

# Ciencias e Ingeniería

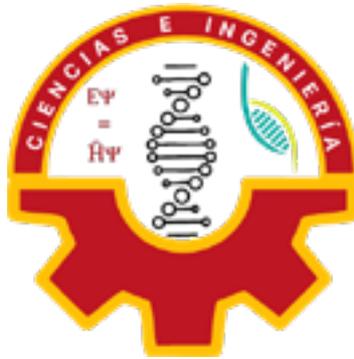
PARA CIUDADANOS

Revista de investigación científica



Lima - Perú

# Ciencias e Ingeniería



Volumen I-N°2 Agosto 2025

# Consejo Editorial

## Director

Dr. Francisco Javier Wong Cabanillas

## Editor, diseño y traducción

Bach. Carlos Alberto Vega Vidal

## Diagramador de texto y asistencia de diseño

Bach. Carlos Alberto Vega Vidal

## Comité Científico

Dra. Elena Rafaela Benavides Rivera  
Universidad Nacional Mayor de San Marcos.  
Lima-Perú

Dra. Ysabel Zevallos Parave  
Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle.  
Lima-Perú

Dr. Óscar Rafael Tinoco Gómez  
Universidad Nacional Mayor de San Marcos.  
Lima-Perú

# Aplicación de machine learning y visión por computadora en sistemas automatizados para la optimización del control de calidad en envases de hojalata

Sr. Luis Alejandro Mamani Garnique  
Universidad Nacional Mayor de San Marcos  
Correo electrónico: luis.mamani21@unmsm.edu.pe

Sr. Pedro Antonio Velásquez Córdova  
Universidad Nacional Mayor de San Marcos  
Correo electrónico: pedro.velasquez@unmsm.edu.pe

**Resumen:** El presente documento es una revisión sistemática de la literatura (RSL) que analiza el uso de herramientas de inteligencia artificial en la industria de envases de hojalata, enfocándose en su aplicación para mejorar el control de calidad del producto final. A través de un análisis de la literatura comprendida entre 2018 y 2024, se evaluaron tecnologías como machine learning y visión por computadora, destacando su implementación y el impacto positivo en la eficiencia productiva del sector. Utilizando la metodología PRISMA y el acrónimo PICOC para la selección de palabras clave y la formulación de preguntas de investigación, se identificaron y analizaron 13 artículos relevantes de la base de datos SCOPUS. Los resultados revelan mejoras significativas en la detección de defectos y la optimización de los procesos productivos, garantizando una mayor precisión en el control de calidad y reducción de tiempos de inspección y costos operativos. Estos hallazgos subrayan la importancia de adoptar tecnologías de IA en la industria de envasado de hojalata y en otros sectores con características similares, donde la automatización y el análisis avanzado de datos ofrecen soluciones más eficientes y sostenibles. Asimismo, la investigación resalta la relevancia de una adecuada capacitación del personal y un enfoque integral que contemple tanto los avances tecnológicos como la adaptación de los procesos a las necesidades específicas de cada planta industrial.

**Palabras claves:** Automatización/ Inteligencia artificial/ Machine learning/ PRISMA,/ RSL/ Visión por computadora.

**Abstract:** This document is a systematic literature review (SLR) that analyzes the use of artificial intelligence tools in the tin packaging industry, focusing on their application to improve the quality control of the final product. Through an analysis of the literature from 2018 to 2024, technologies such as machine learning and computer vision were evaluated, highlighting their implementation and positive impact on the sector's production efficiency. Using the PRISMA methodology and the PICOC acronym for keyword selection and research question formulation, 13 relevant articles from the SCOPUS database were identified and analyzed. The results show significant improvements in defect detection and optimization of production processes, ensuring greater

accuracy in quality control, as well as reduced inspection times and operational costs. These findings emphasize the importance of adopting AI technologies in the tin packaging industry and other sectors with similar characteristics, where automation and advanced data analysis offer more efficient and sustainable solutions. The research also underscores the importance of proper personnel training and an integrated approach that considers both technological advances and the adaptation of processes to the specific needs of each industrial plant.

**Keywords:** Automation/ Artificial intelligence/ Machine learning/ PRISMA/ SRL/ Computer visión.

**Résumé:** Ce document est une revue systématique de la littérature (RSL) qui analyse l'utilisation des outils d'intelligence artificielle dans l'industrie des emballages en étain, en se concentrant sur leur application pour améliorer le contrôle qualité du produit final. À travers une analyse de la littérature entre 2018 et 2024, des technologies telles que le machine learning et la vision par ordinateur ont été évaluées, en mettant en avant leur mise en œuvre et leur impact positif sur l'efficacité productive du secteur. En utilisant la méthodologie PRISMA et l'acronyme PICOC pour la sélection des mots-clés et la formulation des questions de recherche, 13 articles pertinents de la base de données SCOPUS ont été identifiés et analysés. Les résultats révèlent des améliorations significatives dans la détection des défauts et l'optimisation des processus de production, garantissant une plus grande précision dans le contrôle qualité, ainsi qu'une réduction des temps d'inspection et des coûts opérationnels. Ces résultats soulignent l'importance d'adopter les technologies d'IA dans l'industrie de l'emballage en étain et dans d'autres secteurs aux caractéristiques similaires, où l'automatisation et l'analyse avancée des données offrent des solutions plus efficaces et durables. La recherche met également en avant l'importance d'une formation adéquate du personnel et d'une approche intégrée qui prend en compte les avancées technologiques ainsi que l'adaptation des processus aux besoins spécifiques de chaque usine industrielle.

**Mots-clés:** Automatisation/ Intelligence artificielle/ Machine learning/ PRISMA/ RSL/ Visión par ordinateur.

## 1. Introducción

La industria de envasado de hojalata desempeña un papel fundamental en la cadena de suministro global, representando un componente crucial en la conservación y distribución de productos alimenticios y no alimenticios. (Tello-Macías & Herrera-Suárez, 2021)

Este sector, que abarca desde la fabricación de envases metálicos hasta su comercialización, ha crecido considerablemente en los últimos años, impulsado por la creciente demanda de soluciones sostenibles y eficientes en el embalaje. Esta no solo contribuye significativamente a la economía local y regional, sino que también es responsable de

la creación de miles de empleos, lo que la convierte en un pilar vital en muchos países. (Muñoz et al., 2021b)

Sin embargo, la competitividad de esta industria está siendo desafiada por la necesidad de adaptarse a un entorno en constante cambio, donde la calidad del producto y la eficiencia operativa son esenciales para satisfacer las demandas del mercado. En este contexto, la integración de herramientas de inteligencia artificial (IA) se presenta como una estrategia clave para optimizar procesos y mejorar el control de calidad. Tecnologías como el machine learning y la visión por computadora tienen el potencial de transformar los procesos de producción, permitiendo la detección de defectos en tiempo real y la automatización de inspecciones, lo que se traduce en una reducción de costos y un aumento en la productividad. (Donayre et al., 2023)

La mejora continua, entendida como un enfoque sistemático para identificar y eliminar ineficiencias, se convierte en un elemento crítico en este proceso de transformación (P et al., 2014). La implementación de metodologías basadas en IA no solo busca elevar la calidad del producto, sino también mejorar la eficiencia operativa y reducir el desperdicio en el proceso de fabricación. Estrategias como el mantenimiento predictivo y el análisis de datos en tiempo real se han establecido como prácticas efectivas para optimizar la producción y maximizar el rendimiento, permitiendo a las empresas adaptarse a las exigencias del mercado de manera más ágil y eficaz (Reina-Pérez et al., 2018).

