

ISSN: 2810 - 8914 (EN LÍNEA)

Vol 02, No. 01 ENERO - JULIO 2023

GESTIÓN DE OPERACIONES INDUSTRIALES

REVISTA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CON ENFOQUE EN LA INDUSTRIA 4.0

UNIVERSIDAD NACIONAL
DE TRUJILLO

FACULTAD DE
INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL

GESTIÓN DE OPERACIONES INDUSTRIALES

Revista de Ingeniería Industrial con enfoque en la Industria 4.0

Vol. 02, N° 01, Enero - Julio 2023

Editado en julio 2023

ISSN: 2810 - 8914 (En línea)

URL: <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/RINGIND>

Email: goi4.0@unitru.edu.pe

© Universidad Nacional de Trujillo

Facultad de Ingeniería, Trujillo

Escuela Profesional de Ingeniería Industrial

Av. Juan Pablo II S/N – Ciudad Universitaria, Trujillo, La Libertad, Perú.

EDITORES:

Dr. Luis Alberto Benites Gutiérrez 

Universidad Nacional de Trujillo

Av. Juan Pablo II, km 4.6 - 13011

Trujillo (Perú)

Correo-e: lbenites@unitru.edu.pe

Dr. Joe Alexis González Vásquez 

Universidad Nacional de Trujillo

Av. Juan Pablo II, km 4.6 - 13011

Trujillo (Perú)

Correo-e: jgonzalezv@unitru.edu.pe

COMITÉ EDITORIAL:

Dr. Claudio Ruff, Universidad Bernardo O'Higgins, Santiago (Chile) 

Dra. Purificación Galindo Villardón, Universidad de Salamanca, Salamanca (España) 

Dr. Rafael Espinosa Mosqueda, Universidad de Guanajuato, Guanajuato (México) 

Dr. Marcelo Ruiz Toledo, Universidad Bernardo O'Higgins, Santiago (Chile) 

Dr. Orivel Jackson Buchelli Perales, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo (Perú) 

Dr. Segundo Seijas Velásquez, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo (Perú) 

Dr. Alexis Matheu Pérez, Universidad Bernardo O'Higgins, Santiago (Chile) 

Dr. Iván Martín Olivares Espino, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo (Perú) 

Dr. Joel David Vargas Sagastegui, Universidad San Martín de Porres, Lima (Perú) 

Dr. Alex Ruiz Torres, Universidad de Puerto Rico, San Juan (Puerto Rico) 

Dr. Segundo Castro Gonzáles, Universidad de Puerto Rico, San Juan (Puerto Rico) 

Dr. Edgar D. Ramos, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima (Perú) 

Dr. Jorge Luis Rojas Arce, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México 
(México)

CRÉDITOS

REVISTA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CON
ENFOQUE EN LA INDUSTRIA 4.0

GESTIÓN EN OPERACIONES INDUSTRIALES

VOL. 02, N° 01

2023

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE
TRUJILLO**

RECTOR

Dr. Carlos Alberto Vásquez Boyer

VICERRECTOR ACADÉMICO

Dr. Juan Amaro Villacorta Vásquez

VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN

Dr. Guillermo Arturo García Pérez

DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Dr. Miguel Armando Benites Gutiérrez

DIRECTOR DE LA INVESTIGACIÓN Y ÉTICA

Dr. Juan Carlos Rodríguez Soto

**DIRECTOR DE DEPARTAMENTO DE
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Dr. Hermes Natividad Sifuentes Inostroza

**DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL**

Dr. Orivel Jackson Buchelli Perales

PRÓLOGO

La Industria 4.0 representa una revolución en la forma en que las empresas operan y gestionan sus procesos de producción, integrando tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial, el Internet de las cosas (IoT), la robótica, la analítica de datos y la impresión 3D en los procesos industriales.

Esta edición, se ha enfocado en la importancia de la Industria 4.0 en la cadena de suministro y como está generando cambios significativos en la estrategia de operaciones, manifestándose en varios aspectos clave como: eficiencia operativa, visibilidad en el tiempo real, gestión de inventarios y demanda, personalización y flexibilidad, colaboración y comunicación, reducción de costos, innovación y desarrollo de productos, gestión de riesgo.

Asimismo, esta evolución en la cadena de suministro permite una mayor automatización, eficiencia y agilidad, lo que a su vez conduce a una mayor competitividad en el mercado global. Por la tanto, las empresas que adopten estas tecnologías pueden optimizar sus operaciones y mantenerse a la vanguardia en un entorno empresarial en constante evolución y cambio.

El aporte de esta tercera entrega, es el resultado de un análisis exhaustivo y metodológicamente riguroso de una parte de la literatura científica existente sobre las tecnologías de la Industria 4.0 en la cadena de suministro, a través de la recopilación, evaluación y síntesis de estudios relevantes y disponibles, sobre la temática.

Las revisiones sistemáticas presentadas en esta edición, son valiosas porque ayudan a resumir y evaluar de manera crítica el estado actual de las tecnologías más usadas hoy en día en la cadena de suministro bajo el enfoque de la Industria 4.0, brindando una base sólida para la toma de decisiones informadas, la identificación de lagunas en la investigación y la generación de nuevas ideas y enfoques.

Este tercer número de la revista *Gestión de Operaciones Industriales*, constituye la consolidación del grupo de investigación "Investigadores de cadenas de suministros 4.0" – INCADSU 4.0 debidamente oficializado mediante RESOLUCION VICERRECTORAL DE INVESTIGACION N° 061-2023-VIN-UNT.

**TECNOLOGÍAS DEL
INTERNET DE LAS COSAS
APLICADAS EN LA
CADENA DE SUMINISTRO.
UNA REVISIÓN
SISTEMÁTICA**

PGS. 08 - 26

Autores

Maricielo Estefany Caciano Arroyo
Míriam Maryori Horna Maguiña
Melvín Kevin Lopez Asto
Luz María Solano Quíncho
Antony Fernando Vasquez Cabrera
Joe Alexis González Vásquez

**REALIDAD VIRTUAL COMO
HERRAMIENTA DE
CAPACITACIÓN Y GESTIÓN
DE RIESGOS EN LA
CADENA DE SUMINISTRO:
UNA REVISIÓN
SISTEMÁTICA**

PGS. 27 - 45

Autores

Johann Castillo Oliva
David Elías Esparza Sánchez
Bruno Hiroshi Espinosa Luna
Bruno Adrián Montañez Díaz
Piero Lenin Varas Zurita

**METODOLOGÍAS DE IA
APLICADAS EN LA
CADENA DE SUMINISTRO:
UNA REVISIÓN
SISTEMÁTICA**

PGS. 46 - 61

Autores

Julio Enrique Marreros Urquiza
Elvis Steve Ortiz Centurion
Diego Manuel Acosta Aguilar
Fernando Marcelo Infante Villalobos
Raphael Andre Prieto Pastor

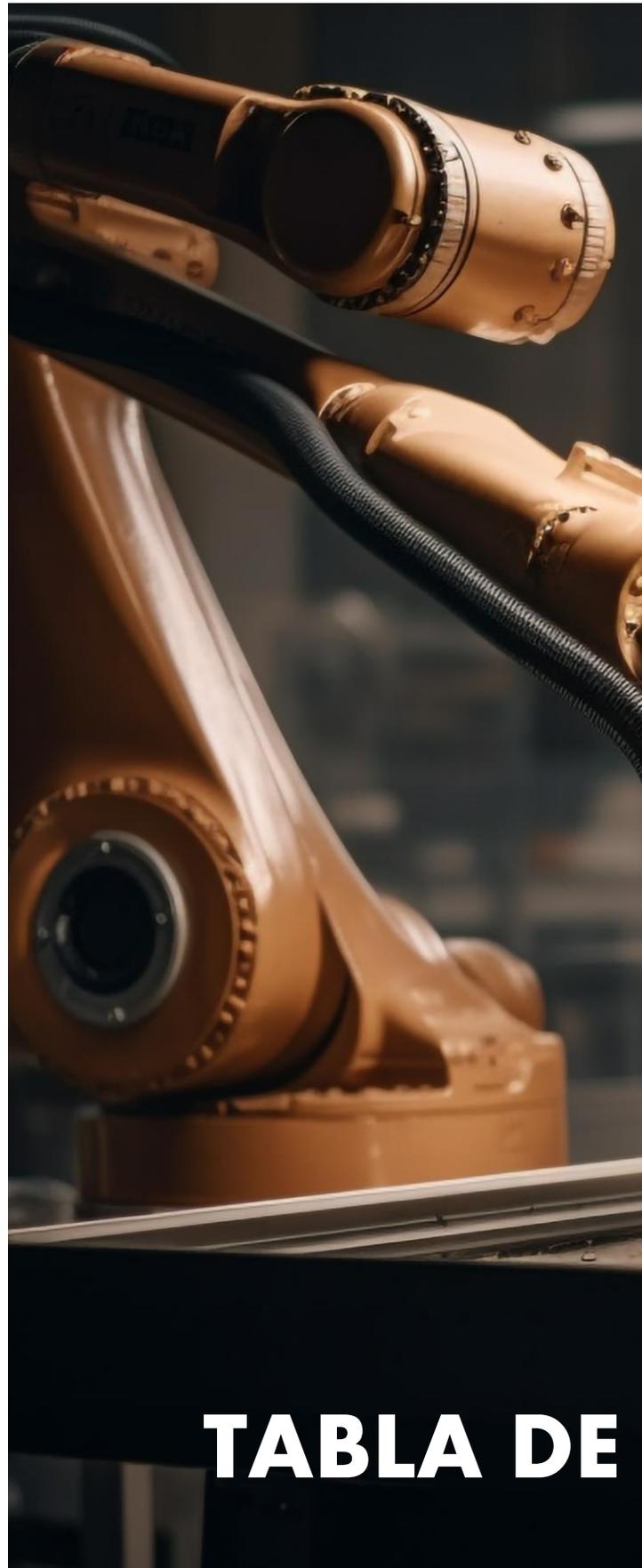
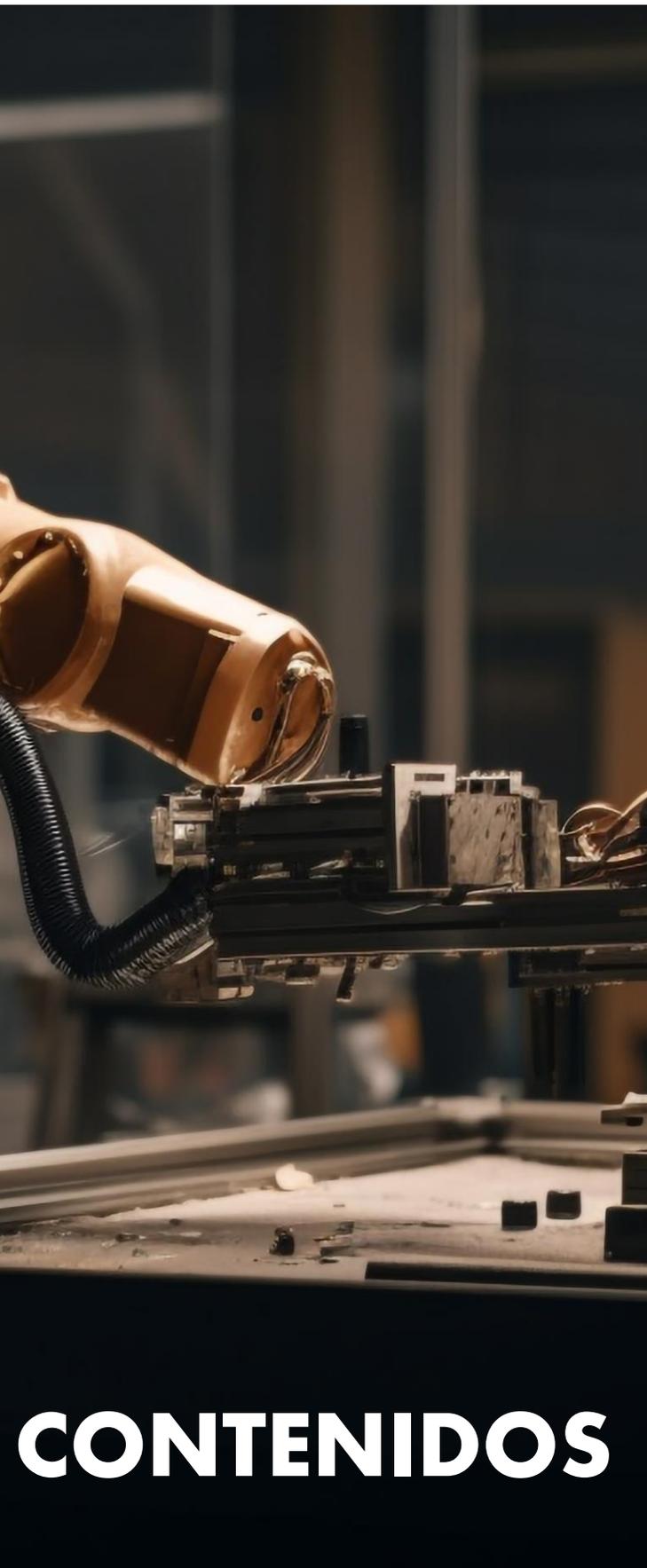


TABLA DE



CONTENIDOS

APLICACIONES DEL CLOUD COMPUTING PARA MEJORAR LA CADENA DE SUMINISTRO: UNA REVISIÓN DE LITERATURA

PGS. 62 - 79

Autores

Marvin Alberto Chávez Ferrel
Josue Eduardo David Chávez Flores
Joan Antony Rodríguez Asto
Segundo Manuel Samana Rodríguez
Jair Joel Vásquez Cerna

IMPACTO DE LAS MÁQUINAS AUTÓNOMAS EN LA CADENA DE SUMINISTRO: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA POR SECTORES Y TIPOS

PGS. 80 - 99

Autores

Verónica María López Zavaleta
Jambri Efraín Salinas Santiago
Willy Francisco García Gutierrez
Abraham Benjamín Ordoñez Reyes
García Charcape Angeloo Paul

INTERNET OF THINGS TECHNOLOGIES APPLIED IN THE SUPPLY CHAIN. A SYSTEMATIC REVIEW

PGS. 08 - 26

Authors

Maricielo Estefany Caciano Arroyo
Miriam Maryori Horna Maguiña
Melvin Kevin Lopez Asto
Luz Maria Solano Quincho
Antony Fernando Vasquez Cabrera
Joe Alexis González Vásquez

VIRTUAL REALITY AS A TRAINING AND RISK MANAGEMENT TOOL IN THE SUPPLY CHAIN: A SYSTEMATIC REVIEW

PGS. 27 - 45

Authors

Johann Castillo Oliva
David Elías Esparza Sánchez
Bruno Hiroshi Espinosa Luna
Bruno Adrián Montañez Díaz
Piero Lenin Varas Zurita

AI METHODOLOGIES APPLIED TO THE SUPPLY CHAIN: A SYSTEMATIC REVIEW

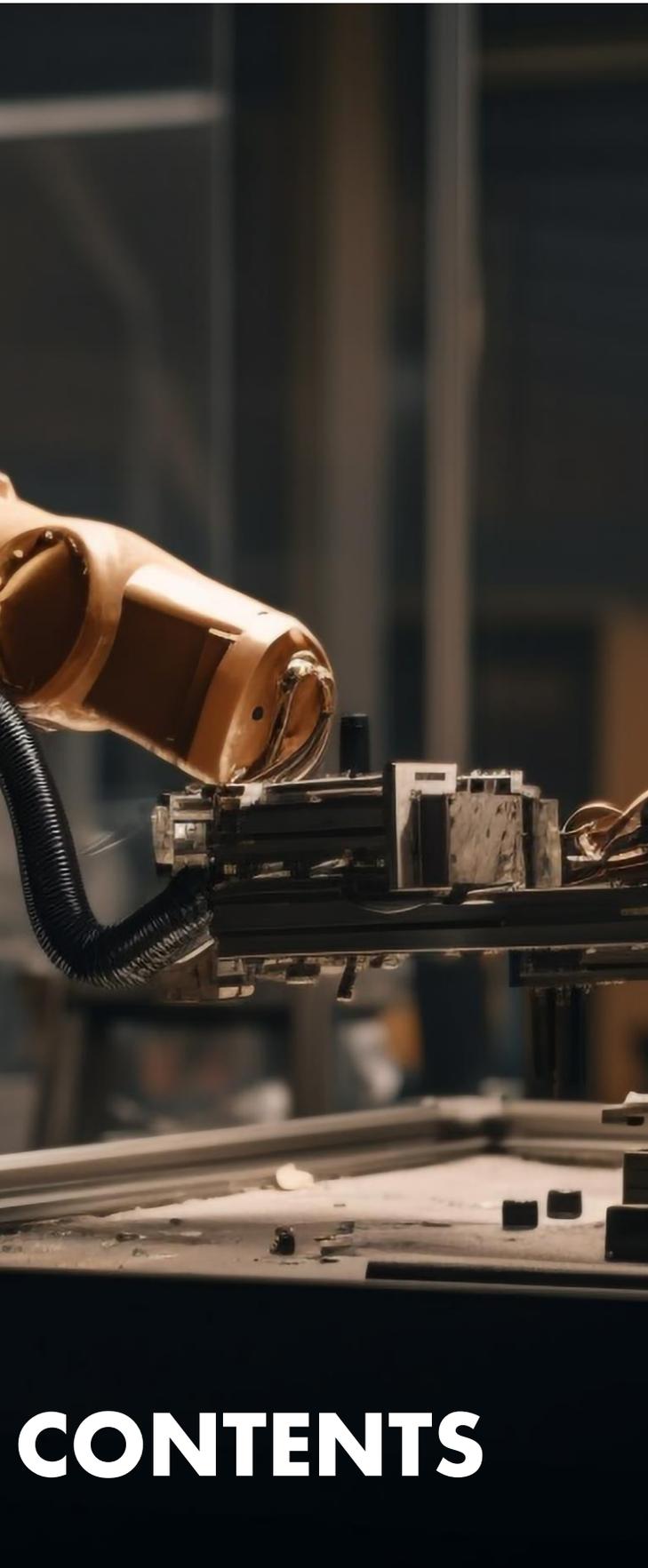
PGS. 46 - 61

Authors

Julio Enrique Marreros Urquiza
Elvis Steve Ortiz Centurion
Diego Manuel Acosta Aguilar
Fernando Marcelo Infante Villalobos
Raphael Andre Prieto Pastor



