.
- **Costos Administrativos:** Gastos generales del departamento, como suministros de oficina, software de gestión de mantenimiento (CMMS/EAM) y capacitación del personal.
- **Costos de Almacenamiento:** Gastos relacionados con la gestión y el mantenimiento de los inventarios de repuestos y materiales, incluyendo el espacio físico, seguros y personal de almacén.

Costos por Estrategia de Mantenimiento: Los costos también pueden clasificarse según la filosofía de mantenimiento que los origina:

- **Mantenimiento Correctivo:** Se incurre en estos costos *después* de que ha ocurrido una falla. Generalmente, es la forma de mantenimiento más costosa debido a su naturaleza no planificada, que puede implicar reparaciones urgentes, horas extras y, lo más importante, costos por pérdida de producción.
- **Mantenimiento Preventivo:** Son los costos planificados asociados a las inspecciones, limpiezas, lubricaciones y reemplazos de componentes programados a intervalos fijos (basados en el tiempo o en el uso) para reducir la probabilidad de falla.
- **Mantenimiento Predictivo (PdM):** Involucra la inversión en tecnologías de monitoreo de condición (análisis de vibraciones, termografía, análisis de aceites, entre otras) para predecir cuándo ocurrirá una falla. Aunque requiere una inversión inicial en tecnología y personal calificado, puede optimizar los intervalos de mantenimiento, reduciendo costos al evitar tanto las fallas inesperadas como el mantenimiento innecesario.

Costo del "No Mantenimiento": Quizás la categoría más crítica y a menudo más difícil de cuantificar es el costo de la inacción o el mantenimiento deficiente. Este incluye:

- **Pérdida de Producción (Downtime):** El costo de oportunidad derivado de la

- detención de la producción debido a una falla del equipo. Este puede superar con creces cualquier costo directo de reparación.
- **Problemas de Calidad:** Fallas en los equipos que pueden llevar a la producción de productos defectuosos, generando costos de reproceso, desperdicio y reclamos de clientes.
 - **Impactos en Seguridad y Medio Ambiente:** Las fallas de activos críticos pueden resultar en accidentes laborales o incidentes ambientales, con consecuencias financieras y legales devastadoras.

Formas de Cálculo y Estimación de Costos

La capacidad de calcular y estimar con precisión los costos de mantenimiento es vital para la elaboración de presupuestos, la toma de decisiones de inversión y la evaluación del desempeño. Se emplean diversas metodologías, desde las más simples hasta modelos complejos.

Análisis Histórico y Presupuesto Base Cero

El método más básico es el análisis de datos históricos. Las organizaciones revisan los gastos de mantenimiento de años anteriores para proyectar el presupuesto futuro. Una variante es el presupuesto base cero, donde cada gasto debe ser justificado desde cero para cada nuevo período, en lugar de basarse en el presupuesto anterior. Si bien es simple, este enfoque puede perpetuar ineficiencias pasadas y no se adapta bien a cambios en la operación o en la edad de los activos.

Cálculo Basado en Actividades (Activity-Based Costing - ABC)

El método ABC es un enfoque más sofisticado que asigna los costos indirectos a las actividades de mantenimiento específicas y luego a los activos. En lugar de distribuir los costos generales de manera uniforme, identifica los "conductores de costos" (cost drivers), como el número de órdenes de trabajo o las horas de planificación, para obtener una asignación mucho más precisa. Esto permite entender qué activos y qué tipo de tareas consumen más recursos indirectos.

Modelos Paramétricos y de Estimación: Para activos nuevos o para proyecciones a largo plazo, se utilizan modelos de estimación:

- **Estimación por Factores:** Utiliza factores o porcentajes predeterminados aplicados a un costo conocido. Un ejemplo clásico es estimar el costo de mantenimiento anual como un porcentaje (típicamente entre el 2% y el 6%) del Valor de Reemplazo del Activo (RAV - Replacement Asset Value). Esta es una técnica rápida pero de baja precisión.
- **Modelos de Confiabilidad (Weibull, etc.):** Se basan en el análisis estadístico de los datos de fallas para modelar la vida útil de los componentes. El análisis de Weibull, por ejemplo, puede predecir la probabilidad de falla a lo largo del tiempo, permitiendo a los ingenieros planificar reemplazos y estimar los costos asociados de manera proactiva.
- **Costo del Ciclo de Vida (Life Cycle Costing - LCC):** El LCC es el enfoque más completo y estratégico. Considera todos los costos asociados a un activo a lo largo de toda su vida útil, desde la concepción y adquisición (CAPEX) hasta la operación, mantenimiento y eventual desmantelamiento y disposición (OPEX). El LCC es fundamental para la toma de decisiones de inversión, ya que permite comparar activos que pueden tener un costo inicial bajo pero

costos de mantenimiento y operación muy altos a largo plazo, frente a otros con un mayor desembolso inicial pero más eficientes y confiables.

Por lo tanto, La gestión de los costos de mantenimiento de activos físicos es una disciplina compleja que requiere un enfoque multifacético. Va más allá de la simple reparación de equipos averiados; implica una comprensión profunda de las diferentes categorías de costos, desde los directos y evidentes hasta los indirectos y los costos ocultos de la inefficiencia y la inacción. La elección de la metodología de cálculo y estimación, ya sea a través del análisis de datos históricos, modelos paramétricos o un enfoque integral de costo de ciclo de vida, debe alinearse con la madurez y los objetivos estratégicos de la organización. En última instancia, controlar y optimizar los costos de mantenimiento no es simplemente una medida de reducción de gastos, sino una inversión estratégica que potencia la aplicación de las técnicas de análisis de confiabilidad, asegurando la calidad, mitigando riesgos y, en consecuencia, maximizando el valor de los activos físicos para la organización.