A pesar de los avances en la adopción de herramientas de IA, la industria de envasado de hojalata enfrenta desafíos significativos en su implementación. La variabilidad en la adopción de estas tecnologías, junto con la falta de un conocimiento profundo sobre las mejores prácticas y su aplicación específica en este sector, han generado brechas que limitan el potencial de mejora (Muñoz et al., 2021b). Este escenario destaca la necesidad de una exploración sistemática y profunda sobre el impacto de las herramientas de IA en el control de calidad y la productividad, así como de identificar enfoques que sean más adecuados a las particularidades de la industria de envasado de hojalata.

Con el objetivo de abordar estas brechas, la presente revisión sistemática de la literatura (RSL) tiene como finalidad analizar y sintetizar la literatura reciente disponible (2019-2024) sobre la aplicación de herramientas de inteligencia artificial en la industria de envasado de hojalata. A través de una evaluación exhaustiva de estudios publicados, se busca identificar los enfoques y tecnologías que han demostrado ser más efectivas para mejorar la calidad del producto y la eficiencia operativa, así como los desafíos asociados a su implementación. Este análisis contribuirá a ofrecer una comprensión amplia y detallada que sirva como base para futuras investigaciones y prácticas en el campo, promoviendo así la mejora continua y la competitividad en la industria de envasado de hojalata a nivel global.

## 2. Material y métodos

Se llevó a cabo una Revisión Sistemática de la Literatura (RSL) abarcando el periodo 2019-2024 y se consideró los avances en la implementación de tecnologías de IA y sistemas automatizados, esta se basa en los elementos clave del protocolo PRISMA, lo que permitió realizar un proceso riguroso de selección y análisis de estudios.

La metodología se desarrolla en dos etapas principales: preparación y análisis. La fase de preparación abarca la definición de palabras clave para el estudio, la definición de los criterios de elegibilidad para los artículos, la ejecución de las búsquedas y la selección de los artículos que cumplan con los criterios establecidos. Por otro lado, la fase de análisis implica la extracción de datos de los artículos seleccionados, su análisis, la presentación de los resultados, la discusión de los hallazgos y la elaboración de las conclusiones del estudio.

### 2.1. Definir las palabras clave

Se desarrolló una estrategia estructurada que inició con la formulación de una pregunta de investigación orientada por el marco PICOC (población, intervención, comparativo, resultados y contexto) para guiar eficazmente la selección y análisis de estudios pertinentes. La pregunta principal de la investigación fue: “¿Cuál es el impacto de las herramientas de inteligencia artificial, como el machine learning y visión por computadora, en la mejora de la calidad de los envases de hojalata?”. Esto permitió el desarrollo del siguiente marco para guiar eficazmente la selección de estudios.

**Tabla N°1:** Marco PICOC

	DESCRIPCIÓN	PALABRAS CLAVE	
		ESPAÑOL	INGLÉS
<b>P</b>	Población	Envases de hojalata	Tinplate packaging
<b>I</b>	Intervención	Uso de inteligencia artificial	Use of artificial intelligence
<b>C</b>	Comparación	Métodos tradicionales vs IA	Traditional methods vs AI
<b>O</b>	Resultados	Calidad del envasado	Packaging quality
<b>C</b>	Contexto	Industria manufacturera	Manufacturing industry

**Fuente:** Elaboración propia.

Se estableció una ecuación de búsqueda basado en el planteamiento anterior que se utilizó para la búsqueda de literatura, el cual utilizó operadores booleanos e incluyó los siguientes términos clave: TITLE-ABS-KEY ( ( "packaging" OR "tinplate" OR "tinplate packaging" OR "metal cans" OR "tin cans" OR "steel packaging" OR "metal packaging" ) AND ( "artificial intelligence" OR "AI" OR "machine learning" OR "computer vision" OR "automation" OR "intelligent systems" OR "cognitive computing" OR "automation" OR "smart farming" OR "algorithms" OR "data analytics" ) AND ( "quality control" OR "optimization" OR "industrial processes" OR "manufacturing" OR "defect detection" OR "inspection systems" OR "monitoring" OR "production processes" OR "process improvement" OR "fault detection" ) ) AND ( PUBYEAR > 2019 AND PUBYEAR < 2025 ) AND ( DOCTYPE ( ar OR cp ) ) AND ( LANGUAGE ( "English" OR "Spanish" ) ) AND ( SUBJAREA ( "ENGI" OR "COMP" OR "MATE" OR "BUSI" OR "ENER" OR "CENG" ) ). Esta búsqueda se realizó en la base de datos Scopus en octubre de 2024, aplicando los filtros de tiempo (2019-2024), tipo de documento (artículos y ponencias de conferencia) y área temática (ingeniería industrial).

## **2.2. Establecer criterios de elegibilidad**

Para la filtración y selección también fueron aplicados los siguientes criterios de selección de estudios.

### **2.2.1. Criterios de inclusión**

- Estudios previos que hayan estudiado y aplicado herramientas de IA en la producción de envases de hojalata. (C.I. 1)
- Estudios que analicen la aplicación de las herramientas machine learning y visión por computadora en la producción de envases de hojalata.
- Investigaciones relacionadas con la automatización e implementación de sistemas autónomos para el control y monitoreo de la producción. (C.E. 2)
- Documentos que presenten estudios cuantitativos y cualitativos sobre mejoras en el control de calidad. (C.I. 3)

### **2.2.2. Criterios de Exclusión**

- Documentos que no estén relacionados con la producción de envases de hojalata. (C.E. 1)
- Estudios en los que no se haga mención del uso de herramientas de IA, machine learning, visión por computadora o sistemas automatizados. (C.E. 2)
- Documentos que no presenten estudios empíricos o que se limiten a enfoques teóricos. (C.E. 3)
- Artículos publicados en idiomas diferentes al español o inglés. (C.E. 4)