TABLE OF



CONTENTS

APPLICATIONS OF CLOUD COMPUTING TO IMPROVE THE SUPPLY CHAIN: A LITERATURE REVIEW

PGS. 62 - 79

Authors

Marvin Alberto Chávez Ferrel
Josue Eduardo David Chávez Flores
Joan Antony Rodríguez Asto
Segundo Manuel Samana Rodríguez
Jair Joel Vásquez Cerna

IMPACT OF AUTONOMOUS MACHINES IN THE SUPPLY CHAIN: A SYSTEMATIC REVIEW BY SECTORS AND TYPES

PGS. 80 - 99

Authors

Verónica María López Zavaleta
Jambri Efraín Salinas Santiago
Willy Francisco García Gutierrez
Abraham Benjamín Ordoñez Reyes
García Charcape Angeloo Paul

GESTIÓN DE OPERACIONES INDUSTRIALES



Esta obra está publicada bajo una [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
TRUJILLO

FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRUJILLO, PERÚ
Julio, 2023

INTERNET OF THINGS TECHNOLOGIES APPLIED IN THE SUPPLY CHAIN. A SYSTEMATIC REVIEW

Maricielo Estefany Caciano Arroyo¹; Miriam Maryori Horna Maguiña¹; Melvin Kevin Lopez Asto¹; Luz Maria Solano Quincho¹; Antony Fernando Vasquez Cabrera¹, Joe Alexis Gonzalez Vasquez^{1*}

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Trujillo. Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú

*Autor correspondiente: jgonzalezv@unitru.edu.pe

ABSTRACT

This current research article investigates the effect of technologies implemented on the Internet of Things (IoT) supply chain. It examines the technologies used, such as smart sensors, RFID tags and tracking devices, which improve the efficiency and optimization of logistics processes. These technologies provide visibility and traceability facilitating the ability to make immediate decisions. In addition, the types of IoT technologies used in the supply chain, such as product monitoring, temperature control and inventory management, are analyzed. Also, the programming languages used to develop applications that integrate IoT devices with supply chain management through systems are investigated. In conclusion, this study provides a global perspective of these technologies applied in the supply chain, highlighting their impact on improving efficiency, decision making and traceability in logistics processes.

Keywords: Intelligent systems; automation; logistics

TECNOLOGÍAS DEL INTERNET DE LAS COSAS APLICADAS EN LA CADENA DE SUMINISTRO. UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

RESUMEN

Este artículo de investigación actual investiga el efecto de las tecnologías implementadas en la cadena de suministro del Internet de las Cosas (IoT). Se examinan las tecnologías utilizadas, como sensores inteligentes, etiquetas RFID y dispositivos de seguimiento, que mejoran la eficiencia y optimización de los procesos logísticos. Estas tecnologías brindan visibilidad y trazabilidad facilitando la capacidad de tomar decisiones de manera inmediata. Además, se analizan los tipos de tecnologías de (IoT) empleadas en la cadena de abastecimiento, como la monitorización de productos, el control de temperatura y la gestión de inventario. Asimismo, se investigan los lenguajes de programación utilizados para desarrollar aplicaciones que integren los dispositivos IoT con la administración de la cadena de abastecimiento mediante sistemas. En conclusión, este estudio proporciona una perspectiva global de estas tecnologías aplicadas en la cadena de suministro, destacando su impacto que tiene en la mejora de la eficiencia, toma de decisiones y trazabilidad en los procesos logísticos.

Palabras clave: Sistemas Inteligentes; automatización; logística.

1. Introducción

La cadena de abastecimiento cubre todas las acciones involucradas durante el procedimiento de transformar recursos básicos en mercancías finalizadas. La circulación de productos, información y servicios es vital en cualquier industria, ya que garantiza la entrega eficiente y oportuna de recursos a los clientes. Contribuye al nivel de competitividad y el logro de objetivos por parte de las organizaciones. En los últimos tiempos, el Internet de las Cosas ha transformado la manera en que se administran y operan las cadenas de suministro. [29]

Internet de las Cosas es un sistema en el que personas y objetos se conectan y comparten información para llevar a cabo acciones. Estos dispositivos están equipados con la capacidad de comunicarse entre sí y con los sistemas de información, lo que permite un mayor nivel de automatización, visibilidad y control dentro de la cadena de abastecimiento. [12]

Además, la IoT mejora el rastreo y la claridad en la cadena de abastecimiento, especialmente en sectores como la alimentación y la farmacéutica. Permite garantizar la calidad y el cumplimiento de los estándares al monitorear constantemente los productos en toda la cadena, asegurando su origen y condiciones de transporte y almacenamiento, garantizando así la seguridad de los productos.

En resumen, la IoT está revolucionando la cadena de abastecimiento al facilitar la comunicación y colaboración entre los distintos actores involucrados. La información en tiempo real compartida a través de la IoT permite una mejor coordinación de actividades, una respuesta más rápida a cambios y contingencias, y una toma de decisiones más ágil. Estas tecnologías están generando nuevas oportunidades para mejorar la eficiencia, aumentar la visibilidad y fomentar la colaboración en todas las fases de la cadena de abastecimiento. Además, permiten a las organizaciones impulsar la innovación y adaptarse a un entorno empresarial dinámico y competitivo.

2. Materiales y métodos

2.1 Tipo de estudio:

La presente investigación fue realizada mediante una revisión sistemática utilizando la metodología PRISMA con el propósito de analizar los estudios científicos publicados en revistas especializadas disponibles sobre el tema seleccionado.

2.2 Fundamentación de la metodología:

La metodología PRISMA se utilizó debido a su enfoque riguroso y transparente para realizar revisiones sistemáticas. Proporciona una estructura clara y metodológica que garantiza la inclusión de estudios relevantes y reduce el riesgo de sesgos.

2.3 Estrategia de búsqueda:

Se ejecutó una exhaustiva búsqueda en varias bases de datos académicas para identificar estudios relevantes publicados durante el período de estudio comprendido entre 2019 y 2023. Las bases de datos utilizadas fueron Google Académico, Semantic Scholar, Redalyc, Scopus y Scielo.

2.4 Criterios de inclusión y exclusión:

Durante el procedimiento de elección de los estudios, se establecieron criterios relevantes para la inclusión y exclusión. Los criterios de inclusión incluyeron: idioma en español e inglés, estudios publicados entre 2019 y 2023; y, por último, estudios encontrados en las bases de datos recopiladas. En la exclusión los criterios comprendieron: estudios no relacionados con el tema de investigación, duplicados y estudios publicados antes de 2019 o después de 2023.

2.5 Análisis bibliométrico

Se realizó un análisis biométrico utilizando el software VOSviewer para identificar las palabras clave relevantes en la revisión sistemática. Se llevó a cabo una exploración exhaustiva en la plataforma de almacenamiento de información SCOPUS, utilizando funciones avanzadas de búsqueda y se extrajeron los artículos más relevantes para nuestra investigación, como se observa en la Figura 1. La búsqueda se basó en los términos clave "supply chain", "IoT" (Internet of Things) y se limitó a las áreas de "COMP" (Informática), "ENGI" (Ingeniería). Además, se incluyeron documentos en inglés y español.

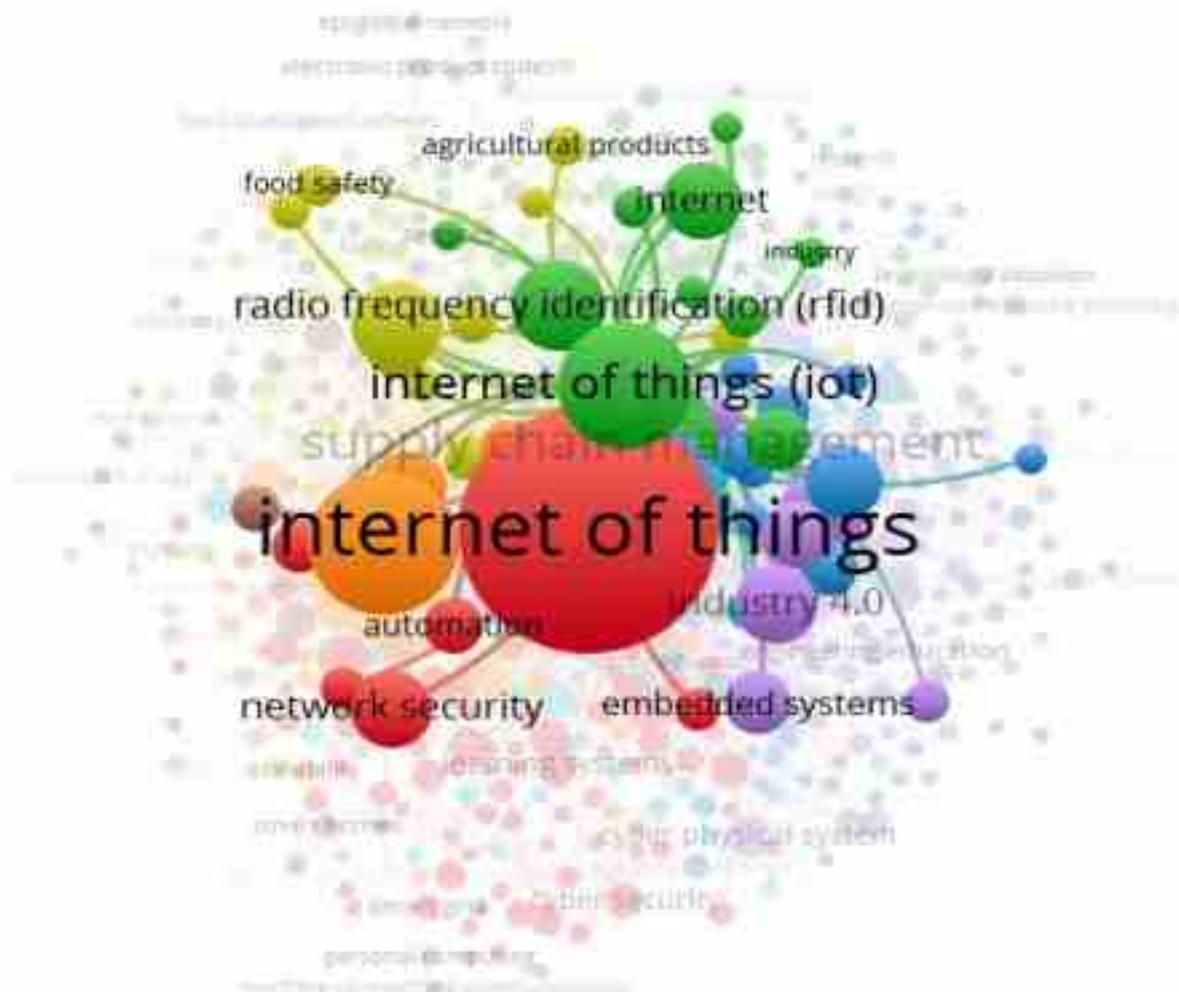


Fig. 01. Resultados del análisis biométrico.

2.6 Resultados de la búsqueda:

La búsqueda en las bases de datos nos dio los siguientes resultados: 2 estudios encontrados en Google Académico, 5 en Redalyc, 3 en Semantic Scholar, 3 en Scopus y 2 en Scielo. Estos estudios fueron considerados para la síntesis y análisis de la información recopilada. relevante. En resumen, se realizó un análisis sistemático siguiendo el enfoque metodológico PRISMA utilizando una exhaustiva técnica de búsqueda en diferentes bases de datos académicas. Se establecieron los criterios para determinar qué estudios se incluirían y cuáles se excluirían con el fin de seleccionar los estudios pertinentes. pertinentes, considerando el idioma, el periodo de publicación y las fuentes de datos. Los resultados obtenidos fueron utilizados para la síntesis y observación de la información en relación con el tema de investigación.

3. Resultados y discusión

Luego de realizar el análisis de todos los artículos de investigación encontrados, se extrajeron los puntos más importantes sobre el presente tema en estudio mostrado en la presente tabla:

Tabla 1. Enumeración de artículos seleccionados de la base de dato

N°	Autor(es)	Título	Año	País(es)	Principales Aportes
1	Javid Ghahremani, Hamed Nozari, & Alireza Aliahmadi	AIoT-based Sustainable Smart Supply Chain Framework	2022	Irán	La tecnología AIoT (Inteligencia Artificial de las cosas) puede ayudar a optimizar la cadena de suministro mediante el procesamiento de vastas cantidades de información generada mediante dispositivos IoT. Sin embargo, también se destaca la necesidad de soluciones adecuadas de seguridad informática, una fuerza laboral con habilidades requeridas y compartir información en un entorno integrado con socios comerciales.
2	Elluru Veera Pratap, Srinivas Pendyala	Supply chain management using IoT- A comprehensive review	2022	India	Se encontró que hay un gran potencial para llevar a cabo la ejecución de IoT en la administración de la cadena de suministro, así como también se identificaron brechas en la literatura con respecto al papel potencial de IoT en abordar los desafíos de gestión de la cadena de abastecimiento. Además, se destacó que se necesitan más dispositivos contextuales y redes de comunicación inalámbricas para mejorar la toma de decisiones autónomas y el procesamiento distribuido de datos.
3	Felix T. S. Chan, Dhirendra, Saurabh Pratap, Prajapati, H. Chelladurai, Lakshay	An Internet of Things Embedded Sustainable Supply Chain Management of B2B E-Commerce	2022	India	El uso de tecnologías IoT en la logística puede contribuir a reducir los gastos generales y aumentar la productividad. Las tecnologías IoT como etiquetas RFID y dispositivos de seguimiento GPS incrementa la claridad y monitoreo en tiempo real de los productos a medida que atraviesan cada una de las etapas implicadas en el procedimiento de abastecimiento.
4	Rodríguez, A., Cainaba, G. O. R., De Los Santos Solórzano Suárez, J., & Soto, J. P.	Internet de las cosas aplicado a la agricultura: estado actual	2019	Colombia	El texto menciona que las soluciones de IoT se consideran esenciales para modernizar el sector agroindustrial debido a los desafíos que enfrenta la agricultura. Se espera que la implementación de tecnologías IoT sea un factor determinante para incrementar la productividad de alimentos, con la posibilidad de incrementarla en un 70% a nivel global.