3 METODOLOGIA

3.1. Análisis bibliométrico

Con el objetivo de comprender en detalle las relaciones entre artículos, citas, co-citaciones y palabras clave, se realizó un análisis bibliométrico. A través de esta, información relevante sobre el campo de investigación referente a los Métodos de Costeo en Mantenimiento, mediante el procesamiento confiable de grandes volúmenes de publicaciones científicas es evaluada. Además, una serie de productos de carácter visual facilitan la comprensión de dicho campo.

En este estudio, el primer paso del análisis bibliométrico fue la recuperación de documentos desde la base de datos Scopus. Para ello, se formuló una búsqueda amplia que combinó los siguientes términos: costing, maintenance, manufacturing e industrial, en el título, el resumen o em las palabras clave. Esta estrategia se eligió con el fin de capturar publicaciones que abordaran estos temas en cualquier combinación, tales como “maintenance cost analysis”, “industrial manufacturing costing” o “maintenance cost in industrial systems”, entre otras. Este enfoque nos permitió obtener una visión integral del campo y sus subcampos, lo que facilitó la exploración de las interconexiones entre la literatura sobre costeo, mantenimiento e industria/manufactura.

La búsqueda, realizada en agosto de 2025, arrojó 993 documentos, que fueron procesados posteriormente con VOSviewer®. Antes de importar los datos al software, se armonizaron términos similares (por ejemplo, “life cycle costing” + “LCC”) y se eliminaron aquellas palabras que no aportaban contenido conceptual (por ejemplo, chapter, issue, researcher). Estas depuraciones se realizaron mediante el uso de un archivo de Tesauro, siguiendo las recomendaciones de van Eck y Waltman (2016). Junto con eso, un número menor de publicaciones fueron retiradas dado que, a pesar de los filtros de búsqueda, surgieron trabajos enfocados em Instituciones de salud.

Posteriormente, se llevó a cabo un análisis de acoplamiento bibliográfico con el fin de examinar las relaciones entre estas áreas temáticas. El objetivo fue generar visualizaciones de clústeres tanto de documentos, como de las fuentes de publicación. Para la inclusión en el agrupamiento, se definió un umbral de 15 citas y un mínimo de 25 ítems por clúster, determinados a partir de un análisis de similitud entre clústeres.

El análisis comparativo realizado con VOSviewer® permite observar la distribución superpuesta de las publicaciones por país. La figura 1 muestra que la producción científica en este ámbito presenta una concentración relevante en países angloparlantes, destacando a Estados Unidos y el Reino Unido como los nodos de mayor tamaño y centralidad en la red, lo que refleja su posición dominante en la colaboración internacional. Asimismo, se evidencia que otros países europeos como Alemania, Italia, España y los Países Bajos, así como naciones de Asia y Oceanía como China, Australia y Malasia, también participan activamente y generan conexiones relevantes. La visualización revela que el campo de estudio no se limita a un solo núcleo geográfico, sino que avanza en paralelo en diferentes regiones, con múltiples clústeres de colaboración que muestran interacciones entre Europa, América, Asia y Oceanía. Estos hallazgos sugieren que el desarrollo del área de investigación está en expansión global, con un patrón de crecimiento simultáneo en diversos contextos nacionales, lo que refuerza la idea de que se trata de un campo emergente que progresiona en paralelo a corrientes más consolidadas, en lugar de sustituirlas.

