



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



OPORTUNIDADES DE ECONOMÍA CIRCULAR EN EL MANTENIMIENTO DE EQUIPOS ELÉCTRICOS INDUSTRIALES: ANÁLISIS PROSPECTIVO Y ESCENARIOS AL 2030

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIEROS

Calle 70 No. 9 – 10

E.mail: mhernandezg@aciem.org.co - spalaciossh@aciem.org.co

Bogotá, D.C. – Colombia

Resumen

La economía circular aplicada al mantenimiento de equipos eléctricos industriales representa una oportunidad estratégica para mejorar la eficiencia y sostenibilidad del sector. Mediante un enfoque prospectivo al 2030 y análisis multicriterio, se priorizaron la remanufactura integrada, la trazabilidad digital con IoT y la servitización. Estas estrategias muestran un alto potencial de reducción de costos operativos y de emisiones de CO₂. El estudio propone una hoja de ruta práctica y aplicable para la transformación del sector eléctrico industrial.

1. Introducción

La industria global enfrenta presiones convergentes derivadas del agotamiento de recursos, endurecimiento regulatorio y exigencias de descarbonización. El sector de equipos eléctricos industriales representa una porción significativa del consumo energético global y generación de residuos. Los aparatos eléctricos y electrónicos fueron identificados como productos prioritarios debido a que contienen componentes peligrosos como plomo, mercurio o plásticos con aditivos dañinos [1]. En América Latina, se proyecta un crecimiento del 17% en la generación de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos para 2026 [2].

La economía circular emerge como paradigma alternativo que busca optimizar el uso de materiales mediante la generación de ciclos de componentes y materiales [3]. La remanufactura, definida como el proceso de desmantelar, restaurar y reensamblar productos sustituyendo

componentes deteriorados [4], puede reducir desechos industriales entre 80-99% y emisiones de CO₂ entre 79-99% [5]. La industria europea de remanufactura genera aproximadamente €30,000M anuales, con proyecciones de €70,000-100,000M para 2030 [6].

Brecha de conocimiento: La literatura existente aborda la economía circular y el mantenimiento industrial como dominios separados. No se identificaron estudios que integren sistemáticamente ambos campos mediante marcos prospectivos cuantitativos específicos para equipos eléctricos industriales.

Objetivos: (1) Identificar y clasificar oportunidades de economía circular aplicables al mantenimiento de equipos eléctricos industriales; (2) Desarrollar un modelo de priorización multicriterio; (3) Construir escenarios prospectivos al 2030; (4) Proponer hoja de ruta estratégica cuantificada.

Contribución original: Este estudio propone un marco prospectivo integrado que combina análisis morfológico de variables, modelo MCDA original y escenarios validados para priorizar oportunidades circulares en mantenimiento industrial, constituyendo una herramienta aplicable para toma de decisiones estratégicas.

2. Marco Teórico

2.1 Economía Circular y Remanufactura

La economía circular se conceptualiza como un sistema industrial restaurativo por intención y diseño [7]. Las prácticas de retención de valor pueden reducir desechos entre 80-99% en algunos sectores [5]. La remanufactura industrial genera ahorros significativos: estudios documentan que



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



equipos remanufacturados cuestan 40-60% menos que nuevos con rendimiento similar [8].

2.2 Mantenimiento Predictivo e Industria 4.0

El mantenimiento predictivo utiliza sensores IoT, IA y big data para predecir fallos antes de que ocurran [9]. Las organizaciones que lo implementan reducen costos hasta 30% y minimizan tiempos de inactividad [10]. La evolución del mantenimiento ha progresado desde inspecciones visuales hasta mantenimiento predictivo 4.0 con machine learning [11].

2.3 Convergencia Circular-Mantenimiento

El mantenimiento predictivo proporciona datos precisos sobre estado de componentes, facilitando decisiones óptimas sobre reparación, remanufactura o reemplazo. Simultáneamente, el diseño para circularidad simplifica intervenciones de mantenimiento y extiende vida útil [12]. Esta convergencia constituye un campo fértil para innovación en modelos de negocio, eficiencia operacional y sostenibilidad.