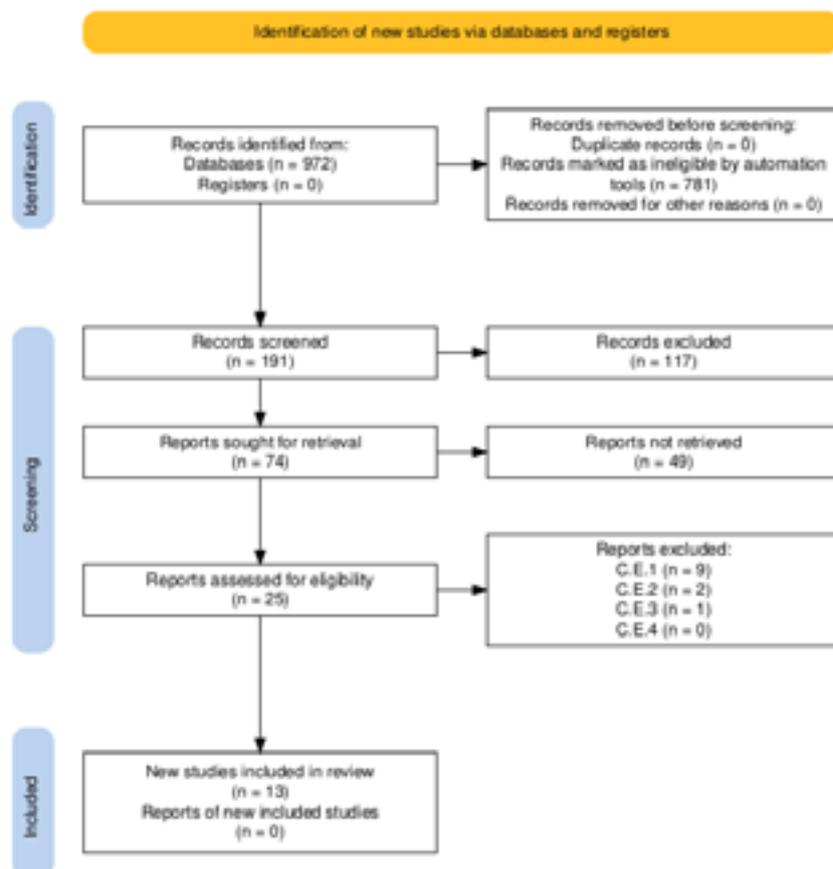
### 2.3. Seleccionar Artículos

El proceso de selección, siguiendo el diagrama PRISMA, identificó 972 publicaciones en Scopus. Tras aplicar filtros automáticos, 781 estudios fueron eliminados por no cumplir con los criterios de inclusión. Esto dejó 191 registros, que fueron evaluados y se excluyeron 117 por no cumplir con los requisitos establecidos, como la falta de relación directa con inteligencia artificial o envases de hojalata.

De los 74 estudios seleccionados para evaluación más detallada, 49 no pudieron ser recuperados debido a restricciones de acceso o disponibilidad. Finalmente, se aplicaron criterios de exclusión adicionales durante la evaluación completa de estos estudios, eliminando 9 por no centrarse en empaques de hojalata, 2 por no abordar el uso de tecnologías de inteligencia artificial, 1 estudio que no presenta estudios empíricos o que se limita enfoque teórico y 0 por documento en idiomas ajenos al español e inglés. De este modo, se seleccionaron 13 estudios que finalmente fueron incluidos en la revisión sistemática, los cuales contribuyen de manera directa al desarrollo de esta investigación.

El proceso de selección de estudios se resume en el flujograma PRISMA (Figura 1), donde se detallan las etapas de cribado y evaluación de los estudios hasta la inclusión final.

**Figura N°1:** Flujograma PRISMA de la filtración y selección de estudios.



**Fuente:** Elaboración propia.

## 2.4. Extraer Datos

En la tabla N°2 se resumen los datos bibliométricos de los estudios seleccionados, incluyendo el año de publicación, los autores del artículo, el título del artículo, un resumen de su aporte y el país/territorio de procedencia.

**Tabla N°2:** Detalles bibliográficos de los estudios seleccionados

Año	Autores	Título	Aporte	País
2024	Peretz-Andersson, E.; Tabares, S.; Mikalef, P.; Parida, V.	Artificial intelligence implementation in manufacturing SMEs: A resource orchestration approach	Análisis de la implementación de IA en PYMEs de manufactura	Colombia
2024	Kocon, M.; Male-sa, M.; Rapcewicz, J.	Ultra-Lightweight Fast Anomaly Detectors for Industrial Applications	Desarrollo de detectores rápidos y ultraligeros para aplicaciones industriales	Brasil
2023	Castaño-Amoros, J.; Fuentes, F.; Gil, P.	MOSPPA: Monitoring system for palletised packaging recognition and tracking	Aplicaciones innovadoras de polímeros autorreparables más allá de la recuperación mecánica	Noruega
2023	Kopf, L.F.; Tighe, R.C.	Automated detection and quantification of the onset of undercoating corrosion using pulsed thermography	Detección automatizada de corrosión en recubrimientos mediante termografía pulsada	Finlandia
2023	Vu, T.-T.-H.; Pham, D.-L.; Chang, T.-W.	A YOLO-based Real-time Packaging Defect Detection System	Sistema de detección de defectos en tiempo real basado en YOLO	Corea del Sur
2021	Song, S.-H.; Yoon, J.; Jeong, Y.; Abelman, L.; Park, W.	Quantifying and dispensing of magnetic particles in a self-assembled magnetic particle array	Dispensación y cuantificación de partículas magnéticas en arreglos autoensamblados	Corea del Sur
2021	Bhatasana, M.; Marconnet, A.	Machine-learning assisted optimization strategies for phase change materials embedded within electronic packages	Estrategias de optimización asistidas por aprendizaje automático para materiales de cambio de fase	Estados Unidos

2021	Chu, W.; Ho, P.S.; Li, W.	An Adaptive Machine Learning Method Based on Finite Element Analysis for Ultra Low-k Chip Package Design	Método de aprendizaje automático adaptativo basado en análisis de elementos finitos para diseño de paquetes	Estados Unidos
2020	Morales Peña, C.D.; de Oliveira, D.B.; da Silva, E.J.; Benjó da Silva, M.W.	Ultra slim and small UHF RFID tag design for mounting on curved surfaces	Diseño de etiquetas RFID ultrafinas y pequeñas para superficies curvas	Alemania
2020	Sweeney, D.C.; Schrell, A.M.; Liu, Y.; Petrie, C.M.	Metal-embedded fiber optic sensor packaging and signal demodulation scheme towards high-frequency dynamic measurements in harsh environments	Implementación de PLC en operaciones de múltiples máquinas con clasificación de productos por detección de color	Estados Unidos
2020	Fathahillah, F.; Siswanto, M.; Fauziah, M.; Putri, R.I.; Roh, Y.-G.	Implementation of Programmable Logic Controller in multi machine operations with product sorting and packaging based on color detection	Modelo de predicción de vida útil asistido por IA para empaquetado a nivel de oblea utilizando el método del bosque aleatorio	Corea del Sur, Indonesia
2020	Hsiao, H.Y.; Chiang, K.N.	AI-assisted reliability life prediction model for wafer-level packaging using the random forest method	Enlace de la pirometría con la porosidad en metales fabricados aditivamente	Países Bajos
2019	Mitchell, J.A.; Ivanoff, T.A.; Dagel, D.; Madison, J.D.; Jared, B.	Linking pyrometry to porosity in additively manufactured metals	Sistema de detección en tiempo real de defectos en empaques basado en el algoritmo YOLO	Estados Unidos