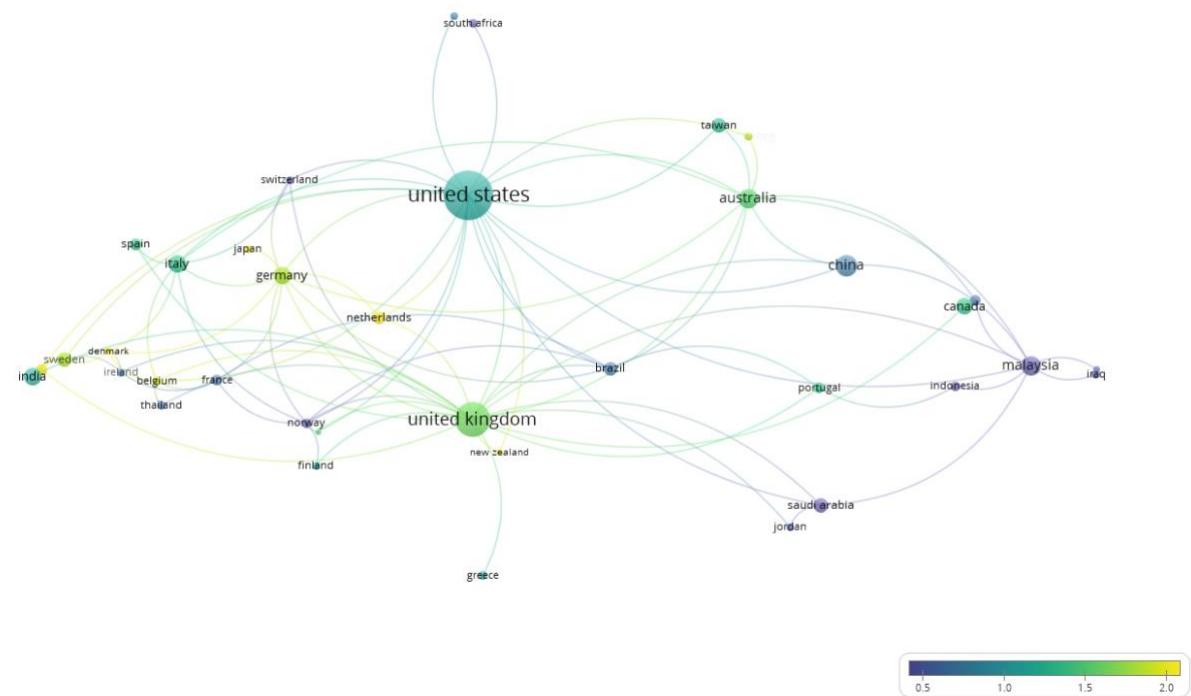


Figura 1. Paises de origen de los papers

Fonte: Elaborado pelos autores

El análisis realizado con VOSviewer® muestra la superposición de términos más frecuentes en la literatura asociada a los métodos de costeo y evaluación

económica. La figura 2 evidencia que los nodos de mayor tamaño corresponden a “costs”, “cost accounting”, “cost-benefit analysis” y “life cycle”, lo que refleja su centralidad en el campo y su papel articulador dentro de la red de investigación. Estos conceptos actúan como ejes de conexión entre distintas corrientes, vinculando enfoques de contabilidad de costos, métodos de asignación de costos (como el activity-based costing - ABC) y perspectivas más amplias de análisis económico, sostenibilidad y toma de decisiones. Se observa también que los términos relacionados con optimización, mantenimiento, simulación computacional y modelos matemáticos conforman un clúster fuertemente vinculado a la ingeniería y a la producción industrial, mientras que los términos economics, article, humans y healthcare aparecen en un grupo más próximo al ámbito de la salud y las ciencias sociales. Esta configuración indica que la investigación en torno al costeo y análisis de costos se desarrolla en paralelo en diferentes dominios, desde la ingeniería y la gestión industrial hasta la economía aplicada y la evaluación en salud.

En consonancia con lo planteado en estudios previos, la visualización confirma que el campo presenta un carácter multidisciplinario y en expansión, en el cual los distintos enfoques metodológicos no se sustituyen entre sí, sino que avanzan de manera complementaria en diferentes contextos de aplicación.

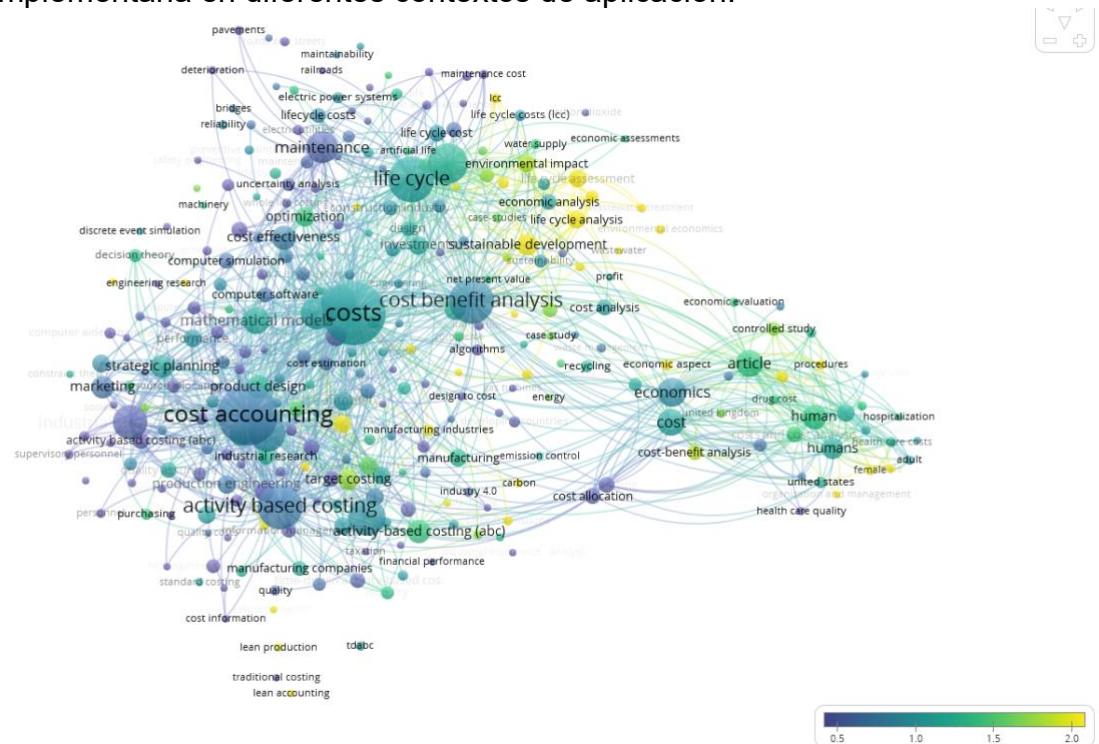


Figura 2. Superposición de términos frecuentes

Fonte: Elaborado pelos autores

El análisis de co-citación de revistas, realizado con VOSviewer®, muestra que la investigación en el área se concentra principalmente en un núcleo de publicaciones consolidadas en el ámbito de la ingeniería de producción y la gestión de operaciones. Destacan como nodos centrales el International Journal of Production Economics y el International Journal of Production Research, que funcionan como ejes articuladores de la red y conectan múltiples corrientes de estudio. En torno a estos títulos se agrupan otras revistas relevantes como Management Accounting Research, Engineering Economist y Engineering Management Journal, lo que evidencia la