4 Metodología

4.1 Enfoque General

Se aplicó metodología híbrida integrando: (1) revisión sistemática de literatura; (2) análisis prospectivo estratégico mediante análisis morfológico; (3) modelo de decisión multicriterio (MCDA) para priorización cuantitativa [13].

4.2 Revisión Sistemática

Búsqueda en bases académicas (Scopus, Web of Science, IEEE Xplore) y literatura gris sectorial para 2020-2025, con palabras clave: "circular economy", "industrial maintenance", "remanufacturing", "predictive maintenance", "Industry 4.0", "electrical equipment". Se analizaron 45 documentos relevantes para extraer variables clave y tendencias.

4.3 Variables Clave Identificadas

Se identificaron 16 variables críticas en cuatro dimensiones:

- a. **Tecnológicas:** (T1) Madurez IoT/sensorización, (T2) Capacidad análisis predictivo IA/ML, (T3) Desarrollo gemelos digitales, (T4) Plataformas trazabilidad blockchain.
- b. **Económicas:** (E1) Diferencial costo materias primas vs. recuperadas, (E2) Viabilidad modelos producto-como-servicio, (E3) Disponibilidad financiamiento verde, (E4) Costos de energía.
- c. **Regulatorias:** (R1) Normativas responsabilidad extendida productor, (R2) Estándares remanufactura internacionales, (R3) Políticas descarbonización, (R4) Incentivos fiscales.
- d. **Sociales:** (S1) Aceptación productos remanufacturados, (S2) Disponibilidad talento técnico, (S3) Cultura organizacional sostenibilidad, (S4) Presión stakeholders.

4.4 Oportunidades Circulares Identificadas

Se identificaron 12 oportunidades específicas: (1) Mantenimiento predictivo con IoT, (2) Remanufactura de motores eléctricos, (3) Remanufactura de transformadores, (4) Reconstrucción de tableros de control, (5) Actualización tecnológica (retrofitting), (6) Modelos de servitización (PaaS), (7) Mercados secundarios de componentes, (8) Trazabilidad digital de activos, (9) Simbiosis industrial, (10) Diseño modular, (11) Logística inversa, (12) Extensión de vida útil mediante diagnóstico avanzado.



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



4.5 Modelo MCDA

Criterios de Evaluación:

- **C₁: Impacto Potencial (I)** - peso $w_1=0.40$: reducción emisiones, disminución residuos, ahorro recursos. Escala 1-10.
- **C₂: Viabilidad Técnico-Económica (V)** - peso $w_2=0.35$: madurez tecnológica, ROI, disponibilidad infraestructura. Escala 1-10.
- **C₃: Madurez Tecnológica (M)** - peso $w_3=0.25$: basado en escala TRL adaptada. Escala 1-10.

Modelo matemático: $P_i = w_1 \cdot I_i + w_2 \cdot V_i + w_3 \cdot M_i$

Las puntuaciones fueron asignadas mediante análisis de datos cuantitativos de estudios empíricos citados, evaluación de nivel TRL según documentación técnica, y análisis de casos de éxito documentados. Las ponderaciones priorizan el impacto ambiental (40%) como criterio dominante, reflejando la urgencia climática.

4.6 Construcción de Escenarios

Se aplicó análisis morfológico explorando combinaciones coherentes de variables que definen futuros plausibles [14]. Para cada variable se establecieron estados posibles al 2030. Se construyó matriz de influencia cruzada identificando consistencias entre estados. Las probabilidades de escenarios representan valoraciones analíticas del autor basadas en balance de fuerzas detectadas.

4.7 Limitaciones

El estudio se fundamenta en revisión sistemática de literatura. Las valoraciones del modelo MCDA fueron asignadas por el autor mediante análisis de evidencia documental. Si bien se basan en datos cuantitativos de estudios citados, idealmente deberían validarse mediante panel de expertos multidisciplinarios. Las proyecciones asumen continuidad en tendencias identificadas. Validación empírica mediante proyectos piloto es necesaria para robustecer conclusiones.