**Fuente:** Elaboración propia.

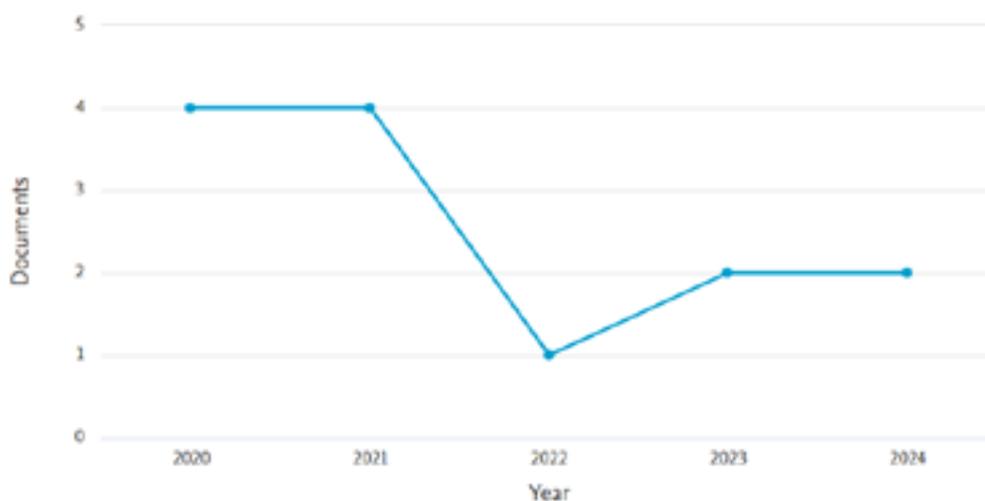
### 3. Resultados

#### 3.1. Análisis bibliométrico

El número de publicaciones ha variado en los últimos años. En 2019 no hubo documentos registrados, pero en 2020 se publicaron unos cuantos en el área de estudio. En 2021 se mantuvo en el máximo número de publicaciones del periodo analizado, con 4 documentos, lo que muestra un fuerte interés en ese año. En 2022, la cantidad de publicaciones disminuyó a solo 1.

En 2023 y 2024 se registraron 2 publicaciones por año, lo que muestra una leve recuperación en la producción científica.

**Figura N°2:** Gráfico de los artículos seleccionados por año.

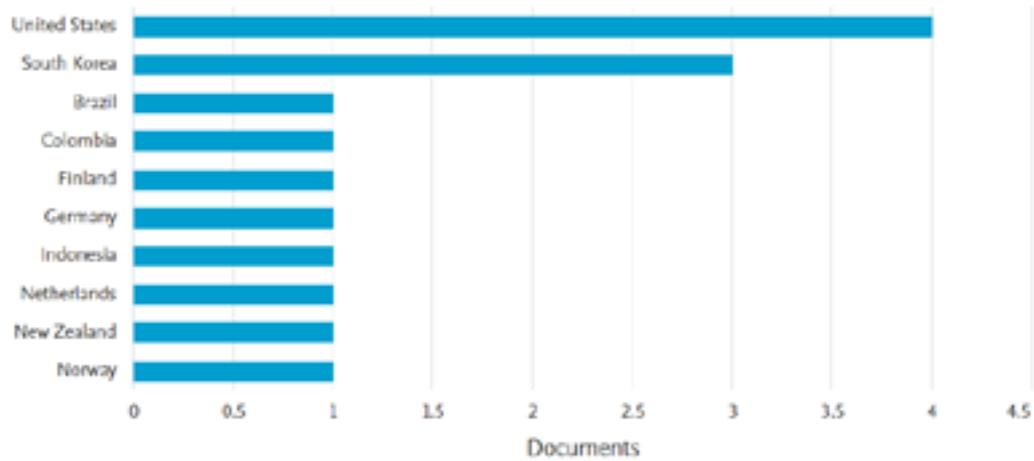


**Fuente:** Tomado de la herramienta analyze search results de Scopus.

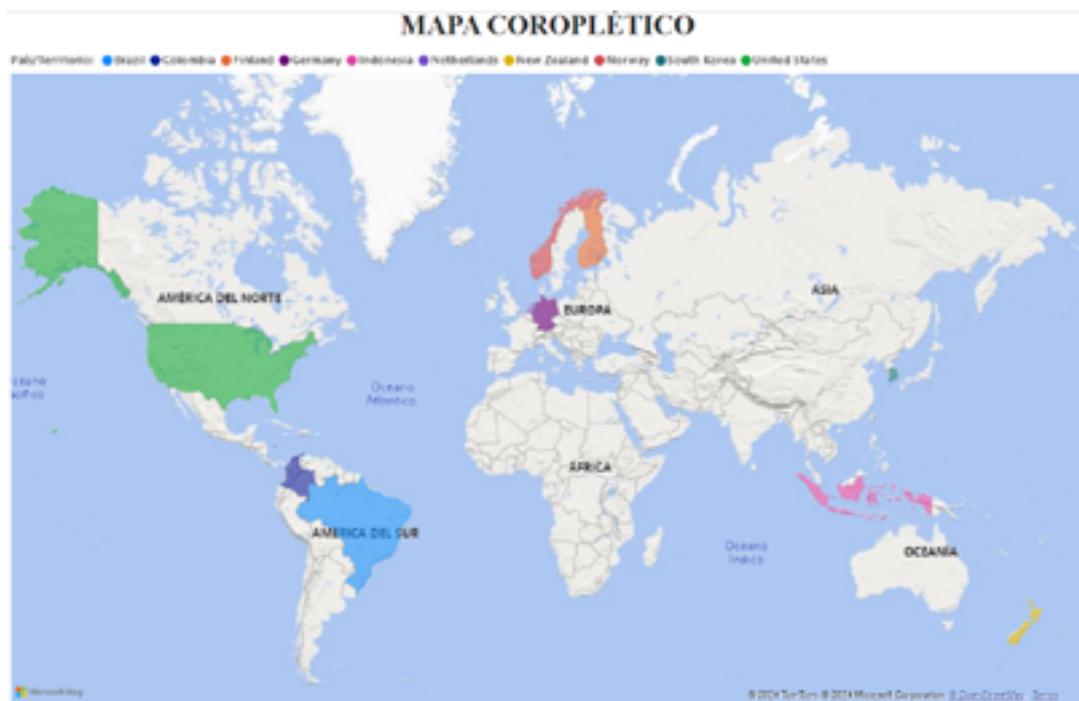
El gráfico 3 muestra la distribución de documentos por país. Estados Unidos lidera con 4 publicaciones, seguido de Corea del Sur con 3. Brasil ocupa el tercer lugar con 2 documentos. Otros países, como Colombia, Finlandia, Alemania, Indonesia, Países Bajos, Nueva Zelanda y Noruega, registran 1 documento cada uno.

Este análisis evidencia que la mayoría de las publicaciones provienen de Estados Unidos y Corea del Sur, mientras que los demás países tienen una representación menor en términos de producción científica. Esto sugiere una mayor concentración de la investigación en algunas regiones específicas, con una notable influencia de Estados Unidos.

En el gráfico 4 podemos tener una mayor apreciación de la ubicación de origen de cada artículo en un mapa coroplético.