estrecha vinculación entre los enfoques de economía de la ingeniería, contabilidad de gestión y producción industrial. Yendo a lo más cuantitativo, se observó que las revistas más representadas fueron International Journal of Production Economics (27 artículos), International Journal of Production Research (15 artículos) y Journal of Cleaner Production (12 artículos). Además, el análisis de palabras clave reveló una alta presencia de términos relacionados con “cost accounting”, “industrial management” y “maintenance”, mientras que la revista “Journal of Quality in Maintenance Engineering” destacó como la fuente con mayor concentración de resúmenes que mencionaban explícitamente el término “maintenance” (26 ocurrencias), tal como se podía suponer dado el alcance de la revista. De manera más reciente, emergen revistas vinculadas a sostenibilidad y desarrollo tecnológico, tales como Journal of Cleaner Production, Sustainability (Switzerland) y Lecture Notes in Mechanical Engineering. La coloración más clara de estos nodos en la visualización indica su incorporación en años recientes, lo que confirma una expansión temática hacia la sostenibilidad, la innovación y la integración de la ingeniería mecánica en el debate contemporáneo. En conjunto, la red refleja una transición desde un núcleo histórico centrado en economía y contabilidad de costos hacia un espectro más amplio que integra sostenibilidad, ingeniería y gestión estratégica, lo que sugiere un campo en evolución y con creciente interdisciplinariedad.

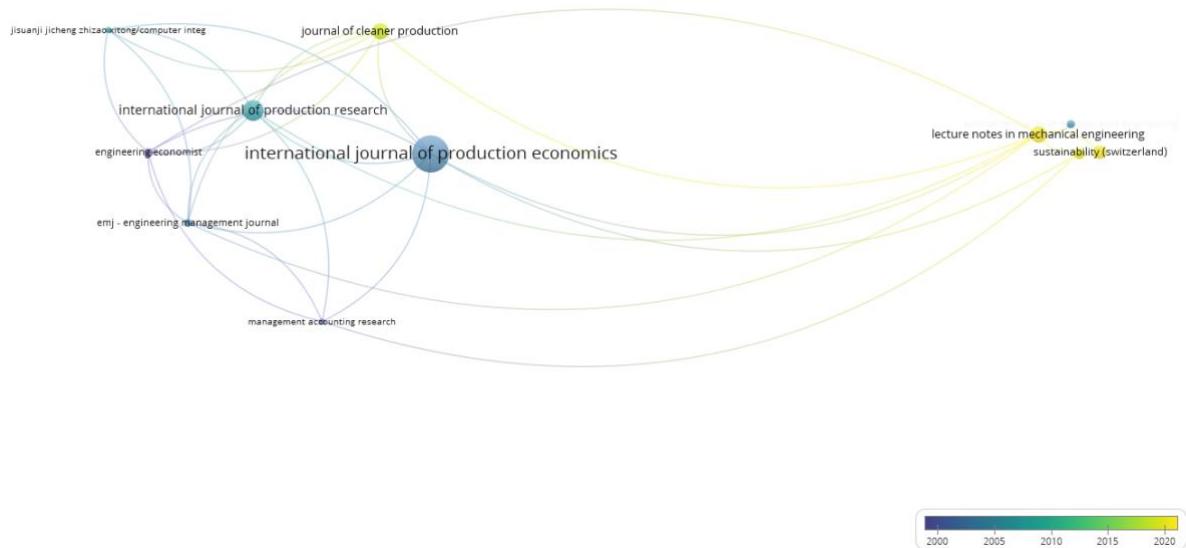


Figura 2. Superposición de Fuentes

Fonte: Elaborado pelos autores

3.1. Meta-Análisis

En la segunda parte de este estudio, la de meta revisión, se seleccionaron 14 artículos, dentro de los previamente seleccionados, destinados a un análisis de contenidos. Estos artículos (periódico entre 2010–2025) que cubren diversos métodos de costeo aplicados a diversos sectores: manufactura, infraestructura, salud, agua/ambiente y sostenibilidad. Estos trabajos fueron codificados según: método de costeo, sector, estándares/guías reportados, herramientas, indicadores, ítems de costo, tasas de descuento, bases de datos, cobertura temporal, objetivo principal, vacíos/brechas y región. El corpus combina revisiones (sistémicas, bibliométricas, narrativas) y algunos marcos metodológicos transversales (p. ej., “uncertainty in

through-life costing"). Observe la Tabla 1.