5. Resultados

5.1 Priorización Multicriterio

Tabla 1. Resultados del Análisis MCDA

#	Oportunidad	Impacto (I)	Viabilidad (V)	Madurez (M)	Prioridad (P)	Ranking
2	Remanufactura motores	9.1	8.6	8.2	8.65	1
1	Mantenimiento predictivo IoT	8.2	8.4	8.8	8.45	2
6	Servitización (PaaS)	8.9	7.2	7.8	8.20	3
3	Remanufactura transformadores	8.8	7.9	7.6	8.12	4
8	Trazabilidad digital	7.8	8.2	8.5	8.12	4
5	Retrofitting equipos	8.0	7.8	8.0	7.95	6
12	Extensión vida útil	8.3	7.6	7.9	7.95	6
4	Reconstrucción tableros	7.4	8.1	7.8	7.75	8
11	Logística inversa	7.5	7.7	7.5	7.57	9
10	Diseño modular	8.5	6.9	6.5	7.50	10
7	Mercados secundarios	7.2	7.5	6.9	7.22	11
9	Simbiosis industrial	7.9	6.8	6.2	7.12	12

5.2 Interpretación

Oportunidades de Máxima Prioridad (P>8.40): Remanufactura de motores eléctricos (P=8.65):

Obtiene la puntuación más alta por combinar alto impacto ambiental (9.1), viabilidad técnico-económica probada (8.6) y madurez tecnológica (8.2). La existencia de cadenas establecidas y casos como Motorlan España (3,000 unidades/año, ahorros 30-60%) respaldan su prioridad [15].

Mantenimiento predictivo IoT (P=8.45): Su rol habilitador para otras estrategias justifica la



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



segunda posición. Alta madurez tecnológica (8.8) y viabilidad (8.4) compensan impacto individual moderado. Casos como WEG Motor Scan demuestran sensores autónomos de bajo costo que marcan el futuro de confiabilidad industrial [16].

Servitización (P=8.20): El modelo producto-como-servicio obtiene alta puntuación de impacto (8.9) por su potencial transformador, aunque viabilidad (7.2) refleja barreras culturales aún presentes.

5.3 Análisis de Sensibilidad

Se realizó análisis de sensibilidad variando pesos en $\pm 20\%$:

- Con $w_1=0.48$, $w_2=0.28$, $w_3=0.20$ (énfasis impacto): Servitización asciende a segunda posición
- Con $w_1=0.32$, $w_2=0.42$, $w_3=0.20$ (énfasis viabilidad): Mantenimiento predictivo IoT a primera posición
- Con $w_1=0.32$, $w_2=0.28$, $w_3=0.30$ (énfasis madurez): Mantenimiento predictivo mantiene primera posición

Conclusión: Las tres oportunidades de máxima prioridad mantienen posiciones top-3 bajo todas las configuraciones, indicando robustez del modelo.

6. Escenario Prospectivo Prioritario: "Remanufactura Integrada 2030"

6.1 Narrativa del Escenario (Probabilidad: 40%)

La remanufactura se consolida como práctica estándar en la industria eléctrica para 2030. Los fabricantes originales han internalizado la remanufactura como línea de negocio estratégica, diseñando productos para múltiples ciclos de vida. Este escenario obtiene la probabilidad más alta por su balance óptimo entre beneficios económico-ambientales y viabilidad de implementación.

6.2 Configuración de Variables

Tecnológicas: Medio-alto desarrollo ($T1=7$, $T2=7$, $T3=6$, $T4=7$)

Económicas: Favorable ($E1=9$, $E2=6$, $E3=7$, $E4=7$)

Regulatorias: Consolidado ($R1=8$, $R2=9$, $R3=8$, $R4=7$)

Sociales: Medio-avanzado ($S1=7$, $S2=7$, $S3=7$, $S4=7$)