5	Maqueira Marin , Carvalho, De Oliveira- Dias, Moyano Fuentes,	Implications of using Industry 4.0 base technologies for lean and agile supply chains and performance	2023	España	Según la información proporcionada en el artículo, las tecnologías habilitadoras de I4.0 incluyen RFID, impresión en 3D, tecnología que mezcla lo real y lo virtual, interconexión de dispositivos a través de Internet (IoT) y análisis de big data (BDA). Además, un grupo específico de tecnologías I4.0 conocidas como tecnologías base de I4.0 incluyen Cloud Computing (CC), BDÁ y tecnologías IoT. Estas tecnologías se consideran críticas ya que apoyan procesos clave para desarrollar los principios de I4.0 y la integración y conectividad del sistema de fabricación
6	Kaur, Wamba, S., Talwar & Dhir,	Big Data in operations and supply chain management: a systematic literature review and future research agenda	2021	Noruega	En el documento menciona un concepto muy importante en el ámbito de las IoT, como es el "Big Data", ya que este es de vital importancia dentro de la cadena de abastecimiento. Algunas de las tecnologías mencionadas incluyen sistemas de almacenamiento de clústeres de datos, herramientas de procesamiento analítico de Big Data como Apache Hadoop y herramientas de Internet de las cosas (IoT).
7	Zhongqiang	A Supply Chain Information Pushing Method for Logistics Park Based on Internet of Things Technology	2021	China	La tecnología Internet de las Cosas se utiliza para desarrollar un modelo de procesamiento de información que comprende el contexto y las tareas específicas del parque logístico. Este modelo permite intercambiar datos y servicios de distribución, además de facilitar la inserción inteligente de información comercial. Todo esto contribuye a mejorar la puntualidad y adaptabilidad del sistema, asegurando que se satisfagan las necesidades de entornos logísticos complejos.
8	Jianhua, Muhan	Circulation traceability system of Chinese herbal medicine supply chain based on internet of things agricultural sensor	2021	China	Se ha creado un sistema de monitoreo que permite rastrear el movimiento de la cadena de suministro de la medicina herbal china utilizando sensores agrícolas de IoT. Este sistema mejora significativamente la recopilación proporcionar datos en cada fase del procedimiento y permite una supervisión exhaustiva desde el cultivo hasta la venta de los medicamentos herbarios chinos.
9	Qi Hao	Research on the Construction of Cold Chain Logistics Intelligent System Based on 5G Ubiquitous Internet of Things	2021	China	Crea un conjunto de sistemas avanzados para administrar eficientemente la logística de la cadena de refrigeración. Estos sistemas utilizan tecnología RFID, equipos de detección, sistema GPS, control jerárquico PID difuso y otras tecnologías relacionadas con la Internet de las cosas.
10	Hanco Zaga, Pedro Nicoyani Mamani Ordoñez, Jenny Maribel	Diseño e implementación de termohigrómetro basado en tecnología de Internet de las cosas para el almacenamiento y transporte de alimentos	2020	Perú	El monitoreo, regulación de humedad y temperatura son importantes para garantizar la excelencia de los productos alimenticios. durante la fase de almacenamiento y transporte. Se lleva a cabo la ejecución de dispositivos IoT basados en la Industria 4.0 y la IoT ha brindado datos valiosos para la elección de opciones en estos campos.

11	Alshehri Mohammed	& Blockchain-assisted internet of things framework in smart livestock farming	2023	Arabia Saudita	Presenta un marco basado en la combinación de la herramienta tecnología blockchain y el concepto del IoT con el propósito de crear un sistema de agricultura inteligente para el ganado (IoT-BC-SLF), que permite un intercambio transparente y seguro entre los agricultores
12	Heydari, Nayeri, Sazvar,	Designing an IoT-enabled supply chain network considering the perspective of the Fifth Industrial Revolution: Application in the medical devices industry	2023	Irán	El análisis de sensibilidad mostró que un aumento en la interrupción tiene un efecto negativo en la ejecución de la logística de suministro. Los resultados obtenidos indicaron que los costos totales, daños ambientales, y la criticidad de los nodos se incrementaron al mejorar los tamaños de la demanda. Eventualmente, establecer el sistema IoT conduce a ahorros de costos significativos en base a los resultados obtenidos.
13	Uzair Khaleeq Uz Zaman, Muhammad Gufran, Noor Ul Huda	Smart Warehouse Management System: Architecture, Real-Time Implementation and Prototype Design	2022	Suiza	Destaca la arquitectura práctica de un sistema de administración de almacenes inteligente basado en IoT y la importancia de la arquitectura y la tecnología de transmisión de datos. Además, resalta el uso de análisis de sistemas de software para simplificar una red compleja de cadena de suministro y proporciona recomendaciones concretas para optimizar el rendimiento del sistema.
14	Jaouad El Gueri, Ibtisam Amdaouch, Alfredo Rosado-Muñoz, Mohamed Saban, Otman Aghzout, Juan Ruiz-Alzola, Mohamed Zied Chaari, Mostapha Bekkour, Badiaa Ait Ahmed	A Smart Agricultural System Based on PLC and a Cloud Computing Web Application Using LoRa and LoRaWan	2023	Suiza	La implementación de un sistema agrícola inteligente mediante el uso de tecnologías avanzadas como PLC, LoRa y LoRaWAN tiene como objetivo mejorar la eficiencia y productividad de la agricultura. Este sistema permite una gestión en tiempo real y automatización de alto nivel, lo que conlleva beneficios como la mejora de la seguridad alimentaria, la reducción del desperdicio e incremento en la producción agrícola y su relación con los recursos naturales. El artículo proporciona información valiosa sobre cómo implementar este tipo de sistema en diversos entornos agrícolas, utilizando tecnologías de vanguardia.
15	Shivangi Thakker, Dhruvan Gohil	Blockchain-integrated technologies for solving supply chain challenges	2021	Reino Unido	La integración de blockchain con IoT y AI mejora la efectividad y notoriedad de la cadena de abastecimiento. Permite mayor transparencia, trazabilidad y seguridad en las transacciones y datos. La combinación de blockchain con IoT permite sincronización y automatización, mientras que la inteligencia artificial analiza datos y mejora la toma de decisiones. En general, esta integración tiene un impacto positivo en la efectividad y la ganancia económica de la cadena de abastecimiento.

3.1 Tecnologías de internet de las cosas

El Internet de las cosas es un sistema que integra redes sensoriales inalámbricas, big data y computación en la nube [19]. Las tecnologías que se generan a partir del Internet de las cosas son variadas, y se pueden utilizar en varias etapas de la cadena de suministro según [10]. A continuación, se mostrarán tecnologías IoT:

Tabla 2
Enumeración de tecnologías IoT

Nombre	Concepto
Sistemas de sensores sin cables (WSN)	Las redes de sensores sin cables son tecnologías importantes para las IoT, ya que permiten una amplia capacidad de sensores con bajo consumo de energía. Sin embargo, en el ámbito industrial, su adopción es lenta debido a limitaciones que impiden reemplazar las tecnologías tradicionales [33].
RFID	El uso común de la tecnología RFID implica dos dispositivos principales: el lector, encargado de la comunicación, y la etiqueta, que contiene un código electrónico asociado. El lector emite señales de RF y las etiquetas reciben identificaciones a través de sensores integrados. Las aplicaciones de RFID abarcan áreas como la seguridad, identificación de activos y la interacción del usuario con sistemas IoT centralizados [19].
Middleware	El middleware procesa el flujo de información que capta el lector del sensor. Es como un vínculo entre el lector y la aplicación empresarial [18]. El middleware desempeña un papel crucial al controlar diversas funciones, como el manejo y almacenamiento de datos, las interacciones con dispositivos, el análisis, la seguridad y el procesamiento [17].

3.2 Cadena de abastecimiento

La cadena de suministro abarca diversos aspectos cruciales para garantizar el flujo eficiente de productos y servicios. Comprende la logística física, incluyendo el almacenamiento y transporte de mercancías, así como la ubicación estratégica de instalaciones y almacenes [27].

Tabla 3

Aspecto de la cadena de abastecimiento

Nombre	Concepto
Fases de la cadena de suministro	Aprovisionamiento Se enfoca en las tareas indispensables para adquirir los elementos esenciales y los derivados necesarios para la producción de los artículos principales que se comercializarán. A lo largo de esta fase, es crucial realizar una planificación adecuada y coordinar la disponibilidad, cantidad y tiempo necesario de los materiales.
	Fabricación Engloba las actividades vinculadas a la generación y fabricación del artículo.
	Almacenamiento Es el núcleo de la cadena de abastecimiento. Este proceso implica la administración del tiempo de los artículos, manteniéndolos bajo supervisión de calidad en un lugar particular, de manera que su movimiento de entrada y salida resulte rentable para la compañía.
	Distribución y envío Representa el último tramo de la cadena de abastecimiento. Engloba desde la salida del depósito o centro de distribución hasta la entrega al consumidor definitivo. La meta principal es garantizar que el artículo arribe en perfectas condiciones y dentro de los tiempos acordados.
Características de la cadena de abastecimiento	El objetivo principal de la cadena de suministro es garantizar la entrega de suministros en la medida, excelencia y oportunidad apropiadas, al menor costo posible. Requiere una coordinación equilibrada de actividades complejas y eficiencia en todas las fases. La coordinación de proveedores, transporte, fabricantes, clientes y tecnología es fundamental para asegurar la entrega exitosa del producto al cliente final.

3.3 Tipos de tecnologías de internet de las cosas empleadas para la cadena de abastecimiento

- **Plataforma de gestión IoT mediante técnicas de industria 4.0 para agricultura de precisión**

Se menciona el desarrollo de una celda inteligente para mejorar la agricultura de precisión en México, tal y como se puede observar en la ilustración número 2. La celda utiliza tecnología IoT y sensores para recopilar información actualizada al instante acerca del entorno ambiental y de los cultivos. Estos datos se envían a un Dashboard que facilita el análisis y monitoreo [13]. La implementación de este sistema permite a los agricultores tomar decisiones anticipadas y optimizar la producción agrícola.

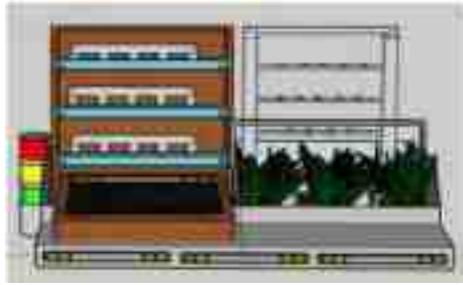


Fig. 02. Sistema de monitoreo en tiempo instantáneo para recopilar datos de cultivos de maíz.

Fuente: Gómez, J.J., Gómez, A., & Cahuich, C. (2020).

▪ **Un Sistema Agrícola Inteligente Basado en PLC y en la Nube Aplicación web informática con LoRa y LoRaWan**

Se presenta un sistema de cultivo inteligente que utiliza tecnologías de IoT y LoRa para mejorar la productividad y eficiencia en la agricultura, como se observa en la figura 3. Se emplea un sensor inalámbrico de bajo costo y amplio alcance, integrado con controladores lógicos programables existentes, mostrado en la figura 4. Además, se desarrolla una aplicación de monitoreo basada en web y un bot de Telegram para la visualización y control remoto de los dispositivos conectados. El sistema ha sido probado y evaluado, demostrando un monitoreo preciso, gestión eficiente y control remoto de dispositivos y procesos en la granja, lo cual puede mejorar la eficiencia y la seguridad alimentaria. [1]



Fig. 03. Aplicación del sistema propuesto que integra controladores PLC y nodos LoRa

Fuente: Ahmed, B. A., Aghzout, O., Gueri, J. E., Rosado-Muñoz, A., Amdaouch, I., Saban, M., Chaari, Bekkour, M. & Ruiz-Alzola, J. (2023)

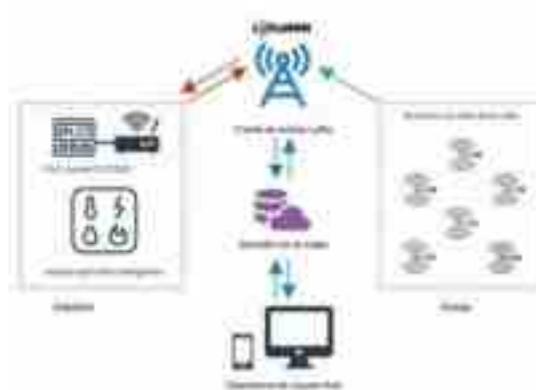


Fig. 04. Un panorama general de la configuración del sistema Smart Farm.

Fuente: Ahmed, B. A., Aghzout, O., Gueri, J. E., Rosado-Muñoz, A., Amdaouch, I., Saban, M., Chaari, Bekkour, M. & Ruiz-Alzola, J. (2023)

3.4 Lenguajes de programación para la realización de las IoT

El desarrollo de tecnologías de IoT requiere hardware y software, con lenguajes de programación clave mostrados en la Figura 05. Estos lenguajes permiten a los desarrolladores controlar dispositivos, procesar datos, realizar análisis e interactuar con los usuarios [22].



Fig. 05. Lenguajes de programación IoT

- **Lenguaje C**

Lenguaje de programación utilizado en sistemas embebidos y IoT, conocido por su eficiencia y bajo nivel. Permite acceder directamente a los recursos del sistema. Se utiliza para desarrollar el firmware y software de dispositivos IoT, comunicación con periféricos y sensores, y control preciso de dispositivos y actuadores. Según Purdum, el lenguaje C es

uno de los más populares y versátiles para la programación de sistemas embebidos, ya que ofrece un alto rendimiento y una gran flexibilidad [26].

- **Python**

Un lenguaje de programación que se aprende con facilidad y tiene un nivel de abstracción alto y versátil, ampliamente utilizado en IoT. Uno de los mayores beneficios de Python es su soporte para bibliotecas externas versátiles, incluidas las bibliotecas de IoT [4]. Python es un lenguaje ideal para el desarrollo de soluciones IoT debido a su simplicidad, flexibilidad y compatibilidad con múltiples plataformas y protocolos.

- **Java**

La convergencia entre el Internet de las cosas y el crecimiento de un ecosistema M2M se está llevando a cabo junto con la informática en la nube y el examen de extensas cantidades de información. Esto demanda una plataforma unificada que funcione desde los dispositivos hasta los servidores de información utilizando Java [3].

- **C++**

Lenguaje de programación de propósito general utilizado en aplicaciones de IoT debido a su combinación de características de bajo nivel y alto nivel. Según [23], es extremadamente relevante en el proceso de generación de un sistema integrado para la supervisión de la calidad de productos lácteos. El uso de este lenguaje de programación, junto con la plataforma ARDUINO, permitió desarrollar un prototipo compuesto por sensores de pH y temperatura, así como una interfaz gráfica para visualizar y almacenar los datos en tiempo real.

- **Go**

Lenguaje de programación desarrollado por Google, enfocado en la eficiencia y la concurrencia, ideal para aplicaciones de IoT que requieren rendimiento rápido y gestión eficiente de recursos. Según [34], Go es un lenguaje de programación fundamental en el desarrollo de un sistema que aborda los problemas de privacidad de identidad en el IoT. Se utiliza para escribir el código de cadena que implementa un esquema basado en blockchain y firmas de anillo. Go también se emplea en la construcción de un sistema prototipo y se verifica su corrección y eficiencia a través de análisis teóricos y experimentos.

- **JavaScript**

Lenguaje de codificación ejecutado, de nivel avanzado y multiplataforma utilizado principalmente en aplicaciones web y desarrollo del lado del cliente. Además, se emplea en IoT para interfaces de usuario interactivas en dispositivos y aplicaciones web. Según [31], JavaScript es crucial en este contexto, ya que se utiliza para la representación y el examen de datos en el entorno web. Asimismo, se emplea en la incorporación de la tecnología fundamentada en blockchain para fortalecer la fiabilidad y la protección de las redes de sensores inalámbricos.

4. Discusión de resultados

Los resultados obtenidos establecieron una visión general de las tecnologías de Internet de las cosas (IoT) y su aplicación en la cadena de suministro. Se mencionan varias tecnologías utilizadas en IoT, como sistemas de sensores sin cables (WSN), RFID y middleware, que son fundamentales para la recolección y procesamiento de datos en este contexto [10]. Además, se destaca la importancia de la cadena de abastecimiento para garantizar el flujo eficiente de productos y servicios.

En cuanto a las tecnologías específicas utilizadas en la cadena de abastecimiento, se presentan dos ejemplos interesantes. El primero es un sistema de gestión IoT basado en la industria 4.0 para la agricultura de precisión en México. Este sistema utiliza sensores y tecnología IoT para recopilar información en tiempo real sobre el entorno ambiental y los cultivos, lo que permite a los agricultores tomar decisiones anticipadas y optimizar la producción agrícola [13]. Este ejemplo muestra cómo las tecnologías IoT pueden tener un impacto significativo en la agricultura y mejorar la eficiencia del proceso de producción.

El segundo ejemplo es un sistema de cultivo inteligente que utiliza tecnologías de IoT y LoRa para mejorar la productividad y eficiencia en la agricultura. Este sistema emplea sensores inalámbricos de bajo costo y alcance amplio, junto con controladores lógicos programables, y se complementa con una aplicación web y un bot de Telegram para el monitoreo y control remoto de dispositivos en la granja [1]. Este caso ilustra cómo la combinación de diferentes tecnologías IoT puede mejorar la eficiencia y la seguridad alimentaria en el sector agrícola.

En relación con los lenguajes de programación utilizados en el desarrollo de tecnologías IoT, el texto presenta una lista de opciones clave. Se mencionan lenguajes como C, Python, Java, C++, Go y JavaScript [22], cada uno con sus ventajas y aplicaciones específicas. Esta

diversidad de lenguajes muestra que los desarrolladores pueden elegir la mejor herramienta para adaptarse a sus necesidades y requisitos particulares en proyectos de IoT.

Sin embargo, la revisión podría beneficiarse de una mayor profundidad en la discusión de los resultados. Sería útil proporcionar más ejemplos prácticos y estudios de casos que demuestran cómo estas tecnologías de IoT han sido implementadas en la cadena de abastecimiento y cómo han impactado positivamente en la eficiencia, reducción de costos o mejora de la experiencia del cliente.