El análisis realizado sobre un conjunto de esos artículos permite obtener una visión panorámica de las metodologías de costeo empleadas, los sectores en los que se aplican, los estándares de referencia que se utilizan y las principales brechas y oportunidades de mejora metodológica. Los métodos de costeo identificados incluyen enfoques consolidados como el Life Cycle Costing y sus variantes Through-Life Costing y Whole-Life Costing, así como el Time-Driven Activity-Based Costing y, en menor medida, el Activity-Based Costing tradicional. La presencia de LCC, TLC y WLC confirma su papel como marco de referencia para decisiones con horizonte de vida útil extendido, con avances en la definición de límites del sistema, la diferenciación entre modalidades convencional, ambiental y social, y la integración progresiva de externalidades tales como costos de usuario e impactos ambientales monetizados. Este enfoque gana especial relevancia en sectores como la edificación y la infraestructura, donde las normas ISO proporcionan un soporte metodológico sólido.

Por su parte, el TDABC se posiciona con fuerza en entornos manufactureros y de servicios gracias a su capacidad para ofrecer granularidad en la medición de tiempos y capacidades, lo que facilita la identificación de capacidad ociosa y la asignación precisa de costos indirectos. El ABC clásico, aunque menos presente en aplicaciones recientes, sigue siendo una referencia conceptual en la evolución de estas metodologías. En términos de aplicaciones sectoriales, la manufactura concentra la mayoría de los estudios, con un enfoque en la asignación de costos indirectos, la mejora de la eficiencia de procesos y el soporte a la toma de decisiones de inversión y operación. La presencia de casos en infraestructura, aunque limitada, muestra cómo el LCC puede evaluar materiales innovadores de alto desempeño considerando variables críticas como vida útil, tasa de descuento y costos externos. En salud, el énfasis está en el rigor metodológico, la transparencia y el alineamiento con la utilización de guías tales como CHEERS para asegurar reportes completos y comparables. Aun así, persisten publicaciones sin referencia explícita a estándares, lo que compromete la reproducibilidad y la comparabilidad de los resultados. Las herramientas más utilizadas para análisis bibliométricos y mapeos son VOSviewer y Bibliometrix, mientras que para el análisis de costos se recurre mayoritariamente a hojas de cálculo o R.

La modelación formal de la incertidumbre ya sea mediante simulaciones de Monte Carlo o enfoques de conjuntos imprecisos, es poco frecuente y, cuando aparece, suele estar circunscrita al marco de Through-Life Costing. En los indicadores y métricas empleadas predominan CAPEX, OPEX y NPV, con menor uso de IRR, Payback y ROI. Los ítems de costo más habituales incluyen inversión, operación y mantenimiento, mientras que las fases de fin de vida y los costos externos se incorporan de manera inconsistente.

La gestión de la incertidumbre emerge como un área crítica, especialmente en etapas tempranas de diseño donde el compromiso de costos es alto y la variabilidad puede ser significativa. En este contexto, la literatura sobre TLC subraya la necesidad de comunicar rangos y posibles sesgos mediante representaciones imprecisas o factores de crecimiento de costos. La tasa de descuento se identifica como un determinante central de los resultados en LCC, aunque en muchos trabajos no se informa o se aborda con análisis de sensibilidad limitado. Estas carencias se reflejan en brechas claras: una concentración excesiva de casos en manufactura con escasa evidencia en sectores como energía, agua o agricultura; una inclusión inconsistente de costos externos y de usuario pese a su potencial para modificar jerarquías de

alternativas; una representación fragmentaria de aspectos de fin de vida y circularidad; una falta de estandarización en ítems de costo y límites de sistema; y una limitada cuantificación formal de incertidumbre y análisis de sensibilidad multivariante.

En términos metodológicos, se reconoce la importancia de definir desde el inicio los límites del sistema y el tipo de LCC a emplear, así como de explicitar quién asume y quién recibe los costos y beneficios. El reporte transparente de la tasa de descuento y la ejecución de análisis de sensibilidad, junto con la estandarización de los ítems de costo por etapa, son pasos necesarios para aumentar la comparabilidad entre estudios. En el caso del TDABC, se recomienda una combinación de medición directa, datos ERP y muestreo para levantar tiempos, así como la modelación explícita de la capacidad ociosa y la validación rigurosa de las ecuaciones de tiempo. La gestión de la incertidumbre debe pasar de estimaciones puntuales a la comunicación de bandas de variación y al uso de diagramas de sensibilidad para los principales impulsores de costos. Asimismo, la adopción sistemática de guías como ISO, PRISMA o CHEERS y la publicación de anexos con supuestos y plantillas de cálculo contribuirán a mejorar la reproducibilidad de los estudios.

4 DISCUSIÓN FINAL

Estos resultados refuerzan la posición del LCC, TLC y WLC como herramientas predominantes para la evaluación estratégica de alternativas en horizontes de largo plazo, y del TDABC como instrumento eficaz para la optimización operativa. Sin embargo, persiste la necesidad de integrar de manera consistente los costos externos, los escenarios de fin de vida y la gestión explícita de la incertidumbre. Un avance en estas áreas, junto con la estandarización metodológica y la ampliación de la cobertura sectorial, permitirá generar estudios más sólidos y comparables, con un impacto más directo y fiable en la toma de decisiones estratégicas y operativas. En términos de agenda futura, los hallazgos de esta metarrevisión permiten identificar varias líneas de investigación prioritarias. En primer lugar, se destaca la necesidad de avanzar hacia la integración metodológica entre el Life Cycle Costing (LCC), el Time-Driven Activity-Based Costing (TDABC) y los marcos de sostenibilidad (ESG), de modo que sea posible evaluar de manera simultánea los costos financieros, ambientales y sociales en horizontes de largo plazo. En este sentido, un esfuerzo clave será la estandarización de los ítems de costo, los límites del sistema y las fases de fin de vida, ya que la heterogeneidad observada en la literatura limita la comparabilidad entre estudios y restringe la posibilidad de construir marcos de referencia y benchmarks sectoriales sólidos.