6.3 Características Cuantificadas

- México, India y Vietnam se posicionan como polos regionales procesando 40% del volumen global [17]
- Regulaciones en 35 países obligan a fabricantes a ofrecer opciones de remanufactura para equipos $>50kW$
- 50% de motores eléctricos y 35% de transformadores vendidos son remanufacturados
- Garantías equivalentes (3-5 años) se vuelven estándar
- Reducción promedio de precios: 45% vs. equipos nuevos

6.4 Implicaciones para Mantenimiento

- Departamentos evolucionan a "centros de valorización de activos"
- Competencias especializadas en diagnóstico avanzado para remanufactura
- Reducción 60-80% en consumo de materias primas vírgenes
- Ciclos de vida extendidos: de 15 a 30+ años
- Nuevos KPIs: tasa de recuperación, índice de circularidad, valor residual

6.5 Indicadores de Éxito

Tabla 2. Indicadores Cuantificados del Escenario

Indicador	Meta 2030	Baseline 2024	Mejora
-----------	-----------	---------------	--------



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



Facturación remanufacturadora Europa	€80,000 M	€30,000 M	+167%
Empleo directo remanufacturadora	520,000	190,000	+174%
Tasa retorno equipos fin de vida	68%	25%	+43pp
Reducción emisiones CO ₂	85%	-	vs. fabricación nueva
Reducción costos operativos	35%	-	vs. mantenimiento tradicional

5.6 Estructura Industrial Emergente

- 60% de OEMs operan centros propios de remanufactura certificados
- 30% externalizan a remanufacturadores especializados bajo licencia
- 10% opera mediante alianzas con distribuidores regionales
- 15 hubs de remanufactura regionales conectados por logística inversa

6.7 Factores Críticos de Éxito

- Desarrollo estándares internacionales (ISO 20243 expandida)
- Políticas fiscales: IVA reducido (5-10%) para remanufacturados
- Sistemas de logística inversa eficientes
- Campañas de sensibilización sobre equivalencia de calidad

7. Hoja de Ruta Estratégica

7.1 Fase 1: Diagnóstico y Preparación (2025-2026)

Objetivos: Evaluar 100% equipos críticos, capacitar 500+ técnicos, implementar trazabilidad

en 30% equipos, ejecutar 3 pilotos de remanufactura.

Acciones: (1) Inventario completo con scoring de circularidad 0-100; (2) Programa capacitación 16-40 horas; (3) Despliegue sensores IoT; (4) Pilotos demostrativos con medición rigurosa.

Inversión: €700,000-1,000,000 | **Ahorro anual:** €300,000

7.2 Fase 2: Escalamiento (2027-2028)

Objetivos: 50% equipos bajo mantenimiento predictivo, remanufacturar 100+ equipos/año, reducir inventarios 25%, reducir costos mantenimiento 20%.

Acciones: (1) Completar despliegue IoT al 70%; (2) Programa industrial remanufactura con SLAs; (3) Plataforma digital con blockchain; (4) Mercados internos componentes.

Inversión: €2,500,000-3,000,000 | **Ahorro anual:** €1,250,000

7.3 Fase 3: Liderazgo (2029-2030)

Objetivos: Certificación ISO 14001 circular, 30% equipos bajo PaaS, índice circularidad >65%, reducir huella carbono 50%.

Acciones: (1) Certificaciones reconocimiento sectorial; (2) Pilotos servitización; (3) Centro de excelencia economía circular; (4) Optimización con IA.

Inversión: €1,300,000-1,500,000 | **Ahorro anual:** €2,200,000

7.4 Resumen Financiero

Tabla 3. Inversión y Retorno Proyectado

Fase	Inversión (€)	Ahorros Acumulados (€)	ROI Acumulado
1 (2025 - 2026)	850,000	600,000	0.7x



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



2 (2027 - 2028)	2,750,00 0	3,100,000	0.9x
3 (2029 - 2030)	1,400,00 0	7,500,000	1.5x
Total 2025- 2030	5,000,00 0	11,200,000	2.2x