5. Conclusiones

El Internet de las Cosas (IoT) es un sistema que integra redes sensoriales inalámbricas, big data y computación en la nube. En la cadena de suministro, se pueden utilizar tecnologías IoT como sistemas de sensores sin cables (WSN), RFID y middleware. Estas tecnologías proporcionan una visión actualizada sobre la ubicación, estado y condiciones de los activos y permiten una toma de decisiones más informada.

La cadena de suministro abarca etapas como aprovisionamiento, fabricación, almacenamiento y distribución, y requiere una coordinación eficiente de proveedores, fabricantes, transporte y clientes. Además, se han desarrollado aplicaciones de IoT específicas para mejorar la agricultura de precisión, utilizando sensores y tecnologías como LoRa y LoRaWAN, que permiten el monitoreo, control y gestión eficiente de los cultivos.

En pocas palabras, los lenguajes de programación son fundamentales en la creación de tecnologías de IoT, posibilitando a los programadores desarrollar soluciones inteligentes y conectadas. Elegir el lenguaje correcto depende de los requisitos particulares del proyecto y las características de los dispositivos, con el fin de obtener un rendimiento óptimo, eficiencia y funcionalidad dentro del ámbito de las IoT.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ahmed, B. A., Aghzout, O., Gueri, J. E., Rosado-Muñoz, A., Amdaouch, I., Saban, M., Chaari, Bekkour, M. & Ruiz-Alzola, J. (2023). A Smart Agricultural System Based on PLC and a Cloud Computing Web Application Using LoRa and LoRaWan. *Sensors*, 23(2725), 2725. <https://doi.org/10.3390/s23052725>
- [2] Alshehri, D. (2023). Blockchain-assisted internet of things framework in smart livestock farming. *Internet of Things*, 22, Article 100739. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2023.100739>.
- [3] Beneke, T. (2014). Una pareja perfecta: Java y el Internet de las Cosas. Oracle. Recuperado de <https://www.oracle.com/technical-resources/articles/java/java-maker-iot.html>
- [4] Boral, S. (2019). ¿Es Python el lenguaje para IoT? IoT Tech Trends. Recuperado de <https://www.iottechtrends.com/is-python-the-language-for-iot>
- [5] Britannica. (s.f.). Internet of Things (IoT). Recuperado de <https://www.britannica.com/science/Internet-of-Things>
- [6] Cainaba, G. O. R., De Los Santos Solórzano Suárez, Soto, J. P., J., & Rodríguez, A. (2019). Internet de las cosas aplicado a la agricultura: estado actual. *Lámpsakos*, 22, 86-105. <https://doi.org/10.21501/21454086.3253>
- [7] Chan FTS, Lakshay L, Chelladurai H, Pratap S. & Prajapati D, (2022) An Internet of Things Embedded Sustainable Supply Chain Management of B2B E-Commerce. *Sustainability*, 14(9), 5066. <https://doi.org/10.3390/su14095066>.
- [8] Delgado Fernández, T., Stuart Cárdenas, M. L., & Walwyn Fuentes, M. (2022). Requerimientos para el diseño de una torre de control en la cadena de suministros de una empresa de paquetería internacional. *Revista Cubana De Transformación Digital*, 3(3), e184. Recuperado de <https://rctd.uic.cu/rctd/article/view/184>
- [9] Dhir, A., Kaur, P., Talwar, S., & Wamba, S. F. (2021). Big Data in operations and supply chain management: a systematic literature review and future research agenda. *International Journal of Production Research*, 59(11), 3509-3534. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1868599>
- [10] Ekon (s.f.). Aplicaciones y ejemplos IoT en el sector Logístico. Recuperado de: <https://www.ekon.es/blog/ejemplos-iot-sector-logistico/>
- [11] Foro Mundial Económico. (2021). ¿Qué es el Internet de las Cosas? Recuperado de <https://www.weforum.org/agenda/2021/03/what-is-the-internet-of-things/>

- [12] Gallardo, J., Infante, J. & Infante, A., (2021). Factores que influyen en la adopción del Internet de las Cosas en el sector hotelero. RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao, 370-383. Recuperado de <https://rabida.uhu.es/dspace/handle/10272/19584>
- [13] Gómez, J.J., Gómez, A., & Cahuich, C. (2020). Plataforma de gestión IoT mediante técnicas de industria 4.0 para agricultura de precisión. Research in Computing Science, 149, 303-315. <https://www.semanticscholar.org/paper/Plataforma-de-gesti%C3%B3n-IoT-mediante-t%C3%A9cnicas-de-4.0-G%C3%B3mez-Cahuich/cc0040d70cd148b7e0ba6303bcf294caf43885e9>
- [14] Han, Q. (2021). Research on the Construction of Cold Chain Logistics Intelligent System Based on 5G Ubiquitous Internet of Things. Journal of Sensors, 2021, Article ID 6558394, 11 pages. <https://doi.org/10.1155/2021/6558394>
- [15] Heydari, J., Sazvar, Z., & Nayeri, S. (2023). Designing an IoT-enabled supply chain network considering the perspective of the Fifth Industrial Revolution: Application in the medical devices industry. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 122, art. no. 106113. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.106113>
- [16] Huda, N., Khan, M. G. & Uz Zaman, U., (2022). Smart Warehouse Management System: Architecture, Real-Time Implementation and Prototype Design. Machines, 10(150), 150. <https://doi.org/10.3390/machines10020150>.
- [17] Jabbari, F., Abdollahei, F., & Asemani, M. (2019). Understanding IoT Platforms : Towards a comprehensive definition and main characteristic description. 2019 5th International Conference on Web Research (ICWR), 172–177. <https://doi.org/10.1109/ICWR.2019.8765259>
- [18] Jiang, W. (2019). An intelligent supply chain information collaboration model based on internet of things and big data. IEEE Acces, open solutions, 7, 58324–58335. <https://doi.org/10.1109/access.2019.2913192>
- [19] Khan, Y., Ahmad, A., Khan, N., Alam, M., Ahmad, S., & Su'ud, M. (2022). Application of Internet of Things (IoT) in sustainable supply chain management. Sustainability, 15(1), 694. <https://doi.org/10.3390/su15010694>
- [20] Mamani, P., & Hanco, J. (2020). Diseño e implementación de termohigrómetro basado en tecnología de Internet de las cosas para el almacenamiento y transporte de alimentos. Revista Científica I+D Aswan Science, 1(1). <https://doi.org/10.51392/rcidas.v1i1.4>
- [21] Maqueira, J., De Oliveira, D., Carvalho, H., & Moyano, J. (2023). Implications of using industry 4.0 base technologies for lean and agile supply chains and performance.

International Journal of Production Economics, 262, 108916.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108916>

- [22] McKinsey. (2022). ¿Qué es el Internet de las Cosas? Recuperado de <https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-the-internet-of-things>
- [23] Moscol Calderón, C. A. (2022). Desarrollo de un sistema embarcado IoT medidor de pH y temperatura en productos lácteos. Universidad Nacional de Frontera. Obtenido de: <http://repositorio.unf.edu.pe/bitstream/handle/UNF/214/TESIS%20-%20Moscol%20Calder%c3%b3n%2c%20Cristhiam%20Alberto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [24] Nozari, H., Aliahmadi, A., & Ghahremani, J. (2022). AIoT-based Sustainable Smart Supply Chain Framework. *International Journal of Innovation in Management, Economics and Social Sciences*, 2(2), 28–38. <https://doi.org/10.52547/ijimes.2.2.28>
- [25] Pendyala, S., & Veera, E. (2022). Supply chain management using IoT- A comprehensive review. *Journal of Positive School Psychology*, 6(6), 412-418. <https://journalppw.com/index.php/jpsp/article/view/6921>
- [26] Purdum, J. (2019). *Beginning C for Arduino: Learn C programming for the Arduino and compatible microcontrollers* (2a ed.). Apress.
- [27] Reyes, D. (2021). Cadena de abastecimiento. Universidad San Marcos. Obtenido de: <http://repositorio.usam.ac.cr/xmlui/handle/11506/1737>
- [28] Roy, A., Misra, S., & Woungang, I. (2018). *Python for Internet of Things: A practical guide to building smart devices and applications with Python*. Packt Publishing.
- [29] Sangroni Laguardia, N., Cruz, C., Pérez, J. A., Sánchez Suárez, Y., & Medina, Y. E. (2021). Retos actuales de la logística y la cadena de suministro. *Ingeniería Industrial*, 42(1), 169-184. Epub 08 de mayo de 2021. Recuperado en 09 de julio de 2023, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362021000100169&lng=es&tlng=pt.
- [30] Shi, J., & He, M. (2021). Circulation traceability system of Chinese herbal medicine supply chain based on internet of things agricultural sensor. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 30, 100518. <https://doi.org/10.1016/j.suscom.2021.100518>
- [31] Sung, T., & Hsiao, J. (2021). Employing Blockchain Technology to Strengthen Security of Wireless Sensor Networks. *IEEE Access*, 9, 72326-72341. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3079708>

- [32] Thakker, S. V., & Gohil, D. (2021). Blockchain-integrated technologies for solving supply chain challenges. *Modern Supply Chain Research and Applications*, 3(2), 78-97. <https://doi.org/10.1108/MS CRA-10-2020-0028>.
- [33] Vera Pérez, J. (2022). Diseño y evaluación de mecanismos de optimización en redes de sensores inalámbricas industriales. Universitat Politecnica de Valencia. Obtenido de: <http://hdl.handle.net/10251/179700>
- [34] Yanhui, L., Jianbiao, Z., Pathan, M. S., Yijian, Y., Puzhe, Z., Maroc, S., & Nag, A. (2022). Research on identity authentication system of Internet of Things based on blockchain technology. *Journal of King Saud University: Computer and Information Sciences*, 34(10), 10365-10377. <https://doaj.org/article/206b339d73794f1ca9a5c8b53473964a>
- [35] Zhang, Z. (2021). A Supply Chain Information Pushing Method for Logistics Park Based on Internet of Things Technology. *Mobile Information Systems*, 2021, Article ID 5544607, 11 pages. <https://doi.org/10.1155/2021/5544607>

GESTIÓN DE OPERACIONES INDUSTRIALES



Esta obra está publicada bajo una [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
TRUJILLO

FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRUJILLO, PERÚ
Julio, 2023

VIRTUAL REALITY AS A TRAINING AND RISK MANAGEMENT TOOL IN THE SUPPLY CHAIN: A SYSTEMATIC REVIEW

Johann Castillo Oliva^{1*}; David Elías Esparza Sánchez¹, Bruno Hiroshi Espinosa Luna¹, Bruno Adrián Montañez Díaz¹, Piero Lenin Varas Zurita¹

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Trujillo. Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

* Autor de correspondencia: t513300320@unitru.edu.pe (J. Castillo)

ABSTRACT

Virtual reality is one of the technologies that is gaining relevance in various sectors of a company, especially in personnel training to facilitate the integration of human resources into the supply chain. The present article aims to collect scientific information through the PRISMA methodology to expose the existing benefits of virtual reality application for personnel training in the prevention of risks within the various processes involved in the supply chain, such as production. Likewise, it seeks to recognize the tools used for the implementation of this technology and the challenges that companies face in carrying out vocational training with virtual reality.

Keywords: Digital transformation; Industry 4.0; simulation; hazard prevention, safety

REALIDAD VIRTUAL COMO HERRAMIENTA DE CAPACITACIÓN Y GESTIÓN DE RIESGOS EN LA CADENA DE SUMINISTRO: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

RESUMEN

La realidad virtual es una de las tecnologías que está ganando relevancia en diversos sectores de una empresa, especialmente en el entrenamiento de personal para facilitar la integración de recursos humanos en la cadena de suministro. El presente artículo tiene como objetivo recolectar información científica a través de la metodología PRISMA para exponer los beneficios existentes de la aplicación de realidad virtual para la capacitación de personal en la prevención de riesgos existentes en los diversos procesos involucrados en la cadena de suministro, como en la producción. Asimismo, reconocer las herramientas utilizadas para la implementación de esta tecnología y los desafíos que conlleva para las empresas ejecutar los entrenamientos laborales con realidad virtual.

Palabras clave: Transformación digital, industria 4.0, simulación, prevención, seguridad

1. Introducción

El rápido avance tecnológico ha traído consigo nuevas herramientas disruptivas que han revolucionado el trabajo convencional. Sin embargo, existe una necesidad de comprender mejor el impacto de estas tecnologías en el en el ámbito industrial y la gestión de riesgos laborales. Una de las tecnologías que ha ganado atención en este sentido es la Realidad Virtual (RV) [1]. La RV crea una simulación computarizada del mundo real en tres dimensiones, permitiendo a los usuarios interactuar de manera inmersiva con el entorno virtual [2]. Aunque la RV ha sido principalmente utilizada en el entretenimiento y los videojuegos, diversos estudios han evidenciado su potencial en el ámbito industrial.

En el contexto empresarial de la manufactura, la adopción de la transformación digital en el ámbito de la Industria 4.0 promete proporcionar a las empresas una ventaja competitiva y una mayor probabilidad de supervivencia, especialmente para las pequeñas y medianas (PYMEs) [3], [4]. En adición, uno de los fundamentos de diseño de la Industria 4.0 es la virtualización, que implica el uso de tecnologías de RV y Realidad Aumentada (RA) [5]. Por lo tanto, la RV se puede aprovechar en el contexto empresarial de la manufactura y en la cadena de suministro (en adelante CDS).

Así mismo, se han identificado diversas aplicaciones de la RV en la CDS, para la adquisición de habilidades en la prevención de riesgos laborales como en la manipulación segura de maquinaria [6], [7]. Esto se debe a las experiencias sumamente inmersivas que ofrecen los dispositivos portátiles de RV, incluso aquellos de bajo costo [8]. En base a los estudios revisados, resulta importante llevar a cabo una revisión sistemática dar a conocer los beneficios que esta tecnología ofrece en la formación y capacitación de los empleados en habilidades técnicas y seguridad laboral. Además, es fundamental analizar los desafíos que tiene la virtualización en su implementación en las empresas industriales actuales con el objetivo de contribuir a futuras investigaciones y al crecimiento de la virtualización en la industria moderna.

En ese sentido, en esta revisión sistemática se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo contribuye la Realidad Virtual (RV) en la formación y capacitación de empleados de la cadena de suministro (CDS) en términos de manejo y prevención de riesgos? Así mismo, mediante el análisis exhaustivo de estudios relevantes, los objetivos de este estudio a cubrir son: (i) identificar los beneficios de la RV como herramienta de capacitación y adquisición de habilidades relacionadas con la prevención de riesgos en la CDS, (ii) reconocer las

herramientas y dispositivos utilizados en el desarrollo e implementación de RV para la gestión de riesgos y (iii) analizar las limitaciones y desafíos asociados con la implementación de la RV para la capacitación en manejo y prevención de riesgos.

2. Materiales y métodos

Para llevar a cabo este estudio, se adoptó la metodología PRISMA 2020 [9]. La cual consta de un conjunto de directrices para la realización y presentación de revisiones sistemáticas. Esta metodología tiene 27 elementos clave desde el planteamiento del título, donde se identifica claramente el estudio como una revisión sistemática, hasta la descripción de la introducción con la justificación, los objetivos y las preguntas de investigación a abordar.

A continuación, se presenta en detalle la sección de materiales y métodos, donde se describen los criterios de inclusión y exclusión aplicados en el proceso de búsqueda en diversas bases de datos y plataformas de almacenamiento y difusión de literatura científica. Asimismo, se detallan las estrategias de búsqueda utilizadas y los procedimientos de selección y recolección de datos de los informes seleccionados. Finalmente, los resultados, la discusión y las conclusiones se basan en el análisis exhaustivo de los documentos seleccionados y revisados previamente [9].

La metodología PRISMA proporciona un enfoque sólido y estructurado para llevar a cabo revisiones sistemáticas de manera confiable [9]. Adicionalmente, la actualización de los elementos de la metodología realizada por tiene como objetivo facilitar su implementación en futuras revisiones sistemáticas, garantizando así la calidad y la coherencia en la ejecución de este tipo de estudios.

2.1. Estrategia de búsqueda

Se realizó una búsqueda en las bases de datos Scopus, Dialnet y ScienceDirect para recopilar estudios anteriores al 24 de junio de 2023. Se utilizaron palabras clave relacionadas con realidad virtual, cadena de suministro y gestión de riesgos laborales, como "capacitación", "seguridad", "realidad virtual", "prevención" y "riesgo". Las cadenas de búsqueda se crearon utilizando los operadores booleanos "AND" y "OR". Las consultas específicas para cada base de datos se encuentran en la Tabla 1.

Tabla 1

Consultas en las bases de datos seleccionadas

Base de datos	Consulta de búsqueda de documentos
Scopus	("virtual reality" OR "virtual environment" OR "augmented reality") AND ("training") AND ("operator*" OR "technician*" OR "personnel") AND ("machine*" OR "factory" OR "manufactur*" OR "plant") AND ("safe*" OR "risk")
Dialnet	"realidad virtual" AND “prevención de riesgos”
ScienceDirect	"virtual reality" and "training" and "safety" and "risk"

Nota. Se elaboraron consultas de búsqueda adaptadas a las particularidades de cada base de datos. Para la plataforma Scopus, se empleó una búsqueda de mayor complejidad, mientras que para Dialnet y Science Direct se prefirió una búsqueda más básica.