Artigo	Autor	Título	Tipo de Artigo	Sector	Breve Descripción	Metodología de Análisis	Item Considerados en el CAFEX	Items Considerados en el OPEX y Mantenimiento	Indicadores	Técnicas de estimación de costos	Tasas de Descuento	
2025	Ottz, Et. al.	The Role of Activity-Based Costing in Reducing Environmental Impact: A Systematic Literature Review	Revisão	Construcción, Metalurgia, Manufactura y Transporte	Este estudio revisa 58 artículos sobre el costo basado en actividades (ABC) y su papel en reducir el impacto ambiental. Destaca aplicaciones en construcción sostenible, metalmecánica, transporte y manufatura, así como tendencias futuras en sistemas de costos ecológico, optimización y análisis de suministros y evaluación del ciclo de vida para integrar sostenibilidad y rentabilidad.	ABC	Investigaciones en energías renovables, tecnologías eficientes energéticamente, implementación de sistemas avanzados de costo ambiental.	Consumo de agua, consumo de energía, manejo de residuos, gestión ambiental y sostenibilidad, operación de programas internos, reportes ESG, optimización de la cadena de suministro, costo de reciclaje de equipos eléctricos y electrónicos, costo de fin de vida de productos	Costo de Investigación y Desarrollo, Costo de los Productos, Costos de Impuesto Ambiental Contable, Costo de Centros de Costos, Costos de Actividades, Costos de Productos.	AIC, LCA, LCC, TOC	No Menciona	
2024	Ishimoto et al., Yangchao, Et. al.	Life-Cycle costing approaches in fuel-cell and hydrogen systems: A literature review	Revisão	Energía	El propósito del artículo es desarrollar una revisión sistemática de los enfoques de Life-Cycle Costing (LCC) aplicados a sistemas de combustible, con el fin de analizar su idoneidad metodológica en la evaluación de costos a lo largo del ciclo de vida. Se examinan modelos, supuestos de cálculo, tasas de descuento, indicadores económicos convencionales y extendidos (ambientales LCC), así como la inclusión de ítems de costo y tasas del ciclo de vida. El estudio busca identificar las críticas, vicios metodológicos y mejores prácticas.	LCC	Costos de capital (CAFEX), Inversión, Costos de operación y mantenimiento (OPEX), Mantenimiento, Costos primaria (flestock), Mano de obra, Seguros, Almacenamiento, Transporte, Administración, Créditos, Servicios públicos (últimos), Externalidades, Impuestos, Licencias, Fines, Costos de instalación, Puesta en marcha (start-up), Costos de oportunidad, Costos de seguridad, Subsidios, Intereses.	Costos de operación y mantenimiento (OPEX), Adquisición de materiales prima (flestock), Mantenimiento, Costos primaria (flestock), Adquisición y Construcción, Costos de operación y mantenimiento (OPEX), Mantenimiento, Costos de seguridad, Subsidios, Intereses.	Costos de operación y mantenimiento (OPEX), Mantenimiento, Costos primaria (flestock), Adquisición y Construcción, Costos de operación y mantenimiento (OPEX), Mantenimiento, Costos de seguridad, Subsidios, Intereses.	TDABC, Valor presente neto, Tasa Interna de Retorno, Periodo de pago, Costo total del objeto del costo, Capacidad Práctica	LCA, LCC	La mayoría de estudios mencionan entre 2% y 10%
2024	Pérez Roviral-Vil	After 30 years, What Has Happened to Activity-Based Costing?	Revisão	Agricultura Urbana	Este artículo presenta una revisión bibliográfica sobre el tema "After 30 Years: What Has Happened to Activity-Based Costing?". Se analizan 32 publicaciones principales en el campo de la agricultura urbana, con énfasis en la gestión de costos y sostenibilidad mediante la aplicación del Life Cycle Costing (LCC) en su integración con el Life Cycle Assessment (LCA).	LCC, LCA	Este artículo se enfoca en el sector de la agricultura urbana, con énfasis en la gestión de costos y sostenibilidad mediante la aplicación del Life Cycle Costing (LCC) en su integración con el Life Cycle Assessment (LCA).	Resúmenes de producción (plantas, agua, energía, fertilizantes, plásticos, familias, jardines), Mano de obra, Transporte de distribución y jardinería, Alquiler, Consumo de combustible y electricidad, Alquiler, Costos de operación y mantenimiento de instalaciones solares, Mantenimiento de edificios, efectivos, Reemplazo de materiales y equipos, Mantenimiento de instalaciones técnicas, Mantenimiento de Infraestructura, Mano de obra para mantenimiento básico.	Valor presente Neto, Tasa Interna de Retorno, Periodo de pago, Descuento	ABC, TDABC	No menciona	
2024	Sánchez, Et. al.	Agricultural literature review of life cycle costing applied to urban agriculture	Revisão	Principalemte Salud y Manejadora	Este artículo realiza una revisión sistemática de la literatura sobre Activity-Based Costing (ABC), analizando 32 artículos publicados entre 1989 y 2019. Se identifican estudios autores, países, revistas y títulos, destacando el predominio de estudios de caso. Los resultados muestran creciente interés en ABC, con aplicaciones relevantes en salud y manufactura, literatura referida a Estados Unidos en productividad académica y práctica.	ABC	Este artículo realiza una revisión sistemática de la literatura sobre Activity-Based Costing (ABC), analizando 32 publicaciones publicadas entre 1989 y 2019. Se identifican autores, países, revistas y títulos, destacando el predominio de estudios de caso. Los resultados muestran creciente interés en ABC, con aplicaciones relevantes en salud y manufactura, literatura referida a Estados Unidos en productividad académica y práctica.	Costos de sala de operaciones, Costos de hospitalización (incluye UC), Costos de patología, Laboratorio, anestesia, Costos de atención y esterilización de equipos, Costos en pacientes con alta morbilidad, Costos de seguimiento, Costos de reinicio, Costos de alta morbilidad, Costos de alta complejidad, Costos de alta especialidad	Costo de las Actividades, Costo de los Recursos, Costo de los Objetos de Costo	ABC, TDABC	No menciona	