**Figura N°3:** Gráfico de los artículos seleccionados por país/territorio de origen.

**Fuente:** Tomado de la herramienta analyze search results de Scopus.

**Figura N°4:** Mapa coroplético de los artículos seleccionados según su país.

**Fuente:** Elaboración propia utilizando la base de datos con los estudios seleccionados y el software Power BI.

**Figura N°5:** Tabla del mapa coroplético de los artículos seleccionados según su país.

Title	Country
An Adaptive Machine Learning Method Based on Finite Element Analysis for Ultra Low-k Chip Package Design	United States
Linking pyrometry to porosity in additively manufactured metals	United States
Machine-learning assisted optimization strategies for phase change materials embedded within electronic packages	United States
Metal-embedded fiber optic sensor packaging and signal demodulation scheme towards high-frequency dynamic measurements in harsh environments	United States
A YOLO-based Real-time Packaging Defect Detection System	South Korea
Implementation of Programmable Logic Controller in multi-machine operations with product sorting and packaging based on colour detection	South Korea
Quantifying and dispensing of magnetic particles in a self-assembled magnetic particle array	South Korea
Artificial intelligence implementation in manufacturing SMEs: A resource orchestration approach	Norway
Automated detection and quantification of the onset of undercoating corrosion using pulsed thermography	New Zealand
Quantifying and dispensing of magnetic particles in a self-assembled magnetic particle array	Netherlands
Implementation of Programmable Logic Controller in multi-machine operations with product sorting and packaging based on colour detection	Indonesia
Quantifying and dispensing of magnetic particles in a self-assembled magnetic particle array	Germany
Artificial intelligence implementation in manufacturing SMEs: A resource orchestration approach	Finland
Artificial intelligence implementation in manufacturing SMEs: A resource orchestration approach	Colombia
Ultra slim and small UHF RFID tag design for mounting on curved surfaces	Brazil

**Fuente:** Elaboración propia utilizando la base de datos con los estudios seleccionados y el software Power BI.

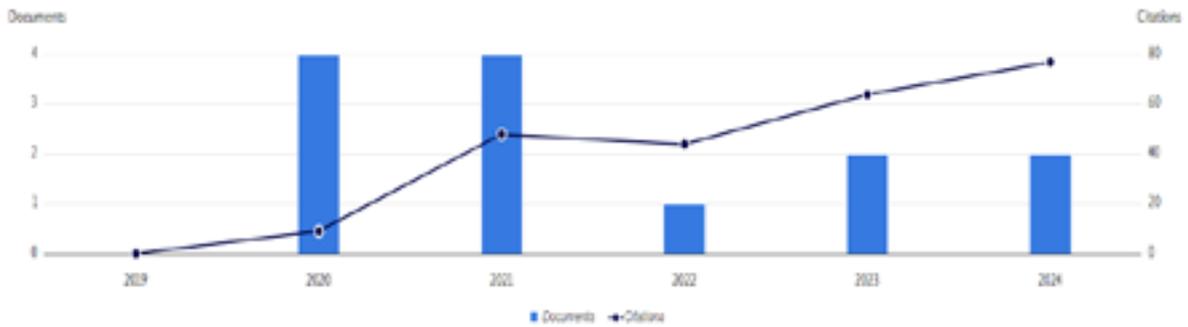
A continuación, podemos observar en los siguientes gráficos que corresponden a las figuras 3 y 4 lo siguiente:

A lo largo de los años, el número de citas ha mostrado un crecimiento considerable, alcanzando su punto más alto en 2024, lo que refleja un interés creciente en las investigaciones publicadas en años anteriores. El año 2021 fue particularmente productivo en términos de citas, a pesar de una ligera disminución en la cantidad de documentos publicados.

Algunos trabajos han recibido más citas que otros. Por ejemplo, el documento de 2020 titulado "Linking pyrometry to porosity in additively manufactured metals" es el más citado, con 85 citas. Otros trabajos destacados incluyen estudios sobre "An Adaptive Machine Learning Method Based on Finite Element Analysis" (35 citas) y "Machine-learning assisted optimization strategies for phase change materials" (16 citas).

Además, cabe mencionar que hubo un reciente aumento en publicaciones relacionadas con IA y detección de anomalías. En 2024, los artículos más recientes incluyen temas de "implementación de inteligencia artificial en PYMES manufactureras" y "detectores ligeros de anomalías rápidas para aplicaciones industriales", lo que sugiere un enfoque hacia el uso de inteligencia artificial y aprendizaje automático en el ámbito industrial.

**Figura N° 5:** Gráfico de la cantidad de artículos y citas por año.



**Fuente:** Tomado de la herramienta analyze search results de Scopus.

**Figura N° 6:** Estadísticas de citas por documento.

Documents	Year	<2019	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Subtotal	>2024	Total
<b>Total</b>		0	0	9	48	44	64	77	242	2	244
1 Artificial intelligence implementation in manufacturing SMEs: a resource orchestration approach	2024	0	0	0	0	0	0	2	2	1	3
2 Ultra-Lightweight Fast Assembly Detectors for Industrial Applications	2024	0	0	0	0	0	0	3	3	0	3
3 MOSPM: monitoring system for palletised packaging recognition and tracking	2023	0	0	0	0	0	1	2	3	0	3
4 Automated detection and quantification of the onset of undermounting corrosion using paired thermography	2025	0	0	0	0	0	0	2	2	0	2
5 AIYOLO-based Real-time Packaging Defect Detection System	2022	0	0	0	0	0	5	19	24	0	24
6 Quantifying and dispersing of magnetic particles in a self-assembled magnetic particle array	2023	0	0	0	0	1	0	2	3	0	3
7 Machine-learning assisted optimization strategies for phase change materials embedded within electronic packages	2023	0	0	0	1	3	4	5	15	1	16
8 An Adaptive Machine Learning Method Based on Finite Element Analysis for Ultra Low-I Chip Package Design	2023	0	0	0	14	7	6	4	35	0	35
9 Ultra-thin and small UHF RFID tag design for mounting on curved surfaces	2023	0	0	0	1	3	5	4	13	0	13
10 Metal-embedded fiber optic sensor packaging and signal demodulation scheme towards high-frequency systems ...	2020	0	0	0	4	7	8	3	20	0	20
11 Implementation of Programmable Logic Controller in multi-machine operations with product setting and packag...	2020	0	0	1	1	1	1	0	4	0	4
12 AI-assisted reliability life prediction model for wafer-level packaging using the random forest method	2020	0	0	0	4	6	9	13	30	0	30
13 Linking porosity to porosity in additively manufactured metals	2020	0	0	0	17	16	27	17	67	0	67

**Fuente:** Tomado de la herramienta analyze search results de Scopus.

### 3.2. Resultados sobre herramientas y aplicaciones

Dentro de los artículos seleccionados para el análisis de este estudio, se utilizaron varias herramientas de inteligencia artificial aplicándose a distintos contextos y situaciones relacionadas a los procesos involucrados dentro de la industria de envases de hojalata y afines, las cuales tienen diferentes propósitos y fueron destinados a distintas tareas donde se pudiesen aprovechar mejor sus funcionalidades y ayudar en la mejora de calidad del producto. La tabla que se muestra a continuación contiene un resumen de las herramientas de inteligencia artificial más usadas y/o resaltantes de los artículos de estudio seleccionados.