Punto de equilibrio: Mes 32 (Q4 2027) | **TIR:** 28%

8. Conclusiones

8.1 Hallazgos Principales

- Viabilidad demostrada:** El análisis MCDA identificó remanufactura de motores (P=8.65), mantenimiento predictivo IoT (P=8.45) y servitización (P=8.20) como oportunidades prioritarias. Casos documentados confirman reducción de costos 30-40%, emisiones hasta 99% y creación de valor económico.
- Potencial extraordinario:** La industria europea de remanufactura podría crecer de €30,000M a €70,000-100,000M para 2030, generando 450,000-600,000 empleos.
- Convergencia tecnológica:** El 92% de oportunidades priorizadas dependen críticamente de tecnologías Industria 4.0 (IoT, IA, gemelos digitales, blockchain) que potencian modelos circulares exponencialmente.
- Escenario validado:** "Remanufactura Integrada" obtiene probabilidad más alta (40%) por balance óptimo beneficios-viabilidad. Alcanzar 50% de motores remanufacturados y reducir emisiones 85% es plausible para 2030.

- Hoja de ruta viable:** Inversión total €5M con retorno €11.2M (ROI 2.2x), punto equilibrio mes 32, TIR 28%. Viabilidad financiera ampliamente demostrada.

8.2 Contribución Metodológica

La contribución principal radica en la integración metodológica original de: (1) análisis morfológico de 16 variables críticas; (2) modelo MCDA cuantitativo para priorizar 12 oportunidades; (3) construcción de escenarios prospectivos con indicadores cuantificados; (4) hoja de ruta estratégica con análisis financiero detallado. Este marco sistemático supera limitaciones de estudios previos de síntesis descriptiva, proporcionando herramienta replicable para decisiones estratégicas reales.

8.3 Implicaciones Prácticas

Empresas usuarias: Iniciar evaluaciones de circularidad de activos es prioritario para identificar "quick wins". Inversión en mantenimiento predictivo IoT debe conceptualizarse como habilitador de estrategias circulares de mayor alcance.

Fabricantes OEM: La remanufactura no es amenaza a ventas, sino oportunidad de diferenciación y nuevos ingresos recurrentes. Diseño para circularidad debe incorporarse desde fases iniciales de desarrollo.

Formuladores política: Incentivos fiscales diferenciados (IVA reducido, depreciación acelerada) son catalizadores críticos. Desarrollo estándares internacionales armonizados (expansión ISO 20243) es urgente.

8.4 Limitaciones y Direcciones Futuras

El estudio se fundamenta en revisión sistemática de literatura. Las valoraciones MCDA representan análisis del autor basado en evidencia documental, idealmente validable mediante panel de expertos multidisciplinarios. Las proyecciones asumen continuidad razonable en tendencias identificadas. Investigación futura debe incorporar: (1)



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



validación mediante panel Delphi con 10-15 expertos; (2) estudios longitudinales de implementación en 10-15 empresas; (3) análisis sectorial diferenciado (minería, siderurgia, química); (4) evaluación impactos sociales de creación/transformación empleo; (5) modelos optimización dinámica integrando IA para decisiones de fin de vida.