2023	Korholm, Et. al.	A systematic review about costing methodology in robotic surgery: evidence for low quality in most of the studies	Revisão	Salud	Este artículo presenta una revisión exhaustiva sobre la aplicación del Life Cycle Costing (LCC) en quirófanos. Se analizan 32 publicaciones mediante la gala PRISMA y la lista CHERISH. Los resultados muestran que cada metodología tiene sus fortalezas y debilidades, dependiendo del tipo de quirófano y los costos detallados. Predominan la visión del sector salud, con poca inclusión de costos a lo largo del ciclo de vida.	Sistemas de Costeo en General	Costos de adquisición de equipos quirúrgicos robóticos.	Costos de sala de operaciones, Costos de hospitalización (incluye UC), Costos de patología, Laboratorio, anestesia, Costos de atención y esterilización de equipos, Costos en pacientes con alta morbilidad, Costos de seguimiento, Costos de reinicio, Costos de alta morbilidad, Costos de alta complejidad, Costos de alta especialidad	Gross-Costing, Micro-Costing, ABC - Análisis Costo Beneficio	No menciona		
2018	Hig, Et. al.	The use of costing methods in lean manufacturing industries: A literature review	Revisão	Infraestructura y Construcción	Este artículo presenta una revisión exhaustiva sobre la aplicación del Life Cycle Costing (LCC) en la industria. Se analizan 32 publicaciones incluyendo artículos de investigación, revisiones y reseñas. Los resultados muestran que el LCC es una herramienta útil para el análisis de costos de vida útil y el diseño de productos. El LCC es particularmente útil para el análisis de vida útil y el diseño de productos. El LCC es particularmente útil para el análisis de vida útil y el diseño de productos.	LCC	Investigación y desarrollo, Planean, Fabricación, Instalación, Extracción de materias primas, Transporte (inicial, Contos de Construcción).	Operación y mantenimiento, reparación, disposición, costos de uso, costos ambientales, costos sociales, costos por riesgos, costos de operación vehicular, costos por accidentes.	Target Costing, ABC, LCA, LCC	La mayoría de estudios realizados entre 0% y 5%		
2015	Da Silva, Et. al.	The use of costing methods in lean manufacturing industries: A literature review	Revisão	Manufactura	Este artículo analiza la integración de métodos de costeo (ABC, TDABC, Value Stream Costing) en organizaciones lean, donde el sistema tradicional resulta insuficiente para eliminar desperdicios. Mediante una revisión sistemática, los resultados muestran que estos métodos pueden usarse solo como referencia teórica o práctica, sin incorporarse plenamente al análisis productivo.	ABC, TDABC, Value Stream Costing	Costo de los Recursos	ABC, TDABC, Value Stream Costing	No Menciona			
2014	Jean, Et. al.	Life-Cycle Costing Model for Hollow Fiber Membrane: A Review and Further Research	Revisão	Aguas y Saneamiento Ambiental	El objetivo de este artículo es realizar análisis económicos previos de sistemas de membranas, examinar modelos de costeo del ciclo de vida (LCC) existentes y proponer un paso inicial para el análisis LCC en el modelo de fibra hueca, identificando actividades y factores asociados.	LCC	Investigación y desarrollo, Desarrollo de prototipo, Fabricación del módulo de membrana, Ensamblaje, Capacitación en fabricación y control de calidad, Transporte de productos	Proceso de filtración, Retirada, Limpieza química, Mantenimiento en uso y mantenimiento, Tareas administrativas, Desensamblaje, Reemplazo de membrana, Disposición final	Costo de manufactura, Costo total de un nuevo producto, Costo de uso y servicio, Costo de energía, Costo de mantenimiento, Costo total.	Costos Basados en Actividades (ABC), Sistema de base de conocimiento (SBC), LCC inteligente, Algoritmos Genéticos (GA), LCC	No menciona	
2011	Dímea	Method Time Driven Activity Based Costing como herramienta para manejar la asignación de costos dentro del ABC	Revisão	General	El artículo invita la literatura sobre el método Time Driven Activity Based Costing como aplicación en manufactura, distribución, agricultura y servicios basado en beneficios, supuestos de implementación y limitaciones prácticas mediante estudios de caso existentes.	TDABC	Costo total de Capital Recurso, Capacidad Práctica, Costo total de Capital Objeto e Costo	TDABC	No menciona			
2010	Goh, Et. al.	Uncertainty in Through-Life Costing—Review and Perspectives	Revisão	Defensa y Aeroespacial	El artículo analiza la estimación del costo a lo largo del ciclo de vida (TC) en sectores de defensa y aeroespacio, donde los productos son complejos y duraderos. Aborda la incertidumbre epistemológica y teórica en datos y técnicas revisando las actuales y propone explorar probabilidades impuestas para mejorar la toma de decisiones.	LCC	Investigación, Mercado, Evaluación tecnológica, Planificación, Diseño, Evaluación, Pláticas, Documentación, Demostación, Gestión de operaciones y mantenimiento, Datas Nómicos, Eliminación, Retiro del producto, Fin de vida útil	TCO, LCA, TOC	No menciona			