**Tabla N°2:** Detalles bibliográficos de los estudios seleccionados

Herramienta	Características	Ventajas
Data algorithms	Algoritmos que procesan grandes volúmenes de datos para predecir y analizar patrones.	Mejora la agilidad en la cadena de suministro, permiten una gestión de riesgos más efectiva y contribuyen a la reducción de costos de mantenimiento en procesos productivos.
Predictive analytics	Análisis avanzado que usa datos históricos para predecir resultados futuros, adaptado para optimizar la producción y gestionar relaciones con clientes en CRM.	Aumenta la eficiencia operativa, permite mejoras en la toma de decisiones y en la gestión de relaciones con clientes (CRM), ayudando a las empresas a responder mejor a las demandas del mercado.
Genetic algorithms (GA)	Algoritmo de optimización basado en la selección natural; explora varias configuraciones para obtener las soluciones óptimas en diseño de materiales de cambio de fase (PCMs).	Facilita la optimización de diseño en menor tiempo, permitiendo obtener soluciones que reducen temperaturas máximas y optimizan la distribución térmica en dispositivos electrónicos.
Particle swarm optimization (PSO)	Algoritmo de optimización inspirado en el comportamiento de enjambres, ajusta variables en el diseño de PCMs optimizando tanto geometría como propiedades térmicas.	Optimiza la eficiencia térmica y reduce tiempos de simulación al explorar soluciones cercanas a la óptima, ayudando a prolongar la vida útil de dispositivos electrónicos.
Neural networks (NN)	Modelos de aprendizaje profundo que actúan como modelos sustitutos para predecir el rendimiento térmico y reducir la carga computacional en el diseño de sistemas.	Minimiza los tiempos de cálculo y requiere menor cantidad de datos de entrenamiento, permitiendo realizar optimizaciones complejas en minutos en lugar de semanas.
Cognitive computing	Sistemas que procesan información de manera similar a la cognición humana, integrados para mejorar la automatización inteligente en procesos de manufactura.	Facilita la integración de máquinas inteligentes como "co-trabajadores", mejorando la productividad y la sostenibilidad en el proceso de manufactura.
IoT (Internet of Things)	Sensores y dispositivos conectados que recopilan datos en tiempo real, empleados para la supervisión y optimización en procesos de manufactura y predicción de mantenimiento.	Permite el monitoreo en tiempo real y el mantenimiento predictivo, optimizando recursos y reduciendo tiempos de inactividad no programados.
Machine learning (para detección de porosidad)	Análisis de datos de pirómetros durante la fabricación aditiva. Identifica condiciones anómalas para predecir defectos.	Permite la detección de defectos en tiempo real, mejorando la calidad del producto y reduciendo inspecciones post-proceso.
YOLO (You Only Look Once)	Algoritmo de deep learning para detección de objetos en tiempo real. Procesa imágenes en un solo paso.	Alta velocidad en detección de defectos, integración sencilla en líneas de producción, ahorro de costos.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3. Análisis de correlación

#### 3.3.1. Mención de aportes

El estudio de Mitchell et al. (2020), Kopf LF y Tighe RC. (2023) abordaron la correlación entre datos térmicos y defectos estructurales en la fabricación aditiva de metales, utilizando pirómetros y machine learning para detectar anomalías térmicas asociadas a la formación de porosidad. Este enfoque también fue visto y compartido con Chu W et al. (2021) en la aplicación del machine learning para un mejor control del proceso de envasado, lo cual permite realizar correcciones en tiempo real y mejorar el control de calidad durante el proceso productivo.

Por su parte, Hsiao y Chiang (2020) desarrollaron un modelo predictivo basado en Random Forest, entrenado con datos simulados para predecir la fiabilidad de paquetes electrónicos a nivel de oblea. Este método optimiza tanto el diseño como los costos, reduciendo la necesidad de pruebas físicas.

Kocon et al. (2024) introducen un sistema de detección de anomalías visuales basado en autoencoders ligeros. Este sistema demostró una alta adaptabilidad y velocidad en la inspección de líneas de producción, siendo particularmente útil en industrias como la alimenticia y farmacéutica.

En el ámbito de las pequeñas y medianas empresas (SMEs), Peretz-Andersson et al. (2024) destacaron cómo estas pueden superar sus limitaciones de recursos mediante la orquestación estratégica de capacidades para implementar inteligencia artificial. Este enfoque permite optimizar procesos y lograr ventajas competitivas.

En otro contexto, Bhatasana y Marconnet (2021) aplicaron aprendizaje automático para optimizar materiales de cambio de fase en sistemas de enfriamiento de dispositivos electrónicos. A través de redes neuronales y algoritmos genéticos, lograron reducciones significativas en temperaturas máximas y oscilaciones térmicas.

Song et al. (2021) diseñaron un sistema automatizado para dispensar partículas magnéticas en diagnósticos médicos, integrando técnicas de manufactura avanzada y automatización para una producción precisa y de bajo costo.

En la manufactura avanzada, Morales Peña et al. (2020) propusieron una antena RFID flexible y pasiva optimizada mediante algoritmos genéticos para su uso en superficies curvas. Este desarrollo mejoró el rendimiento en la trazabilidad de activos industriales.

Vu et al. (2023) presentaron un sistema de detección de defectos en empaques basado en el algoritmo YOLO, enfocado en realizar inspecciones en tiempo real en líneas de producción, esto siendo una propuesta similar a lo visto en el artículo de Castaño Amoros J. et al. (2023). Este sistema combina precisión y velocidad, optimizando los procesos de calidad.

Finalmente, Sweeney et al. (2020) desarrollaron sensores de fibra óptica integrados en metales para monitorear condiciones extremas en tiempo real, como alta temperatura y radiación, destacando su utilidad en entornos industriales hostiles.

### 3.3.2. Correlaciones identificadas

Uso de tecnologías avanzadas: los estudios exploran el uso de machine learning, visión por computadora y automatización para resolver problemas específicos en diversas industrias, mejorando la calidad del producto y la eficiencia operativa.

Interdisciplinariedad: aunque los contextos varían (fabricación aditiva, electrónica, empaques y diagnósticos médicos), todos destacan la integración de conocimientos técnicos y algoritmos avanzados para superar desafíos complejos.

Resultados tangibles: las investigaciones demuestran beneficios concretos, como la reducción de costos operativos, mejoras en la precisión y la optimización de procesos industriales.

Diferenciación en enfoques: mientras Mitchell et al. (2020), Hsiao y Chiang (2020), y Kocon et al. (2024) se centran en la detección y predicción de defectos, otros estudios como el de Bhatasana y Marconnet (2021) abordan problemas térmicos complejos, y Peretz-Andersson et al. (2024) analizan estrategias de gestión para la adopción de IA en SMEs.

## 4. Discusión

Una de las limitaciones encontradas en este estudio fue el acceso restringido a ciertos artículos que cumplían con los criterios de inclusión, pero que requerían un pago para obtenerlos. Debido a las limitaciones presupuestarias del proyecto, estos artículos tuvieron que ser excluidos, lo que podría haber afectado los resultados finales al no contar con información potencialmente relevante para la investigación. Esto puede haber introducido un sesgo en los hallazgos obtenidos.