2.2. Criterios de elegibilidad

Los estudios serán incluidos en esta revisión si cumplen con los siguientes criterios: (i) Han sido publicados en los idiomas de español e inglés, (ii) los documentos deben estar disponibles por acceso libre o acceso institucional para facilitar la visualización del contenido, (iii) verificar que se trate de publicaciones recientes, establecidas en el periodo de los últimos 5 años, (iv) pertenezcan a la clasificación: artículo de revista y revisión sistemática, (v) están relacionados al tema en objetivo y conceptos relacionados, en este investigación son: capacitación y entrenamiento, realidad virtual, seguridad laboral y prevención de riesgos, (vi) deben describir y evaluar intervenciones estratégicas o soluciones referenciadas a la capacitación y prevención de riesgos que utilicen la realidad virtual como herramienta principal o integral, (vii) deben proporcionar resultados medibles, evaluaciones efectivas, o análisis y propuestas de aplicación del concepto de RV en términos de adquisición de competencias laborales, que evidencien la mejora del desempeño laboral u otros resultados relevantes.

Asimismo, se implementó una estrategia de exclusión rigurosa para descartar las investigaciones que carecían de una conexión directa con la capacitación y prevención de riesgos en el uso de maquinaria, en el contexto particular de la CDS. Asimismo, se omitieron de consideración aquellas indagaciones que profundizaban en temáticas asociadas a la construcción civil y la minería, dado que el enfoque principal de esta revisión se focalizaba en otros aspectos inherentes a la CDS. Esta determinación se adoptó con la finalidad de canalizar la revisión hacia áreas más pertinentes y alineadas con los objetivos establecidos.

3. Resultados y discusión

En la presente sección, se exponen los resultados derivados del rastreo en múltiples bases de datos. Se identificaron los artículos pertinentes que se ajustaban a los criterios de inclusión establecidos, lo cual se detalla en la Tabla 2, evidenciando la concordancia entre la estrategia diseñada y los hallazgos obtenidos.

Tabla 2

Número de artículos encontrados en cada base de datos

Base de datos	Número de artículos encontrados
Scopus	39
Dialnet	10
ScienceDirect	30
Total	79

Nota. La tabla revela que la cantidad de artículos recuperados en Scopus fue notablemente superior, a pesar de emplear una fórmula de búsqueda más específica.

La investigación arrojó un total de 79 registros en 3 bases de datos, como se puede observar en la Figura 1. Se detectó un solo registro duplicado durante este proceso de búsqueda. Tras un minucioso examen de los registros, teniendo en cuenta tanto los títulos como los resúmenes, se logró reducir la selección inicial a 28 artículos. Estos 28 registros se consideraron como potencialmente relevantes y se mantuvieron para la posterior evaluación a través del análisis completo de los textos. Entre los 28 estudios evaluados, se encontró que 17 cumplían con los criterios de inclusión establecidos. Los restantes 11 registros fueron excluidos debido a diversas razones, principalmente porque los estudios no presentaban una validación cuantificable del sistema de realidad virtual desarrollado, o se enfocaban en la capacitación relacionada con el uso de maquinarias en sectores específicos como la construcción civil, el mantenimiento de trenes o la minería.

Adicionalmente, los artículos incluidos en la investigación provienen de diversos países, de las cuales destacan España, Ecuador y Suiza con dos artículos cada país. También Australia, Canadá, Japón, Corea del Sur, Francia, Hungría, Serbia, Estados Unidos, China, Brasil y Colombia han aportado en la temática. En la Figura 3, se observa que los artículos provienen de los continentes América, Europa, Asia y Oceanía. Recoger información de diversos orígenes geográficos, pues se aborda la variabilidad de poblaciones, aspectos culturales y diferencias contextuales, que conlleva a un mejor análisis del tema [10].



Figura 3. Procedencia por país de los artículos incluidos

Nota. La figura muestra una representación de la producción literaria encontrada, donde cada país se repite como máximo dos veces, caso de España, Ecuador y Suiza.

En base a los artículos incluidos, se procedió a identificar los principales resultados de cada estudio, los cuales se muestran en la Tabla 3 con el fin de proporcionar una visión general de los hallazgos para esta revisión sistemática.

Tabla 3

Lista de artículos incluidos en la revisión sistemática según los criterios de inclusión

Autores	Resultados principales
Shringi et al. [11]	Los visores de realidad virtual (VR) aumentan la eficiencia del entrenamiento de seguridad virtual al brindar una mayor inmersión, realismo y percepción de profundidad, al mismo tiempo que incrementan la precisión en la identificación de peligros para riesgos críticos, como los cables eléctricos.
Gauthier et al. [12]	La intervención de realidad virtual no fue efectiva para aumentar el conocimiento de visibilidad y los comportamientos seguros de los operarios en comparación con los grupos de control, aunque el desempeño de los grupos de realidad virtual y entrenamiento convencional fue comparable.
Monetti et al. [7]	Aprender a partir de un modelo de realidad virtual permite dominar rápidamente y de manera sencilla la conducción de un robot real.
García et al. [13]	El resultado clave de este artículo es mostrar el diseño, construcción y ajuste fino de un entorno didáctico inmersivo para capacitar a los trabajadores en procesos de petróleo y gas en los cuales interviene la puesta en marcha de instrumentación.
Hashimoto [14]	Los participantes que utilizaron el simulador mostraron un menor riesgo de ingresar a áreas peligrosas durante el trabajo real en comparación con el grupo de video.
Lee y Ma [15]	Se encontró que el efecto de entrenamiento del OTS fue aproximadamente 4.5 veces mejor que los métodos de entrenamiento tradicionales.
Masiello et al. [16]	Se pudo mostrar datos valiosos, actitudes positivas y percepciones de facilidad por parte de los participantes. Además, se recalca la utilidad del entrenamiento por simulación como un complemento a los métodos tradicionales, especialmente donde la seguridad es lo más importante.
Vidal-Balea et al. [17]	La propuesta del sistema de virtualización para el entrenamiento de operadores proporciona mejoras en la seguridad y eficiencia de los procesos de mantenimiento, al mismo tiempo que facilita el entrenamiento colaborativo.
Lanyi y Withers [18]	La realidad virtual, la realidad aumentada y el Internet de las cosas (IoT) son cada vez más adecuados para su uso en la industria, a pesar de enfrentar escrutinio y críticas.
Lalić et al. [19]	VR y AR pueden utilizarse con éxito para mejorar la productividad de los trabajadores, mejorar la capacitación de los empleados, reducir costos, hacer que los lugares de trabajo sean más seguros y cerrar la brecha de habilidades de manera más efectiva y eficiente.

Moreno et al. [20]	La eficiencia del sistema generado por la interacción humano-máquina en la que los operadores interactúan entre sí y con el entorno, facilitando la inmersión en un ambiente que contribuye al desarrollo de sus habilidades y capacidades colaborativas sin riesgos.
Arana-Landín et al. [24]	La capacitación mediante realidad virtual reduce la cantidad de accidentes en comparación con los métodos de capacitación tradicionales.
Kim et al. [22]	La experimentación de los accidentes virtuales mitiga efectivamente la habituación al riesgo tanto a nivel conductual como sensorial.
Ji et al. [23]	Al utilizar DQL-VR, se observaron mejores resultados a diferencia de los métodos tradicionales en múltiples aspectos, como la identificación de peligros, la percepción de riesgos y la consideración de la salud a largo plazo.
Menin et al. [24]	Los resultados de la investigación destacan que el conocimiento y la experiencia previa de los usuarios son factores importantes en las simulaciones de realidad virtual.
Diego y Poveda [8]	Se realizó una evaluación basada en el modelo de Kirkpatrick, generando el cuestionario, cuyos resultados arrojó valores medios superiores en el grupo de trabajadores que realizaron la formación empleando contenidos VR frente a los que no. (21.51 frente a 24.26).
Cardenas y Olarte [25]	La integración de elementos hápticos aplicados en escenarios con alto de nivel de realismo representa un aporte significativo a la problemática de disminución de la tasa de accidentalidad en el trabajo a partir de la generación de espacios seguros de entrenamiento.

Los resultados detallados a continuación mostraron que la RV ofrece una valiosa contribución a la formación y capacitación de empleados en el manejo y prevención de riesgos en varios aspectos. Entre ellos, se destaca el fortalecimiento de las habilidades de prevención e identificación de riesgos, la promoción de la seguridad y la salud en el trabajo, así como la reducción de costos al utilizar entornos y equipos virtuales. Además, los dispositivos de realidad virtual juegan un papel fundamental en la capacitación mediante esta tecnología, ya que aseguran una experiencia del usuario inmersiva en entornos virtuales y facilitan una interacción realista.

3.1. Herramientas y dispositivos para la gestión de riesgos usando Realidad Virtual

La experiencia de los usuarios en los entornos virtuales desempeña un papel crucial en los resultados del uso de la realidad virtual (RV) para la capacitación de empleados, principalmente en la promoción de la sensibilización respecto al riesgo inherente [8], [24]. En particular, se

han encontrado hallazgos relevantes enfocados en los operadores industriales, con el propósito de prevenir situaciones de riesgo y facilitar la ejecución segura de tareas industriales [7]. Estas herramientas también contribuyen significativamente a evitar la habituación al riesgo al exponer a los empleados a simulaciones realistas de situaciones de riesgo [22].

Sin embargo, en las pruebas de capacitación que utilizaron la realidad virtual (RV), se han reportado inconvenientes que incluyen inestabilidad, mareos debido al movimiento, falta de nitidez y bajos niveles de usabilidad tanto en el software como en el hardware [16]. Por lo tanto, resulta relevante examinar las herramientas que han demostrado un rendimiento destacado en estudios actualizados. En la Figura 4 se muestra la identificación de las principales herramientas de software utilizadas en los diferentes estudios analizados.



Figura 4. Principales herramientas de software

Como resultado de la indagación, se identificó que la principal herramienta de software utilizada para la creación de entornos virtuales es Unity, con un total de 8 menciones. Unity es ampliamente reconocida y utilizada en la industria debido que es una interfaz fácil de usar [20].

Además de Unity, se encontró que el software CAD (Computer-Aided Design) también fue mencionado en 3 ocasiones como una herramienta utilizada en el desarrollo de entornos virtuales, este es utilizado especialmente porque facilita la creación, importación y ensamblaje de estructuras [20, 23]. Asimismo, se registró una mención para las herramientas WorldComposer, OpenGL y Unreal Engine. Aunque estas herramientas obtuvieron menos menciones, siguen siendo reconocidas en la industria y ampliamente utilizadas en la creación de entornos virtuales.

En cuanto a los lenguajes de programación que pueden ser utilizados en los diferentes motores de RV, como se muestra en la Tabla 4, se destaca la prominencia de Matlab, principalmente como un recurso complementario para otorgar mayor calidad a la simulación en conjunto con otros programas. Ha sido utilizado para simular el comportamiento de sistemas eléctricos y replicar fallos y situaciones críticas inducidas por eventos externos e internos [20]. De esta forma, la capacitación tendrá mejores resultados al brindar una experiencia más realista.

Tabla 4.

Lenguajes de programación encontrados

Herramienta	Frecuencia
C#	1
C++	1
Matlab	2
Python	1
Total	5

Nota. La tabla revela que, entre los estudios incluidos, Matlab es la herramienta de desarrollo más mencionada, especialmente para el desarrollo de comportamientos físicos realistas.

Una vez que los entornos de RV han sido creados y se ha completado la programación, es esencial utilizar equipos especializados que permitan a los usuarios interactuar con dichos entornos, brindándoles una experiencia inmersiva y facilitando su interacción. Para lograr esto, se emplean dispositivos especiales para la visualización de los entornos virtuales, que incluyen visores y controles que permiten la interacción en el entorno virtual, estos dispositivos se muestran en la Figura 5.



Figura 5. Dispositivos para la interacción con entornos virtuales. Fuente: Elaborada por Diego y Poveda, 2019

En base a la revisión, se encontraron las principales herramientas de hardware, que incluyen tanto visores como controles, para la interacción con entornos virtuales que se muestran en la Figura 6. Los visores HTC Vive son los más mencionados, seguidos por Oculus Rift y Samsung

Gear VR. Estos dispositivos son accesibles en términos de presupuesto y son capaces de ofrecer experiencias de alta calidad, así como capacidades avanzadas de interacción [25].



Figura 6. Principales herramientas de hardware encontradas

Además, se identificaron otros dispositivos con menciones menos frecuentes debido a que su uso no ha sido tan extendido en el campo industrial. No obstante, estos dispositivos también pueden ofrecer una experiencia inmersiva de alta calidad a un costo reducido gracias a la popularización de los dispositivos de RV y el avance tecnológico en los últimos años [8]. Aunque se han identificado múltiples de estos dispositivos, que proporcionan diversas funcionalidades para la capacitación en la gestión de riesgos, es importante tener en cuenta que la experiencia y el conocimiento del usuario en la utilización de estos equipos también influyen en los resultados de adquisición de conocimientos y habilidades en este campo [24], por lo tanto, es importante evaluar este aspecto antes de llevar a la aplicación el uso de esta tecnología.

3.2. Beneficios de la realidad virtual en la capacitación en la gestión de riesgos

La implementación de un entorno virtual en el ámbito de procedimientos sobre petróleo y gas se ha encontrado que este entorno virtual sirve para capacitar a los trabajadores en el manejo de estos, disminuyendo así los riesgos y errores en el entorno real [13].

La incorporación de tecnologías, como realidad virtual y aumentada, en procesos comerciales e industriales, se ha demostrado que ofrecen numerosas ventajas en la formación de empleados de la industria, especialmente en términos de seguridad y conciencia de riesgos asociados a ciertos procedimientos [19]. Esto se debe en parte a las simulaciones inmersivas que ofrece la

tecnología, las cuales facilitan una mejor retención del conocimiento en comparación con los enfoques de capacitación tradicionales, siendo solo uno de los muchos beneficios identificados.

En la figura 6, se observan los principales beneficios que ofrece la aplicación de la tecnología de realidad virtual en relación con las capacitaciones para la gestión de riesgos en las organizaciones.



Figura 6. Beneficios de capacitación con RV relacionado a la gestión de riesgos

La irrupción de la Industria 4.0 ha impulsado el incremento de la eficiencia y la productividad en diversas áreas, posibilitando la automatización de tareas, la optimización de procesos y el aumento de la velocidad de ejecución. Uno de los ámbitos beneficiados por estos avances es la gestión de los recursos humanos y todos los conceptos inherentes a esta disciplina. Resulta innegable que los métodos de capacitación actuales para los empleados en diversas industrias se centran en la impartición de teoría de manera monótona y prolongada, lo cual resulta en una escasez de interacción que conlleva a una disminución del interés por parte de los empleados [15]. Por tanto, el surgimiento de tecnologías innovadoras, como la realidad virtual (RV), tiene un notable impacto al proporcionar beneficios enfocados en el conocimiento, el aprendizaje, la seguridad y la confianza. La RV optimiza la adaptación del nuevo personal, pues proporciona interfaces de interacción que simulan la naturalidad, lo cual genera una experiencia más placentera y facilita la transferencia de conocimiento potencial que surge al adaptarse a la experiencia real [19, 24].

En la investigación de [14] donde bajo el entrenamiento en un simulador para la operación de torno manual, se encontró que el desempeño de los operadores generaba menos errores y tiempos de interrupción para realizar la siguiente fase del proceso. Por lo que concluyó en una

ventaja estadística del entrenamiento en RV, contra la capacitación en video, teniendo como logro que el operador capacitado pueda recordar las fases y procesos de trabajo de una forma eficaz, confiable y precisa.

Acerca del desarrollo de un simulador de entrenamiento de operadores, luego de la construcción del software y el entrenamiento correspondiente de los operarios mediante el entorno de RV, efectuaron una comparación con la capacitación tradicional tipo conferencia, donde obtuvo como resultado que el efecto de la capacitación es aproximadamente 4,5 veces mejor e incluso, el costo pudo reducirse aproximadamente 8 veces [15].

Previsiblemente, otro de los beneficios más destacados de esta alternativa es su impacto en el ámbito económico. La implementación de tecnología inmersiva en la capacitación permite reducir tanto los costos como los riesgos asociados [8,19]. Además, al llevar a cabo los entrenamientos en este tipo de entorno inmersivo los principiantes no se ven expuestos a situaciones potencialmente peligrosas ni incurren en gastos derivados de reparaciones o adquisiciones de nuevos instrumentos [11, 13]. En consecuencia, se convierte en una opción rentable y segura para la realización de capacitaciones efectivas.

3.3. Limitaciones y desafíos de la realidad virtual en la capacitación en la gestión de riesgos

Se resalta la importancia de diferentes *stakeholders* para mejorar la SST (Seguridad y Salud en el Trabajo) en las empresas [21]. Sin embargo, no proporciona información detallada sobre estas perspectivas, lo que podría limitar la comprensión de los desafíos que enfrentan las diferentes partes interesadas y dificultar el desarrollo de estrategias efectivas. Además, los mismos autores afirman que es necesario crear un protocolo para asegurar la capacidad (consulta con médicos) de cada trabajador para utilizar las gafas de realidad virtual. Adicionalmente, se detectó limitaciones como un número reducido de participantes para realizar los experimentos, lo cual podría haber generado sesgos en los resultados obtenidos [24].