Asimismo, resulta imperativo desarrollar estrategias de modelación rigurosa de la incertidumbre, incorporando enfoques avanzados como simulaciones de Monte Carlo, análisis de sensibilidad multivariable o conjuntos difusos, con el fin de capturar de manera más realista la variabilidad inherente a las decisiones de mantenimiento y manufactura. Finalmente, la ampliación sectorial constituye otra dirección de investigación necesaria: mientras la manufactura concentra la mayoría de los casos reportados, existen oportunidades poco exploradas en ámbitos como la energía, el agua, la agricultura y la infraestructura resiliente. El fortalecimiento de estas líneas, acompañado por la creación de repositorios de datos abiertos por sector y la adopción sistemática de guías internacionales (ISO, PRISMA, CHEERS), contribuirá a mejorar la transparencia, la reproducibilidad y el impacto práctico de los estudios, consolidando la base empírica sobre la cual fundamentar decisiones estratégicas y operativas en la industria y la gestión de activos.

REFERÊNCIAS

- 1. Peña, A., & Rovira Val, M. R.** (2020). *A longitudinal literature review of life cycle costing applied to urban agriculture*. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 25(1). <https://doi.org/10.1007/s11367-020-01768-y>
- 2. Ortiz-Cea, V., Dote-Pardo, J., Geldres-Weiss, V. V., & Peña-Acuña, V.** (2025). *The role of activity-based costing in reducing environmental impact*. *Sustainability*, 17(3), 1275. <https://doi.org/10.3390/su17031275>
- 3. Yaguache-Aguilar, M. F., Niñerola-Montserrat, A., & Sánchez-Rebull, M.-V.** (2024). *A bibliometric review of time-driven activity-based costing*. *Journal of Ecohumanism*, 4(1), 50–65. <https://doi.org/10.62754/joe.v4i1.4085>
- 4. Sánchez-Rebull, M.-V., Niñerola, A., & Hernández, A. B.** (2023). *After 30 years, what has happened to activity-based costing? A systematic literature review*. *SAGE Open*, 13(2). <https://doi.org/10.1177/21582440231178785>
- 5. Korsholm, M., Sørensen, J., Mogensen, O., Wu, C., Karlsen, K., & Jensen, P. T.** (2018). *A systematic review about costing methodology in robotic surgery: Evidence for low quality in most of the studies*. *Health Economics Review*, 8(1), 21. <https://doi.org/10.1186/s13561-018-0207-5>
- 6. Medeiros, H. da S., Santana, A. F. B., & Guimarães, L. da S.** (2017). *The use of costing methods in lean manufacturing industries: A literature review*. *Gestão & Produção*, 24(2), 395–406. <https://doi.org/10.1590/0104-530x2183-16>
- 7. Ilg, P.** (2016). *High-performing materials in infrastructure: A review of applied life cycle costing and its drivers—the case of fiber-reinforced composites*. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.051>

- 8. Jiran, N. S., Mahmood, S., Mat Saman, M. Z., & Noordin, M. Y.** (2013). *Review on methodology for life cycle costing of membrane system for wastewater filtration*. *Advanced Materials Research*, 845, 713–719. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.845.713>
- 9. Goh, Y. M., Newnes, L. B., Mileham, A. R., McMahon, C. A., & Saravi, M. E.** (2010). *Uncertainty in through-life costing—Review and perspectives*. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 57(4), 689–701. <https://doi.org/10.1109/TEM.2010.2040745>
- 10. Cieslak, M., Cieslak, A. M., Menon, G., Jung, M. A., Antunes, A. C., & Gonzaga, C. A. M.** (2023). Conceptualization, nomenclatures and costing methods: A review of the accounting literature applied to production engineering. *Custos e @gronegócio on line*, 19(3), 277–299. <http://www.custoseagronegocioonline.com.br/>
- 11. Dejnega, O.** (2011). Method Time Driven Activity Based Costing – Literature review. *Journal of Applied Economic Sciences*, 6(1), 7–16.
- 12. Goh, Y. M., Newnes, L. B., Mileham, A. R., McMahon, C. A., & Saravi, M. E. (2014).** Life cycle costing model for hollow fibre membrane module: A review. *Applied Mechanics and Materials*, 660, 1020–1025. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.660.1020>
- 13. Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2016).** VOSviewer manual.