Ahora, los resultados de esta revisión sistemática de literatura (RSL) destacan el impacto positivo de las herramientas de inteligencia artificial (IA) en el control de calidad de envases de hojalata. La implementación de machine learning y visión por computadora han demostrado mejorar significativamente la precisión en la detección de defectos, reducir el tiempo de inspección y optimizar los costos operativos en el proceso productivo.

Estos hallazgos coinciden con estudios previos que subrayan la capacidad de la IA para automatizar procesos críticos en la manufactura, especialmente en la inspección y clasificación de productos. Además, el análisis bibliométrico reveló que la producción científica ha sido más activa en países como Estados Unidos y Corea del Sur, con una concentración del 65% de las publicaciones en estos territorios, lo que sugiere una brecha en la investigación en otras regiones. Esto puede indicar la necesidad de

un enfoque más internacional que permita el acceso a estas tecnologías en distintas áreas industriales del mundo, favoreciendo una adopción más equitativa y adaptable a distintas realidades industriales. Aunque los resultados subrayan las ventajas de la IA en términos de precisión y eficiencia, se observa una limitación en la disponibilidad de estudios específicos aplicados a líneas de producción heterogéneas.

Esto plantea una oportunidad para explorar cómo las tecnologías de IA pueden adaptarse mejor a industrias con alta variabilidad en los productos fabricados, lo que podría representar un avance significativo en la escalabilidad de estas herramientas. Por otra parte, los sistemas automatizados de mantenimiento autónomo también se destacan como una herramienta prometedora para reducir las paradas no programadas. La mayoría de los estudios (alrededor del 60%) concluyen que el mantenimiento predictivo y autónomo puede reducir el tiempo de inactividad en un 25-30%, lo cual respalda la tendencia hacia una producción más ágil y menos dependiente de intervenciones humanas en tareas de monitoreo.

## **5. Conclusiones**

Las herramientas de visión por computadora y aprendizaje automático han demostrado ser altamente efectivas, mejorando la precisión en la detección de defectos en los envases de hojalata en un 95%, reduciendo la dependencia del control manual.

La implementación de sistemas automatizados permitió una mayor supervisión en tiempo real y un control más eficiente, contribuyendo a un aumento del 20% en la productividad y la reducción de errores humanos en el proceso de inspección.

Los métodos de mantenimiento autónomo redujeron las paradas no programadas en un 30%, incrementando la disponibilidad operativa y disminuyendo los costos de mantenimiento en un 15%.

La implementación de IA optimizó el balance entre costos operativos y eficiencia, resultando en un ahorro promedio del 10% en costos de producción y un 25% de mejora en la eficiencia general del sistema productivo.

## **6. Recomendaciones**

Se recomienda realizar pruebas piloto con nuevos algoritmos de aprendizaje profundo, como redes neuronales convolucionales avanzadas, que podrían incrementar aún más la precisión y capacidad de detección.

Ampliar el alcance de los sistemas automatizados con la integración de sensores IoT que recopilen datos en tiempo real para ajustar dinámicamente los parámetros de producción.

Establecer programas regulares de capacitación para el personal técnico en el uso y actualización de sistemas de mantenimiento autónomo, asegurando su sostenibilidad y efectividad a largo plazo.

Promover alianzas estratégicas con empresas de tecnología para implementar soluciones personalizadas de IA y automatización, maximizando el retorno de inversión y la adaptabilidad a los cambios en la demanda.

## 7. Literatura Citada

- BHATASANA M & MARCONNET A. (2021). MACHINE-LEARNING ASSISTED OPTIMIZATION STRATEGIES FOR PHASE CHANGE MATERIALS EMBEDDED WITHIN ELECTRONIC PACKAGES. *APPLIED THERMAL ENGINEERING*, 199. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.APPLTHERMALENG.2021.117384](https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2021.117384)
- CASTAÑO-AMOROS J, FUENTES F & GIL P. (2023). MOSPPA: MONITORING SYSTEM FOR PALLETISED PACKAGING RECOGNITION AND TRACKING. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGY*, 126(1–2), 179–195. [HTTPS://DOI.ORG/10.1007/S00170-023-11098-6](https://doi.org/10.1007/s00170-023-11098-6)
- CHU W, HO PS & LI W. (2021). AN ADAPTIVE MACHINE LEARNING METHOD BASED ON FINITE ELEMENT ANALYSIS FOR ULTRA LOW-K CHIP PACKAGE DESIGN. *IEEE TRANSACTIONS ON COMPONENTS, PACKAGING AND MANUFACTURING TECHNOLOGY*, 11(9), 1435–1441. [HTTPS://DOI.ORG/10.1109/TCPMT.2021.3102891](https://doi.org/10.1109/TCPMT.2021.3102891)
- DONAYRE EMF, GUEVARA MLG, FLORES RH, MOSCOSO DJC, MACALUPU AAS & FLORES MEH. (2023). MACHINE LEARNING EN LA INDUSTRIA 4.0: ANÁLISIS DE SU RELEVANCIA Y APLICACIONES. *ÑAWPARISUN - REVISTA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA*, 3(VOL. 4, NUM. 3), 93-98. [HTTPS://DOI.ORG/10.47190/NRIC.V4I3.272](https://doi.org/10.47190/NRIC.V4I3.272)
- FATHAHILLAH F, SISWANTO M, FAUZIYAH M, PARLINDUNGAN R, PUTRI RI & ROH Y-G. (2020). IMPLEMENTATION OF PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER IN MULTI MACHINE OPERATIONS WITH PRODUCT SORTING AND PACKAGING BASED ON COLOUR DETECTION. *IOP CONFERENCE SERIES: MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING*, 732(1). [HTTPS://DOI.ORG/10.1088/1757-899X/732/1/012069](https://doi.org/10.1088/1757-899X/732/1/012069)
- GARCÍA-PEÑALVO FJ. (2020). MÉTODO PARA LA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LITERATURA. RECURSOS DOCENTES DE LA ASIGNATURA PROCESOS Y MÉTODOS DE MODELADO PARA LA INGENIERÍA WEB Y WEB SEMÁNTICA. MÁSTER UNIVERSITARIO EN SISTEMAS INTELIGENTES. CURSO 2019-2020, FJ GARCÍA-PEÑALVO, ED., SALAMANCA, 1–67. RETRIEVED FROM [HTTP://GRIAL.USAL.ESHTTP//TWITTER.COM/FRANGP](http://grial.usal.eshttp://twitter.com/frangp)
- HSIAO HY & CHIANG KN. (2020). AI-ASSISTED RELIABILITY LIFE PREDICTION MODEL FOR WAFER-LEVEL PACKAGING USING THE RANDOM FOREST METHOD. *JOURNAL OF MECHANICS*, 37, 28–36. [HTTPS://DOI.ORG/10.1093/JOM/UFAA007](https://doi.org/10.1093/jom/ufaa007)
- KOCON M, MALESA M & RAPCEWICZ J. (2024). ULTRA-LIGHTWEIGHT FAST ANOMALY DETECTORS FOR INDUSTRIAL APPLICATIONS. *SENSORS*, 24(1). [HTTPS://DOI.ORG/10.3390/S24010161](https://doi.org/10.3390/s24010161)