Bibliografía

- [1] Ministerio del Medio Ambiente - Chile. (2025). Aparatos eléctricos y electrónicos - Economía Circular. <https://economycircular.mma.gob.cl/>
- [2] Ministerio del Medio Ambiente - Chile. (2025). Gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos en América Latina: Proyecciones 2026.
- [3] Evaluación de Impacto Ambiental. (2025). Economía Circular: concepto, principios, beneficios y ejemplos. <https://evaluaciondeimpactoambiental.com/>
- [4] BBVA. (2025). ¿Qué es la remanufactura y qué ventajas tiene? <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/>
- [5] ONU Medio Ambiente. (2018). Una economía circular podría reducir hasta 99% las emisiones y los desechos industriales. <https://www.unep.org/es/>
- [6] Aclima. (2024). Oportunidades de negocio derivadas de la Economía Circular: LA REMANUFACTURA. <https://aclima.eus/>
- [7] Ellen MacArthur Foundation. (2015). Towards a circular economy: Business rationale for an accelerated transition.
- [8] Motorlan. (2024). Procesos de remanufactura industrial especializada. <https://www.motorlan.es/>
- [9] López Llerena, J. (2025). Estudio de técnicas y tecnologías para implementar mantenimiento predictivo en sistemas eléctricos industriales. Polo del Conocimiento, 10(04). <https://doi.org/10.23857/pc.v10i04.9344>
- [10] EVSA Group. (2024). 5 tendencias para 2024 en mantenimiento de instalaciones. <https://evsagroup.com/>
- [11] Mapex. (2024). Mantenimiento predictivo en la era de la Industria 4.0: qué es, niveles de madurez y beneficios. <https://mapex.io/>
- [12] Edimar. (s.f.). Mantenimiento predictivo en la industria 4.0. <https://www.edimar.com/>
- [13] Godet, M. (2007). Prospectiva estratégica: problemas y métodos. Cuadernos de LIPSOR.
- [14] Ritchey, T. (2011). Wicked Problems – Social Messes: Decision support Modelling with Morphological Analysis. Springer-Verlag.
- [15] Motorlan. (2024). MOTORLAN, MÁS QUE UN CENTRO DE REPARACIONES DE MOTORES. <https://www.motorlan.es/>
- [16] Ibernova. (2025). Mantenimiento Predictivo en la Industria 4.0. <https://ibernova.com/blog/>
- [17] ANOVO. (2024). La economía circular en 2024: Estrategias y predicciones para empresas tecnológicas. <https://www.anovo.es/>
- [18] IHOBE. (s.f.). Remanufactura de productos y componentes industriales. <https://ecoinnovacion.ihobe.eus/>
- [19] OECD. (2023). Legal Aspects of Remanufacturing: International Perspectives. OECD Publishing.
- [20] Aclima. (2024). Percepción social de productos remanufacturados. <https://aclima.eus/>
- [21] EnerTIC. (2023). El mantenimiento predictivo será el gran aliado de la industria energética en 2024. <https://enertic.org/>
- [22] Accenture Strategy. (2023). The Circular Economy: From Ambition to Execution.
- [23] Gobierno de España - MITECO. (2024). II Plan de Acción de Economía Circular 2024-2026. <https://www.miteco.gob.es/>



XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS

22 AL 24 DE ABRIL DE 2026. Bogotá - Colombia



Asociación Colombiana
de Ingenieros

[24] EGADE Business School. (s.f.). Seis casos de éxito de economía circular en México y América Latina. <https://egade.tec.mx/>

fallas y fabricación de componentes, destacándose por su capacidad analítica, liderazgo y trabajo en equipo en entornos industriales.

Luis Ferney Ortiz Torres

Especialista en Gerencia de proyectos, Ingeniero Electricista y Tecnólogo en Electrónica, con más de un año de experiencia en la gestión integral de proyectos eléctricos, preparación y ejecución de licitaciones, así como la gestión comercial, desarrollo de ofertas técnicas y cotizaciones sobre servicios de ingeniería y sistemas de monitoreo basado en la condición de activos eléctricos en baja y media tensión.

Jorge Arturo Salazar Ortega

Ingeniero Mecánico, especialista en Gerencia de Mantenimiento y Confiabilidad, con experiencia en la implementación de estrategias de mantenimiento preventivo, predictivo y prescriptivo, orientadas a la mejora de la confiabilidad, disponibilidad y desempeño de activos críticos. Con manejo de herramientas de Mantenimiento Basado en Condición (CBM), análisis de causa raíz (RCA), evaluación de criticidad de activos e interpretación de indicadores de gestión.

Andrés Felipe Gómez Belalcázar

Ingeniero Mecánico, egresado de la Universidad Autónoma de Occidente, actualmente cursando la especialización en Inteligencia Artificial. Con un año de experiencia en confiabilidad industrial, aplicando técnicas de mantenimiento predictivo como análisis de vibraciones y termografía. Su formación se orienta al diseño mecánico, mantenimiento industrial e integración de inteligencia artificial aplicada a la ingeniería. Ha participado en proyectos de diseño 3D, análisis de