Se han desplegado numerosas aplicaciones de RV orientadas a la instrucción de operadores neófitos en las prácticas de optimización en distintas fases de la CDS, como es el caso de la robótica; sin embargo, los resultados concernientes a los beneficios que estos usuarios puedan adquirir al emplear dichas tecnologías parecen estar fragmentados y presentar contradicciones entre sí [7].

De acuerdo con [16], es posible que el hardware disponible actualmente no sea adecuado para todas las tareas y etapas de la producción industrial, y los fabricantes de hardware desempeñan un papel clave para facilitar (o dificultar) la adopción generalizada de la tecnología AR/VR. Por otro lado, uno de los desafíos encontrados es el desarrollo de sistemas de RV para la capacitación colaborativa que mantengan una latencia aceptable a medida que el número de usuarios aumenta, lo cual es importante en una aplicación real de esta tecnología [17].

En la misma línea, [12] mencionan que la efectividad de la RV para incrementar la conciencia de los operarios sobre la poca visibilidad durante el uso de maquinaria pesada fue marginal a comparación de un entrenamiento mediante un programa de escritorio o un entrenamiento tradicional, en donde las tres implementaciones consiguieron resultados menores al mínimo aceptable de la prueba tomada para garantizar una correcta transferencia de conocimiento sobre el tema. Finalmente, los autores comentan que el espacio tridimensional diseñado para el entorno virtual no era lo suficientemente preciso para entrenar correctamente sobre problemas de visibilidad y puntos ciegos en el manejo de equipos industriales.

4. Conclusiones

La revisión sistemática realizada ha identificado que la realidad virtual (RV) es una herramienta efectiva para la formación de trabajadores de la cadena de suministro en gestión de riesgos. Se destaca su capacidad para fortalecer las habilidades de prevención e identificación de riesgos, fomentar la seguridad y la salud durante el trabajo, así como reducir costos. El uso de la RV evita la necesidad de adquirir equipos y materiales reales, al tiempo que minimiza los riesgos al no exponer a los aprendices a situaciones peligrosas. Así mismo, como resultado de la revisión, se identificaron las herramientas principales, como Unity como motor gráfico y Matlab u otros lenguajes de programación para mejorar la precisión de las simulaciones en términos de comportamiento físico realista. Se identificaron también limitantes y desafíos, siendo los principales la adquisición de los dispositivos de realidad virtual y el poco beneficio en la transferencia de conocimiento a comparación de métodos tradicionales. A pesar de ello, la mayoría de los estudios analizados presentan resultados positivos y ofrecen una perspectiva prometedora sobre el futuro de la virtualización.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Chiplunkar, Z. & Sajeli, B. (2023). The Past Present and Future of Virtual and Augmented Reality. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*, 270–275. <https://doi.org/10.48175/ijarsct-815>
- [2] Han, Y. (2023). Virtual Reality in Engineering Education. *SHS Web of Conferences* (Vol. 157, p. 02001). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/shsconf/202315702001>
- [3] Chen, C. L. (2019). Value creation by SMEs participating in global value chains under industry 4.0 trend: Case study of textile industry in Taiwan. *Journal of Global Information Technology Management*, 22(2), 120-145. <https://doi.org/10.1080/1097198X.2019.1603512>
- [4] Ghobakhloo, M., & Iranmanesh, M. (2021). Digital transformation success under Industry 4.0: a strategic guideline for manufacturing SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 32(8), 1533–1556. <https://doi.org/10.1108/JMTM-11-2020-0455>
- [5] Belman-Lopez, C. E., Jiménez-García, J. A., & Hernández-González, S. (2020). Análisis exhaustivo de los principios de diseño en el contexto de industria 4.0. *Revista Iberoamericana De Automatica E Informatica Industrial*, 17(4), 432. <https://doi.org/10.4995/riai.2020.12579>
- [6] Checa, D., Martínez, K., Osornio-Rios, R. A., & Bustillo, A. (2021). Virtual reality opportunities in the reduction of occupational hazards in industry 4.0. *Dyna* (Spain), 96(6), 620–626. <https://doi.org/10.6036/10241>
- [7] Monetti, F. M., de Giorgio, A., Yu, H., Maffei, A., & Romero, M. (2022). An experimental study of the impact of virtual reality training on manufacturing operators on industrial robotic tasks. *Procedia CIRP*, 106, 33–38. <https://doi.org/10.1016/J.PROCIR.2022.02.151>
- [8] Diego, J. A., & Poveda, R. (2019). Realidad virtual para la mejora de los procesos formativos de los trabajadores para la prevención de riesgos ergonómicos. *Comunicaciones Presentadas al XXIII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos: Celebrado En Málaga Del 10 al 12 de Julio de 2019*, 2019, 8. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8223851>
- [9] Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E.,

- McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- [10] Centro Cochrane Iberoamericano (2012). Manual Cochrane de Revisiones Sistemáticas de Intervenciones. https://es.cochrane.org/sites/es.cochrane.org/files/uploads/Manual_Cochrane_510_redui_t.pdf
- [11] Shringi, A., Arashpour, M., Golafshani, E. M., Rajabifard, A., Dwyer, T., & Li, H. (2022). Efficiency of VR-Based Safety Training for Construction Equipment: Hazard Recognition in Heavy Machinery Operations. *Buildings*, 12(12). <https://doi.org/10.3390/buildings12122084>
- [12] Gauthier, S., Leduc, M., Perfetto, S. J., & Godwin, A. (2022). Use of Virtual Reality to Increase Awareness of Line-of-Sight Hazards around Industrial Equipment. *Safety*, 8(3). <https://doi.org/10.3390/SAFETY8030052>
- [13] García, C. A., Naranjo, J. E., Ortiz, A., & García, M. V. (2019). An Approach of Virtual Reality Environment for Technicians Training in Upstream Sector. *IFAC-PapersOnLine*, 52(9), 285–291. <https://doi.org/10.1016/J.IFACOL.2019.08.222>
- [14] Hashimoto, N. (2023). Training Simulator for Manual Lathe Operation Using Motion Capture - Addition of Teaching Function and Evaluation of Training Effectiveness –. *Journal of Robotics and Mechatronics*, 35(1), 145–152. <https://doi.org/10.20965/JRM.2023.P0145>
- [15] Lee, J., & Ma, B. (2023). An Operator Training Simulator to Enable Responses to Chemical Accidents through Mutual Cooperation between the Participants. *Applied Sciences 2023, Vol. 13, Page 1382*, 13(3), 1382. <https://doi.org/10.3390/APP13031382>
- [16] Masiello, I., Herault, R., Mansfeld, M., & Skogqvist, M. (2022). Simulation-Based VR Training for the Nuclear Sector—A Pilot Study. *Sustainability 2022, Vol. 14, Page 7984*, 14(13), 7984. <https://doi.org/10.3390/SU14137984>
- [17] Vidal-Balea, A., Blanco-Novoa, O., Fraga-Lamas, P., Vilar-Montesinos, M., & Fernández-Caramés, T. M. (2021). Collaborative Augmented Digital Twin: A Novel Open-Source Augmented Reality Solution for Training and Maintenance Processes in the Shipyard of the Future. *Engineering Proceedings 2021, Vol. 7, Page 10*, 7(1), 10. <https://doi.org/10.3390/ENGPROC2021007010>
- [18] Lanyi, C. S., & Withers, J. D. A. (2020). Striving for a Safer and More Ergonomic Workplace: Acceptability and Human Factors Related to the Adoption of AR/VR Glasses

- in Industry 4.0. *Smart Cities 2020*, Vol. 3, Pages 289-307, 3(2), 289–307. <https://doi.org/10.3390/SMARTCITIES3020016>
- [19] Lalić, D., Bošković, D., Milić, B., Havzi, S., & Spajić, J. (2020). Virtual and Augmented Reality as a Digital Support to HR Systems in Production Management. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 591 IFIP, 469–478. https://doi.org/10.1007/978-3-030-57993-7_53
- [20] Moreno, E. F., Pacheco, E. E., Andaluz, V. H., & Mullo, Á. S. (2020). Multi-user Expert System for Operation and Maintenance in Energized Lines. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 1130 AISC, 454–472. https://doi.org/10.1007/978-3-030-39442-4_34
- [21] Arana-Landín, G., Laskurain-Iturbe, I., Iturrate, M., & Landeta-Manzano, B. (2023). Assessing the influence of industry 4.0 technologies on occupational health and safety. *Heliyon*, 9(3), e13720. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2023.E13720>
- [22] Kim, N., Grégoire, L., Razavi, M., Yan, N., Ahn, C. R., & Anderson, B. A. (2023). Virtual accident curb risk habituation in workers by restoring sensory responses to real-world warning. *IScience*, 26(1), 105827. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.105827>
- [23] Ji, Z., Wang, Y., Zhang, Y., Gao, Y., Cao, Y., & Yang, S.-H. (2023). Integrating diminished quality of life with virtual reality for occupational health and safety training. *Safety Science*, 158, 105999. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105999>
- [24] Menin, A., Torchelsen, R., & Nedel, L. (2022). The effects of VR in training simulators: Exploring perception and knowledge gain. *Computers & Graphics*, 102, 402–412. <https://doi.org/10.1016/j.cag.2021.09.015>
- [25] Cardenas, V., & Olarte, F. A. (2022). Entrenamiento en gestión del riesgo en realidad virtual: Diseño e implementación de un entorno de entrenamiento para la prevención y gestión del riesgo laboral basado en realidad virtual e interacción háptica. *EDUTECH REVIEW: International Education Technologies Review / Revista Internacional de Tecnologías Educativas*, ISSN-e 2695-9925, Vol. 9, Nº. 1, 2022, Págs. 31-44, 9(1), 31–44. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8631384&info=resumen&idioma=EN>
- [G](#)

GESTIÓN DE OPERACIONES INDUSTRIALES



Esta obra está publicada bajo una [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
TRUJILLO

FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRUJILLO, PERÚ
Julio, 2023

AI METHODOLOGIES APPLIED TO THE SUPPLY CHAIN: A SYSTEMATIC REVIEW

Julio Enrique Marreros Urquiza^{1*}; Elvis Steve Ortiz Centurion¹; Diego Manuel Acosta Aguilar¹; Fernando Marcelo Infante Villalobos¹; Raphael Andre Prieto Pastor¹

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Trujillo. Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

* Autor de correspondencia: t043300520@unitru.edu.pe (J. Marreros)

ABSTRACT

The technological development of AI, which is improving all the time. This new development offers applications that are very useful, especially for companies that want to differentiate themselves from their competition by implementing AI in their supply chain. This article aims to develop a literature review to investigate what are the AI methodologies applied in the supply chain and what benefits it generates, in this process the PRISMA methodology was used to reference information from articles in databases such as: Scielo, Scopus, Google Scholar and Dialnet; in this way it has been determined, through the discussion of the results, that the implementation of AI in the supply chain has a great impact by automating key processes that are carried out.

Keywords: Technology, business optimization, algorithms.

METODOLOGÍAS DE IA APLICADAS EN LA CADENA DE SUMINISTRO: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

RESUMEN

El desarrollo tecnológico de la IA que cada vez se va mejorando, esta novedad ofrece aplicaciones que resultan de gran utilidad sobre todo a las empresas que quieran resaltar por sobre su competencia al implementar la IA en su cadena de suministros. Este artículo tiene como propósito elaborar una revisión bibliográfica para investigar cuales son las metodologías de IA aplicadas en la cadena de suministros y que beneficios genera, en este proceso se usó la metodología PRISMA para tomar como referencia la información de artículos en bases de datos como: Scielo, Scopus, Google Académico y Dialnet; de esta forma se ha logrado determinar, a través de la discusión de los resultados, que la implementación de la IA en la cadena de suministros tiene un gran impacto al automatizar los procesos clave que se llevan a cabo.

Palabras clave: Tecnología, optimización de negocio, algoritmos.

1. Introducción

Hoy en día, el rendimiento de la cadena de suministro es fundamental para la eficiencia empresarial. La capacidad de gestionar eficazmente la planificación, el abastecimiento, etc; de productos es fundamental con el fin de salvaguardar una posición de supremacía en un contexto de competencia en un mercado globalizado y en constante cambio [12]. Con esto en mente, la implementación de inteligencia artificial (IA) en la cadena de suministro se ha convertido en una solución prometedora con el objetivo de potenciar la eficiencia, la precisión y la capacidad para tomar decisiones en este dominio específico [5].

Mediante el uso de algoritmos avanzados de aprendizaje automático y técnicas de optimización, la IA brinda a las empresas la oportunidad de optimizar sus operaciones, reducir costos, mitigar riesgos y mejorar la experiencia del cliente respecto al producto o servicio [6]; esto se logra porque la integración de la IA en cada etapa del proceso de la cadena de suministro tiene el potencial de mejorar significativamente la eficiencia y facilitar la toma de decisiones informadas [12]. Las empresas se enfrentan a retos complejos como cambios en la demanda, incertidumbre del mercado, plazos ajustados y optimización de los recursos disponibles. Ante estos desafíos, la IA se ha convertido en un motor para mejorar la toma de decisiones y una gestión de la cadena de suministro más flexible, eficiente y rentable [5].

La gestión adecuada de la logística es esencial para que las empresas tengan éxito en un entorno globalizado y competitivo. La aplicación de la IA en la gestión de la cadena de suministro ofrece una perspectiva innovadora y transformadora al aprovechar su capacidad para analizar grandes volúmenes de datos, detectar patrones y tendencias, y realizar predicciones precisas [24].

¿Qué metodologías de Inteligencia Artificial han sido implementadas en la cadena de suministro y cómo estas han influenciado? Esta es una pregunta la cual llevó a la realización de este estudio. El estudio buscó analizar cómo estas metodologías han sido implementadas en diferentes áreas de la cadena de suministro y evaluar su impacto en términos de optimización de procesos, reducción de costos, mejora de la eficiencia y seguridad, detección y gestión de riesgos, así como en aplicaciones relacionadas con el marketing empresarial. En resumen, el objetivo fue examinar cómo la IA ha influido en la gestión de la cadena de suministro y cómo ha mejorado diversos aspectos clave en la misma.

2. Metodología

Se realizó un estudio basado en la revisión exhaustiva de documentos utilizando el procedimiento PRISMA como referencia. La pregunta principal que dirigió la implementación de la metodología fue la siguiente: ¿Qué metodologías de Inteligencia Artificial han sido implementadas en la cadena de suministro y cómo estas han influido? Se recopiló un total de 45 artículos científicos. Se utilizaron las siguientes palabras claves: “IA y cadena de suministro” (IACS), “Impacto de IA en cadena de suministro” (IIACS), “Metodologías de IA para la Cadena de Suministro” (MIACS), “Importancia de las metodologías de IA, en la cadena de suministro” (IMIACS), “Cadena de suministro y metodologías de IA” (CSMIA).

Tabla 1
Tamaño de la muestra

Términos	Scopus	Dialnet	Scielo	Google Académico
IACS	2	1	5	6
IMACS	2	-	1	4
OCSIA	3	1	1	-
IIACS	1	2	4	1
CSO	1	1	1	3
+	1	-	2	2
TOTAL: 45	10	5	14	16

Nota: “+” indica la combinación de términos o términos equivalentes al tema de investigación. “-”, hace referencia a 0 artículos encontrados o artículos sin relevancia para este estudio

La recolección de información se obtuvo de la variedad de artículos encontrados en las bases de datos como Scopus, Scielo. Un criterio para incluir la información es que los artículos hayan sido publicados entre 2018 y 2023. Además, se consideró con la finalidad de abordar las metodologías de IA aplicadas en las cadenas de suministros, los encabezados “IA y Cadena de suministro”, “Impacto de la IA, en la cadena de suministro”, “Metodologías de IA en cadena de suministro”.

Tabla 2

Criterios de inclusión y exclusión

Criterios	
Inclusión	I01 Artículos publicados entre el 2018 a 2023
	I02 Artículos relacionados con la IA y cadena de suministro
	I03 Artículos en idioma inglés y español
Exclusión	E01 Artículos comunes, o que no están relacionados con las TIC
	E02 Artículos publicados que no sea muy antiguos, respecto al tiempo que se tiene considerado
	E03 Artículos en idiomas diferentes al inglés y español
	E04 Artículos por su menor relevancia

Nota: Los criterios fueron elegidos para poder obtener una muestra menor y con más relevancia para el estudio

El proceso de exclusión se representa de manera similar en la Figura 1. En la Fase 1, se comienza buscando información relacionada con el tema de investigación y se definen los términos de búsqueda. En la Fase 2, se procede a reducir el número de artículos considerando aquellos que sean similares, demasiado antiguos o aquellos escritos en idiomas distintos al español o inglés. Por último, en la Fase 3, se eliminan aquellos artículos que sean menos relevantes, dejando un total de 26 artículos para el análisis de la información.