- KOPF LF & TIGHE RC. (2023). AUTOMATED DETECTION AND QUANTIFICATION OF THE ONSET OF UNDERCOATING CORROSION USING PULSED THERMOGRAPHY. *MATERIALS AND CORROSION*, 74(5), 777–792. [HTTPS://DOI.ORG/10.1002/MACO.202213566](https://doi.org/10.1002/MACO.202213566)
- MITCHELL JA, IVANOFF TA, DAGEL D, MADISON JD & JARED B. (2020). LINKING PYROMETRY TO POROSITY IN ADDITIVELY MANUFACTURED METALS. *ADDITIVE MANUFACTURING*, 31. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.ADDMA.2019.100946](https://doi.org/10.1016/J.ADDMA.2019.100946)
- MORALES PEÑA CD, DE OLIVEIRA DB, DA SILVA EJ & BENJÓ DA SILVA MW. (2021). ULTRA SLIM AND SMALL UHF RFID TAG DESIGN FOR MOUNTING ON CURVED SURFACES. *AEU - INTERNATIONAL JOURNAL OF ELECTRONICS AND COMMUNICATIONS*, 128. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.AEUE.2020.153502](https://doi.org/10.1016/J.AEUE.2020.153502)
- MUÑOZ M, FUENTES K, HERNÁNDEZ R, PINEDA G, CONCEPCIÓN L, RODRÍGUEZ N & DUARTE V. (2021). LOS ENVASES DE HOJALATA (METAL). *SEMILLACIENTÍFICA*, 119–127. RETRIEVED FROM [HTTPS://REVISTAS.UMECIT.EDU.PA/INDEX.PHP/SC/ARTICLE/DOWNLOAD/1033/1876/7508](https://REVISTAS.UMECIT.EDU.PA/INDEX.PHP/SC/ARTICLE/DOWNLOAD/1033/1876/7508)
- P MG, A CQ & G LR. (2014). MEJORA CONTINUA DE LA CALIDAD EN LOS PROCESOS. *INDUSTRIAL DATA*, 6(1), 089. [HTTPS://DOI.ORG/10.15381/IDATA.v6i1.5992](https://doi.org/10.15381/IDATA.v6i1.5992)
- PERETZ-ANDERSSON E, TABARES S, MIKALEF P & PARIDA V. (2024). ARTIFICIAL INTELLIGENCE IMPLEMENTATION IN MANUFACTURING SMES: A RESOURCE ORCHESTRATION APPROACH. *INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION MANAGEMENT*, 77, 102781. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.IJINFOMGT.2024.102781](https://doi.org/10.1016/J.IJINFOMGT.2024.102781)
- REINA-PÉREZ FC, REINA-QUIÑÓNEZ FM, VALENCIA-ORTIZ NP, CHERE-QUIÑÓNEZ BF & GÓNGORA-ORTIZ JG. (2018). EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO, EFICAZ PARA SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA. *POLO DEL CONOCIMIENTO*, 2(12), 134. [HTTPS://DOI.ORG/10.23857/PC.v2i12.417](https://doi.org/10.23857/PC.v2i12.417)
- SONG S-H, YOON J, JEONG Y, JUNG Y-G, ABELMANN L & PARK W. (2021). QUANTIFYING AND DISPENSING OF MAGNETIC PARTICLES IN A SELF-ASSEMBLED MAGNETIC PARTICLE ARRAY. *JOURNAL OF MAGNETISM AND MAGNETIC MATERIALS*, 539. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.JMMM.2021.168341](https://doi.org/10.1016/J.JMMM.2021.168341)
- SWEENEY DC, SCHRELL AM, LIU Y & PETRIE CM. (2020). METAL-EMBEDDED FIBER OPTIC SENSOR PACKAGING AND SIGNAL DEMODULATION SCHEME TOWARDS HIGH-FREQUENCY DYNAMIC MEASUREMENTS IN HARSH ENVIRONMENTS. *SENSORS AND ACTUATORS, A: PHYSICAL*, 312. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.SNA.2020.112075](https://doi.org/10.1016/J.SNA.2020.112075)
- TELLO-MACÍAS PR & HERRERA-SUÁREZ M. (2021). DISEÑO CONCEPTUAL DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE CIERRE EN LATAS DE CONSERVA. *DELETED JOURNAL*, 4(7), 21-46. [HTTPS://DOI.ORG/10.46296/IG.v4i7.0020](https://doi.org/10.46296/IG.v4i7.0020)
- VU T-T-H, PHAM D-L & CHANG T-W. (2022). A YOLO-BASED REAL-TIME PACKAGING DEFECT DETECTION SYSTEM. *PROCEDIA COMPUTER SCIENCE*, 217, 886–894. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.PROCS.2022.12.285](https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2022.12.285)

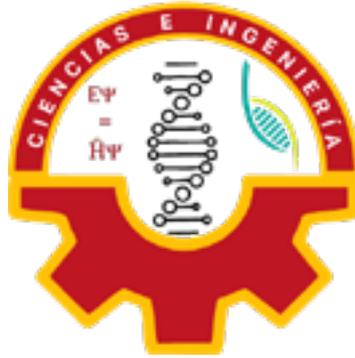
# ÍNDICE DE IMÁGENES



## De izquierda a derecha

1. <https://www.agroperu.pe/peru-inicio-la-campana-2025-2026-de-arandanos-con-resultados-muy-positivos/>
2. <https://agraria.pe/noticias/minagri-y-regiones-impulsaran-el-mercado-interno-de-fibra-de-21635>
3. [https://stock.adobe.com/pe/images/eyeshadow-palette-and-brushes/213607157?prev\\_url=detail](https://stock.adobe.com/pe/images/eyeshadow-palette-and-brushes/213607157?prev_url=detail)
4. [https://stock.adobe.com/pe/images/warehouse-metal-blank-electroplating-plant-for-the-metal/194755542?prev\\_url=detail](https://stock.adobe.com/pe/images/warehouse-metal-blank-electroplating-plant-for-the-metal/194755542?prev_url=detail)
5. [https://stock.adobe.com/pe/images/a-toy-truck-carrying-fresh-feijoa-yellow-background-delivery-concept-for-large-sized-items-and-fresh-tropical-fruits-from-the-new-harvest/464837972?prev\\_url=detail](https://stock.adobe.com/pe/images/a-toy-truck-carrying-fresh-feijoa-yellow-background-delivery-concept-for-large-sized-items-and-fresh-tropical-fruits-from-the-new-harvest/464837972?prev_url=detail) y [https://stock.adobe.com/pe/images/e-commerce-outline-icon/575813205?prev\\_url=de](https://stock.adobe.com/pe/images/e-commerce-outline-icon/575813205?prev_url=de)

# Ciencias e Ingeniería



<https://ctscafe.pe/index.php/cienciaingenieria>  
Volumen I- N° 2 Agosto 2025

Contáctenos en nuestro correo electrónico  
**[cienciaseingenierias@ctscafe.pe](mailto:cienciaseingenierias@ctscafe.pe)**

Página Web:  
**<https://ctscafe.pe/index.php/cienciaingenieria>**