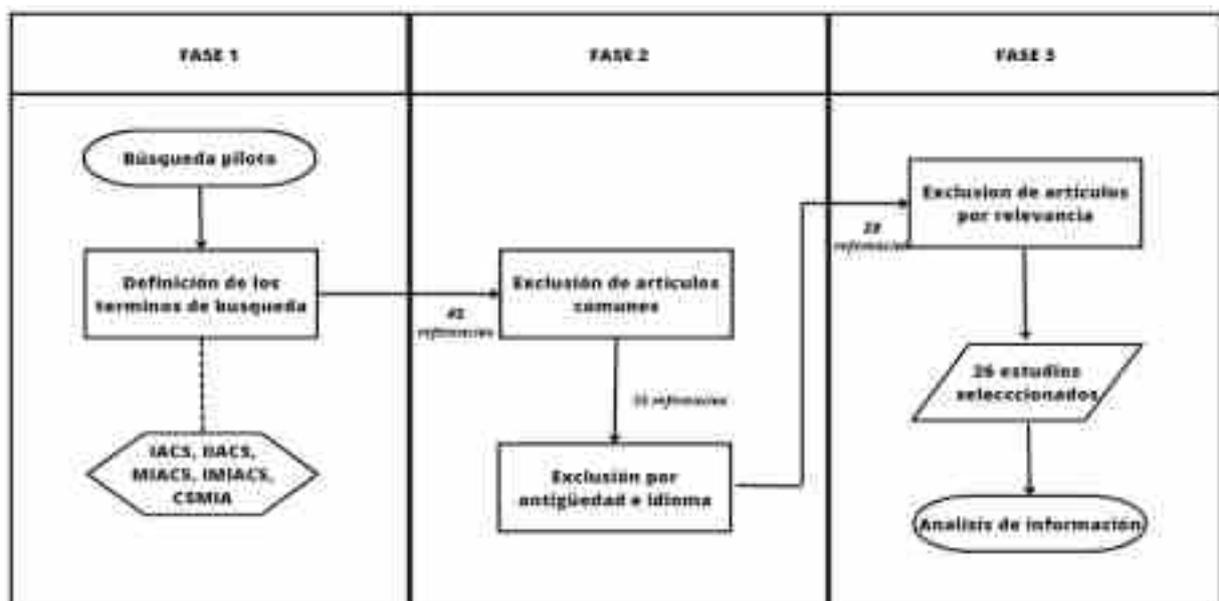


Figura 1. Proceso de exclusión

3. Resultados

3.1 Análisis Bibliométrico

Para la obtención de resultados, los registros obtenidos de la base de datos de SCOPUS, se cargaron en el VOSviewer y se sometieron a un análisis, lo cuales se realizaron una lectura de las relaciones de términos por grupos, se puede evidenciar 10 grupos, cada uno correspondiente a un color en la Figura 2. La palabras con mayor reiteración son *supply chain*, *technology*, *intelligent system*, *neural network*, *artificial intelligence*, *inventory*, *logistics*

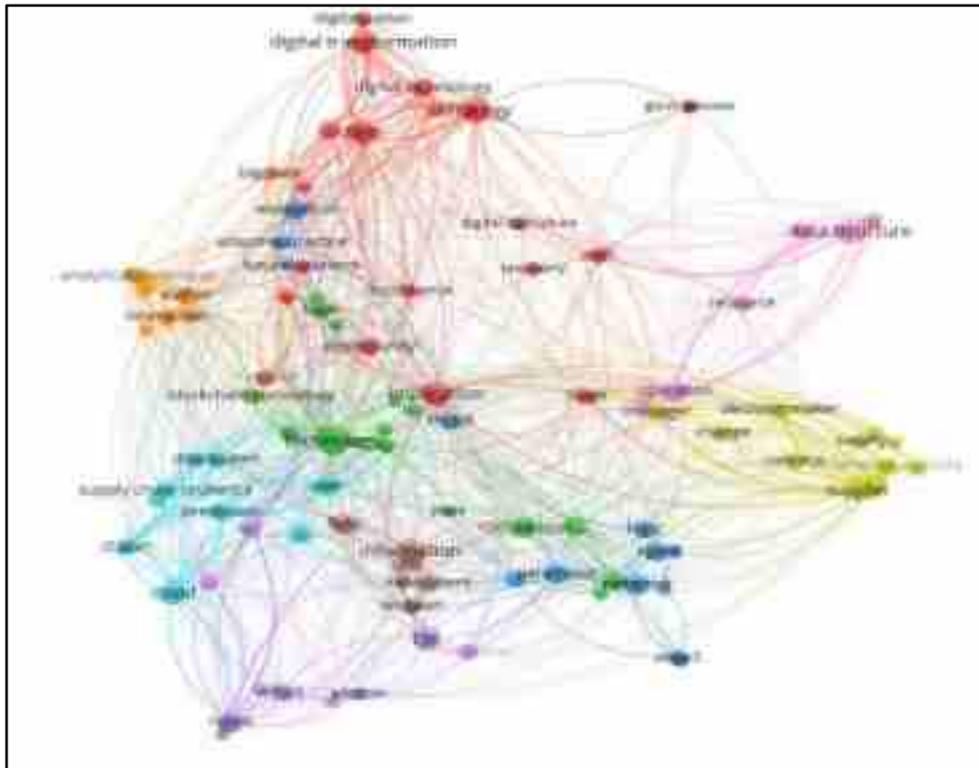


Figura 2. Términos de mayor reiteración en el campo de la IA y cadena de suministro

3.2. Uso de la IA para la optimización de inventario

La IA puede mejorar la gestión de inventarios al analizar datos históricos y en tiempo real, identificando patrones y tendencias con el objetivo de anticipar la magnitud de la solicitud y ajustar los niveles de inventario de manera más precisa. Esto colabora en la disminución de los gastos asociados con el exceso o la escasez de inventario.

Por lo tanto, cabe resaltar los diversos beneficios de las soluciones que presenta la inteligencia artificial, tal como menciona el estudio [20], se posibilita una planificación y gestión mejorada de los inventarios, lo cual contribuye a una mayor seguridad tanto para los trabajadores como para los productos. Además, la inteligencia artificial puede analizar datos relacionados con la

seguridad en el lugar de trabajo y alertar a los responsables sobre posibles riesgos. Asimismo, puede monitorear los parámetros de inventario, actualizar las operaciones y ofrecer retroalimentación y mantenimiento preventivo.

Las diversas soluciones se resaltan en diversos beneficios, tal como señala el estudio [6], se destaca que la administración de existencias es un factor que se considera como una ventaja competitiva en la cadena de suministro. Además, se señala que la administración de existencias influye en la satisfacción de los clientes, la rentabilidad y la identificación de la clientela.

La aplicación de soluciones automatizadas impulsadas por inteligencia artificial posibilita una planificación y gestión mejorada de los inventarios, lo cual contribuye a una mayor seguridad tanto para los trabajadores como para los productos. Además, la inteligencia artificial puede analizar datos relacionados con la seguridad en el lugar de trabajo y alertar a los responsables sobre posibles riesgos. Asimismo, puede monitorear los parámetros de inventario, actualizar las operaciones y ofrecer retroalimentación y mantenimiento preventivo.

En el estudio [3] señala que la utilización de inteligencia artificial puede tener un efecto positivo en la gestión del inventario, lo cual puede traducirse en una mayor eficiencia en el manejo de almacenes, una optimización de los protocolos de seguridad y una disminución significativa en los gastos asociados.

Asimismo, la implementación de la IA en la gestión del inventario puede generar un impacto positivo al mejorar la eficiencia y la agilidad en las cadenas de suministro.



Figura 3. Redes neuronales en la optimización de inventario

3.3 IA en el transporte

Los algoritmos de IA pueden optimizar las rutas de entrega, además, la inteligencia artificial facilita la planificación eficiente en cuanto a asignar recursos se refiere y a la gestión de flotas de transporte. En logística y transporte, la inteligencia artificial se ha convertido en una herramienta indispensable para mejorar la eficiencia y optimizar los procesos en todos los eslabones de la cadena de suministro. Según el citado estudio [4], la inteligencia artificial puede predecir, automatizar y optimizar rutas, así como utilizar herramientas en la parte de gestión y mejorar la experiencia del cliente. También se utiliza para optimizar la oferta y la demanda, controlar los activos, administrar el inventario, acelerar las entregas, realizar el mantenimiento, brindar servicio al cliente y determinar los precios adecuados.

Según el estudio [23], el aprendizaje automático se utiliza ampliamente en la logística y el transporte. Se aplican técnicas de aprendizaje supervisado para predecir la demanda, clasificar productos o envíos, detectar anomalías en la cadena de suministro y optimizar la planificación de rutas. El aprendizaje no supervisado se utiliza para agrupar y segmentar datos, como clientes o productos, para mejorar lo concerniente a tomar decisiones que guíen la empresa. Asimismo en el estudio[4] nos menciona que mediante el uso de técnicas de IA, como el aprendizaje profundo (Deep Learning) y el procesamiento del lenguaje natural (NLP), es posible analizar los datos de sensores y registros de mantenimiento para detectar posibles anomalías o fallos en los vehículos de transporte. Esto permite realizar mantenimiento predictivo, identificar problemas antes de que se produzcan y minimizar los tiempos de inactividad.

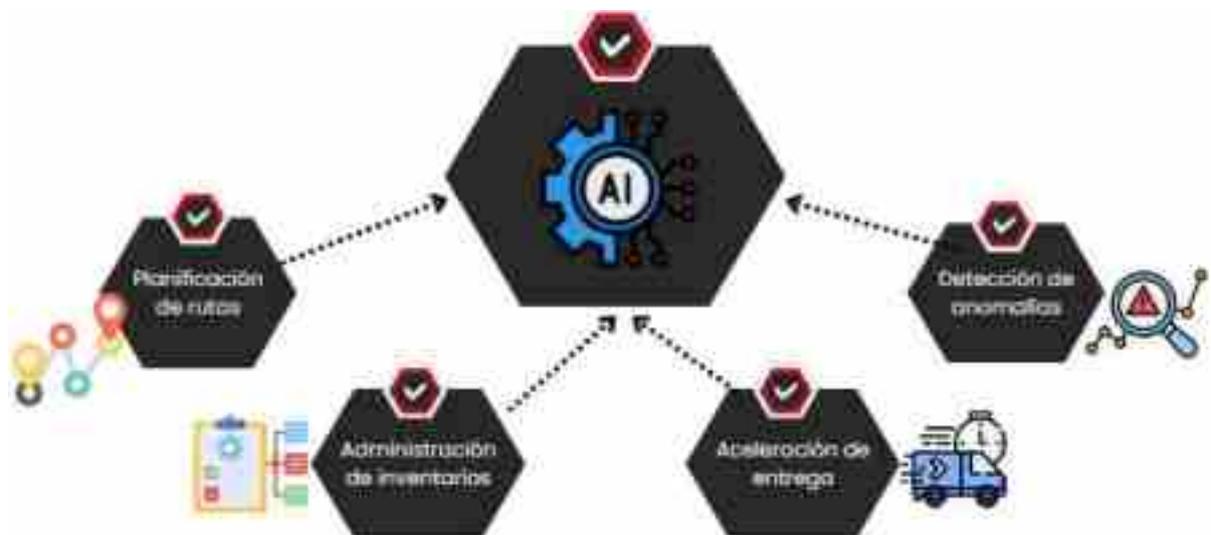


Figura 4. Metodologías de IA en el transporte

3.4. Detección y gestión de riesgos

La inteligencia artificial tiene la capacidad de examinar datos en tiempo real que provengan de diversas fuentes, como sensores y sistemas de monitoreo, con el objetivo de identificar irregularidades y peligros en la cadena de suministro. Esto abarca la detección anticipada de inconvenientes en la calidad del producto, demoras en la entrega, fluctuaciones en los precios de los materiales y otros aspectos relevantes. La detección temprana posibilita una respuesta ágil y una gestión proactiva de los riesgos.

Se hace referencia en el estudio [23] a la utilización de técnicas de aprendizaje automático y sistemas expertos para predecir y evaluar la calidad de los productos en la cadena de suministro. Por ejemplo, se mencionan las Redes Neuronales Artificiales (ANN) utilizadas en diversos campos debido a su capacidad para aprender y reconocer patrones complejos en los datos. Estas redes son especialmente útiles en problemas de clasificación, reconocimiento de imágenes, procesamiento del lenguaje natural, pronóstico y optimización.

También en el contexto de la IA, las redes bayesianas son utilizadas para el razonamiento probabilístico, el diagnóstico médico, la toma de decisiones, la planificación, el análisis de riesgos, entre otros. Estas redes permiten modelar la dependencia entre variables y calcular la probabilidad de un evento dado el conocimiento previo y la evidencia observada. las Redes Bayesianas (Bayesian Networks).

Según el estudio [22], se utilizan técnicas de aprendizaje automático para desarrollar modelos de riesgo personalizados y adaptados a las características específicas de la cadena de suministro de una organización. Estos modelos evalúan factores como la probabilidad de interrupciones en la cadena de suministro, la calidad de los proveedores, los riesgos financieros, las fluctuaciones de precios y otros aspectos relevantes. Esto permite una evaluación más precisa y personalizada de los riesgos asociados a la cadena de suministro.



Figura 5. Metodologías aplicadas a la detección y gestión de riesgos

3.5. IA en el marketing

La forma en que se presenta un producto o servicio es muy importante en la construcción de relaciones con los clientes. Entre algunas de los métodos usados en esta área respecto a la IA, tenemos los mencionados en el estudio [6] donde se distinguen algunos apartados como la atención al cliente, aquí actúan los chatbots que facilitan el proceso de consulta y principalmente está siendo utilizado en empresas de servicios. También es preciso hablar sobre el Data-Driven Marketing (Marketing Basado en Datos), que significa usar la información de los clientes para mejorar la experiencia con la empresa; aquí, a través, de la IA se puede crear contenido (blogs, música, imágenes) automático para llamar la atención de las personas a través de las redes sociales.

Adicional a esto tenemos la información obtenida a partir de entrevistas en el estudio de [12] se menciona que a través del Big Data y la IA se puede personalizar la entrega del producto o servicio para que se ajuste mucho más a las necesidades del cliente gracias a las herramientas de análisis y resumen de datos que traen como resultados tableros, indicadores. La IA se utiliza para ofrecer recomendaciones personalizadas a los clientes. A través del análisis de datos de comportamiento, preferencias y patrones de compra, los sistemas de IA pueden generar recomendaciones relevantes y específicas para cada cliente. Esto se aplica en la recomendación de productos, contenido personalizado, ofertas especiales y experiencias adaptadas a las necesidades individuales de los clientes [6].

Según el estudio [9], la IA se puede utilizar para analizar el accionar del cliente en las redes sociales y otras plataformas en línea. Esto proporciona información valiosa sobre la percepción de la marca, las opiniones de los clientes y las tendencias del mercado. Con estos datos, las empresas pueden ajustar su estrategia de marketing y adaptar sus mensajes para mejorar la imagen de la marca respecto al público y aprovechar oportunidades emergentes.



Figura 6. Metodologías de IA en el Data-Driven Marketing

4. Discusiones

La finalidad del estudio presentado fue analizar el impacto de las metodologías de IA en la cadena de suministro. Se sostiene que estas metodologías han tenido un efecto beneficioso en la gestión de la cadena de suministro, al optimizar diferentes procesos y mejorar la eficiencia en la circulación de productos y servicios.

La aplicación de la inteligencia artificial (IA) en la gestión de inventarios ha demostrado ser beneficiosa en varios aspectos. En primer lugar, la IA analiza datos históricos y en tiempo real para predecir la demanda y ajustar los niveles de inventario de manera más precisa. Esto ayuda a reducir los costos asociados con el exceso o la escasez de inventario. Por ejemplo, en el estudio [6] la IA contribuye a una mayor seguridad tanto para los trabajadores como para los productos al permitir una planificación y gestión mejorada de los inventarios, así como el monitoreo de parámetros y la alerta sobre posibles riesgos en el lugar de trabajo. También en el estudio [3] se destaca que la gestión de inventario influye en la satisfacción de los clientes, la rentabilidad y la identificación de la clientela.

La IA desempeña un papel fundamental en la optimización de la logística y el transporte. Mediante algoritmos de IA, es posible optimizar las rutas de transporte, minimizando costos y tiempos de entrega. Por ejemplo, en el estudio [4], la IA facilita la planificación eficiente de la asignación de recursos y la gestión de flotas de transporte. Se ha comprobado que la aplicación de la IA en este campo mejora la eficiencia y optimiza los procesos en todas las etapas de la cadena de suministro. Desde la predicción y automatización de rutas hasta la mejora de la experiencia del cliente, la IA permite controlar activos, gestionar inventarios, agilizar la distribución y brindar una atención a la cliente más efectiva.

También la IA tiene la capacidad de examinar información en tiempo real y detectar irregularidades y peligros en la cadena de suministro. Esto implica la detección anticipada de problemas en la calidad del producto, demoras en la entrega, fluctuaciones en los precios de los materiales y otros aspectos relevantes.

La detección temprana posibilita una respuesta ágil y una gestión proactiva de los riesgos, por ejemplo [23], indica que las técnicas de aprendizaje automático y los sistemas expertos utilizados en la IA, como las Redes Neuronales Artificiales (ANN), son especialmente útiles para predecir y evaluar la calidad de los productos en la cadena de suministro. Estas técnicas permiten aprender y reconocer patrones complejos en los datos, lo que ayuda a optimizar la gestión de riesgos.

Por un lado, en el estudio [6], indica que el aprendizaje automático permite analizar grandes volúmenes de datos históricos y en tiempo real para predecir la demanda, optimizar las rutas de transporte, estimar tiempos de entrega y prevenir retrasos. Además, la IA facilita la detección de anomalías y el mantenimiento predictivo, utilizando algoritmos que analizan datos de sensores y registros de mantenimiento para identificar posibles problemas antes de que ocurran y minimizar los tiempos de inactividad. Por otro lado, en el estudio [4], la optimización de rutas mediante técnicas de IA, como algoritmos genéticos y la optimización combinatoria, ayuda a encontrar las rutas más eficientes, considerando factores como la distancia, el tráfico, los tiempos de entrega y las restricciones específicas. Esto reduce costos, mejora la eficiencia operativa y agiliza el flujo de mercancías a lo largo de la cadena de suministro. En conjunto, estas metodologías de IA están transformando la logística y el transporte, optimizando las operaciones y mejorando la calidad y eficiencia de los servicios en la cadena de suministro.

Respecto a los resultados relacionado con el marketing se resalta lo mencionado en [12] donde a través de la IA se puede detectar los intereses de las personas, esto es muy útil dado que le mejora el panorama a la empresa en cuanto a lo que tiene que hacer para fortalecer las reclamaciones con los consumidores; ya sea para cambiar las características del producto para que se familiarice más con el público objetivo o incluso cambiar la localidad del negocio para facilitar el acceso y seguridad de las personas. En resumen, la IA es útil dado a que se usa para interpretar la información y resumir en tablas, gráficos y cualquier otro método de síntesis de datos. Esta aplicación se relaciona y es potenciada con la creación de contenido automático mencionada en el estudio [6] ya que, una vez detectados los intereses de las personas, la IA puede proceder a crear contenido ajustado a ese público objetivo. Generar contenido en masa es de gran utilidad dado que a través de las redes sociales se puede popularizar más rápido dado que se entrega de distintas formas: la IA puede publicitar el producto o servicio a través de fotos, vídeos, blogs en una web, etc; lo importante es que todo está automatizado y realizado en base a la información previamente detectada.

5. Conclusiones

Se logró responder a la pregunta de estudio, obteniendo varias razones de cómo influyen las metodologías de IA en la cadena de suministro, y cuáles son algunas de estas, por lo tanto, se concluye que las metodologías de IA implementadas en la cadena han influido positivamente en la gestión de inventarios, la optimización de logística y transporte, la detección y gestión de riesgos, y en aplicaciones relacionadas con el marketing empresarial. Estas metodologías han permitido una mayor precisión en la predicción de la demanda, una mejora en la rapidez y la seguridad, la reducción del coste y la personalización de la experiencia del cliente.

La IA ha sido utilizada para examinar información en tiempo real y detectar irregularidades y peligros en la cadena de suministro. A través de técnicas de aprendizaje automático y sistemas expertos, como las Redes Neuronales Artificiales (ANN), se han podido predecir y evaluar la calidad de los productos, así como identificar posibles problemas en la entrega, fluctuaciones en los precios y otros riesgos relevantes. Esto ha permitido una gestión proactiva de los riesgos y una respuesta ágil ante situaciones adversas.

Asimismo, estas han sido aplicadas para analizar el historial de datos en tiempo real con el fin de predecir el mercado de la demanda y ajustar el inventario de manera precisa. Esto ha ayudado a reducir los costos asociados con el exceso o la escasez de inventario, al tiempo que ha contribuido a una mayor seguridad para los trabajadores y los productos. Además, la gestión de inventario ha demostrado influir en la satisfacción de los clientes, la rentabilidad y la identificación de la clientela.

Además, se encontró que la IA puede ser usada como herramienta para el área de marketing a través de dos puntos importantes: la detección de intereses y la generación de contenido automático. Ambas se potencian mutuamente siendo la segunda una aplicación útil de los resultados de la primera con la finalidad de ayudar a familiarizar el producto o servicio con el consumidor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Alomar M. (2022). *Performance Optimization of Industrial Supply Chain Using Artificial Intelligence*. Hindawi. <https://doi.org/10.1155/2022/9306265>
- [2] Arango, I. (2021). *Oportunidades Para La Transformación Digital De La Cadena De Suministro Del Sector Bananero Basado En Software Con Inteligencia Artificial*. Redalyc. <https://www.redalyc.org/journal/6078/607868325004/607868325004.pdf>
- [3] Budet, X., y Pérez, A. (2018) *Innovaciones tecnológicas en la cadena de suministro aplicadas al eCommerce*. Comein. https://comein.uoc.edu/divulgacio/oikonomics/recursos/documents/09/4_Budet-Perez2_Oikonomics_9_A4_cast.pdf
- [4] Cárdenes, J. (2022). *La aplicación de Big Data e Inteligencia Artificial en logística y transporte para la optimización de procesos en empresas*. Repositorio Comillas. <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/56434>
- [5] Ceballos, E. (2022). *Inteligencia artificial y aprendizaje automático en la gestión logística en la industria*. Repositorio Abierto de la Universidad de Cantabria. <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/26687>
- [6] Cook, C. (2022). *Inteligencia Artificial y Big Data en el Marketing: Publicidad programática y el uso de datos personales*. Repositorio Comillas. <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/63245>
- [7] Crespo de Carvalho, J. (2019). *Artificial Intelligence in Supply Chains*. Repositório Universidade Nova. https://run.unl.pt/bitstream/10362/69190/1/Zapke_2019.pdf
- [8] Dash, R., McMurtrey, M., Rebman, C., y Kar U. K. (2019). *Application of Artificial Intelligence in Automation of Supply Chain Management*. Businesspress. http://www.m.www.na-businesspress.com/JSIS/JSIS14-3/DashR_14_3_.pdf
- [9] Dubey R., Bryde J., Blome C., Roubaud D., y Giannakis M. (2021). *Facilitating artificial intelligence powered supply chain analytics through alliance management during the pandemic crises in the B2B context*. National Library of Medicine. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9749963/pdf/main.pdf>
- [10] De la Cruz Rodríguez, G. R., Pacheco Guzmán, J. C. J., Quispe Sánchez, E. S., Ríos Reyes, J. A., Vásquez Chiclayo, R. Y., y Vigo Rodríguez, D. (2022). *Artificial intelligence for the integration of blockchain in the supply chain:A systematic review*.

- [11] Flórez, M., Briceño, J. (2020). *Aplicación de la inteligencia artificial en el transporte internacional de mercancías*. Repositorio Esumer. <https://repositorio.esumer.edu.co/bitstream/esumer/2637/1/Aplicaci%c3%b3n%20de%20la%20inteligencia%20artificial%20en%20el%20transporte%20internacional%20de%20mercanc%c3%adas.pdf>
- [12] Mariano E. (2022) *Big Data e inteligencia artificial en las pequeñas y medianas empresas de Córdoba*. Universidad Siglo 21. <https://repositorio.uesiglo21.edu.ar/handle/ues21/25777>
- [13] Martínez, M.. (2021). *Aplicación de la Industria 4.0 en la Cadena de Suministros*. Universidad de Jaén. [Portada TFG \(ujaen.es\)](#)
- [14] Mayenquer, M. (2021). *Inteligencia Artificial en las Empresas de Transporte Internacional de Mercancías por Carretera de Tulcán, y los efectos en la Facilitación al Comercio Internacional*. UPEC Repositorio digital. <http://repositorio.upec.edu.ec/handle/123456789/1409>
- [15] Misra, N. N., Dixit, Y., Al-Mallahi, A., Bhullar, M. S., Upadhyay, R., y Martynenko, A. (2020). *IoT, big data, and artificial intelligence in agriculture and food industry*. KSRA. <https://ksra.eu/wp-content/uploads/2020/08/10.1109@JIOT.2020.2998584.pdf>
- [16] Peinado Pineda, I y Díaz Salas, I. (2021). *Inteligencia Artificial Aplicada a la Cadena de Suministro Globales*. Repositorio Universidad de Córdoba. <https://repositorio.unicordoba.edu.co/handle/ucordoba/5110>
- [17] Pertuz, L. (2020). *Las tecnologías emergentes aplicadas en actividades de almacenamiento en la cadena de suministro. Un análisis bibliométrico*. Universidad Tecnológica de Bolívar. https://utb.alma.exlibrisgroup.com/view/delivery/57UTB_INST/1216826920005731
- [18] Pournader, M., Ghaderi, H., Hassanzadegan, A., y Fahimnia, B. (2021). *Application of Artificial Intelligence in Automation of Supply Chain Management*. Businesspress. http://www.m.www.na-businesspress.com/JSIS/JSIS14-3/DashR_14_3_.pdf
- [19] Pournadera, M., Ghaderib, H., Hassanzadegana, A. y Fahimnia, B.(2021). *Artificial intelligence applications in supply chain management*. ScienceDirect. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527321002267>

- [20] Rege, A. (2023). *The Impact of Artificial Intelligence on the SupplyChain in the Era of Data Analytics*. Seventh Sense Research Group. <https://ijcttjournal.org/archives/ijctt-v7i1p105>
- [21] Schwarz, M. (2018). *Sincronización de inventarios inteligentes en las cadenas de suministro*. Repositorio institucional ULima. <https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/6231>
- [22] Sullivan, Y., y Wamba, S. (2022). *Artificial intelligence, firm resilience to supply chain disruptions, and firm performance*. ScholarSpace. <https://scholarspace.manoa.hawaii.edu/server/api/core/bitstreams/95329a89-81c3-483d-80d3-e891da40d64c/content>
- [23] Toorajipour, R., Sohrabpour, V., Nazarpour, A., Oghazi, P., y Fischl, M. (2021). *Artificial intelligence in supply chain management: A systematic literature review*. ScienceDirect. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.09.009>
- [24] Torres, J. (2020), *Orientaciones sobre la Cadena de Suministros Digital*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/profile/Jack-Torres-Leandro-2/publication/363579659_Orientaciones_sobre_la_Cadena_de_Suministros_Digital/links/63234fe1071ea12e3636f3fe/Orientaciones-sobre-la-Cadena-de-Suministros-Digital.pdf
- [25] Wamba, S. F., Queiroz, M. M., Guthrie, C., & Braganza, A. (2022). *Industry experiences of artificial intelligence (AI): benefits and challenges in operations and supply chain management*. Taylor & Francis online. <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1882695>
- [26] Zavala, C., Sanchez, J. (2023). *Aplicación de la inteligencia artificial y su relación con la optimización de la cadena logística en almacenes de empresas farmacéuticas importadoras durante los años 2018-2021*. Repositorio académico UPC. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/667281>

GESTIÓN DE OPERACIONES INDUSTRIALES



Esta obra está publicada bajo una [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
TRUJILLO

FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRUJILLO, PERÚ
Julio, 2023

APPLICATIONS OF CLOUD COMPUTING TO IMPROVE THE SUPPLY CHAIN: A LITERATURE REVIEW

Marvin Alberto Chávez Ferrel ¹; Josue Eduardo David Chávez Flores ^{1*}; Joan Antony Rodríguez Asto ¹; Segundo Manuel Samana Rodríguez ¹; Jair Joel Vásquez Cerna ¹

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Trujillo. Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

* Autor de correspondência: jochavezf@unitru.edu.pe (J.Chávez).

ABSTRACT

The article is based on a systematic review of the literature using the PRISMA methodology. The objective of the research was to identify the applications of cloud computing (CC) in the improvement of supply chain management (SCM). Search engines such as Scopus, PubMed, and IEEE Xplore were searched using keywords related to cloud computing, supply chain, and cloud computing applications.

After filtering the articles, several CC applications in the supply chain were identified. These applications include the use of RFID and blockchain technology to improve asset transfer and inventory management, the use of machine vision and blockchain, RFID authentication protocols to improve supply chain target tracking, PLC-based smart farming systems, and cloud computing web applications, among others.

The article highlights the benefits of using CC in the supply chain, such as reducing costs, improving productivity, and optimizing information management, security, and privacy when handling large volumes of data in the cloud. In summary, the study shows that CC has an important role in improving SCM and offers various applications that can benefit organizations in terms of efficiency and productivity.

Keywords: Supply chain management, information optimization, cloud computing benefits

APLICACIONES DEL CLOUD COMPUTING PARA MEJORAR LA CADENA DE SUMINISTRO: UNA REVISIÓN DE LITERATURA

RESUMEN

El artículo se basa en una revisión sistemática de la literatura utilizando la metodología PRISMA. El objetivo de la investigación fue identificar las aplicaciones del cloud computing(CC) en la mejora de la gestión de la cadena de suministro(SCM). Se realizaron búsquedas en motores de búsqueda como Scopus, PubMed y IEEE Xplore utilizando palabras clave relacionadas con cloud computing, supply chain y cloud computing applications.

Después de filtrar los artículos, se identificaron varias aplicaciones del CC en la cadena de suministro. Estas aplicaciones incluyen el uso de tecnología RFID y blockchain para mejorar la transferencia de activos y la gestión de inventario, el uso de visión artificial y blockchain, protocolos de autenticación RFID para mejorar el seguimiento de objetivos en la cadena de suministro, sistemas agrícolas inteligentes basados en PLC y aplicaciones web de cloud computing, entre otros.

El artículo destaca los beneficios de utilizar el CC en la cadena de suministro, como la reducción de costos, la mejora de la productividad y la optimización de la gestión de la información, seguridad y privacidad al manejar grandes volúmenes de datos en la nube. En síntesis, el estudio muestra que el CC tiene un papel importante en la mejora de SCM y ofrece diversas aplicaciones que pueden beneficiar a las organizaciones en términos de eficiencia y productividad.

Palabras clave: Gestión de cadena de suministro, optimización de información, beneficios computación en la nube

1. Introducción

En las últimas décadas el papel que juegan las tecnologías de la información (TI) en la estructura, el comportamiento y el desempeño de las empresas ha sido base de investigación, las empresas tienen que lidiar con un entorno cambiante, por lo cual tienen que fortalecer a las tecnologías actuales los procesos de su cadena de suministro para lograr sostenibilidad comercial y una ventaja competitiva [1].

La gestión eficiente de la cadena de suministro es fundamental para el desarrollo operativo de cualquier empresa. Se considera un enfoque crucial para que las organizaciones sean pilares en la construcción de un crecimiento competitivo y sostenible. Además, la integración de las diversas etapas de la cadena de suministro tiene un impacto significativo en los objetivos y la estrategia empresarial, siendo un proceso en constante evolución que requiere supervisión continua [14].

En respuesta a la búsqueda de estas mejoras en la gestión de la cadena de suministro surge un nuevo enfoque: Cloud Computing.

Cloud Computing se basa en el principio en que las empresas no invierten en fondos, su infraestructura de TI, sino que pagan a empresas especializadas por los servicios utilizados durante un tiempo determinado. La nube se puede colocar en todo, desde el correo electrónico, el sitio web de la empresa, la tienda en línea y hasta la contabilidad de la empresa [2].

2. Metodología

Se realizó una revisión sistemática de la literatura científica de acuerdo con el marco establecido del método PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) y utilizando su diagrama de flujo de cuatro pasos [9]. Durante el proceso metodológico como pregunta de investigación nos planteamos sobre: ¿Cuáles son las aplicaciones del cloud computing que se usan para mejorar la gestión de la cadena de suministro?

Una revisión sistemática es una evaluación integral, repetible, crítica e inequívoca de la mejor evidencia disponible para una pregunta de investigación específica, utilizando un enfoque claro y sistemático para reducir el sesgo en la identificación, selección, síntesis y resumen del estudio. Los resultados de su estudio son fiables, por lo que las conclusiones pueden ayudar en la toma de decisiones clínicas [9].

El enfoque PRISMA es una guía para que los autores diseñen protocolos, planifiquen revisiones sistemáticas y metanálisis, incorporando un conjunto mínimo de programas en el protocolo. El propósito de este protocolo es proporcionar la justificación y la metodología por adelantado y revisar el análisis [9].

Cabe señalar que la información que buscamos abordaba de manera integral la pregunta de investigación, así como nuestros objetivos de investigación [9]; es por ello que identificamos los siguientes términos clave establecidos en la pregunta para una mayor precisión de búsqueda: “Computación en la nube”, “Cadena de suministro”, “Aplicaciones de computación en la nube”. Para el desarrollo de la revisión, delimitamos la fuente de búsqueda a la base de datos SCOPUS, PubMed, IEEE Xplore.

Tabla 1
Documentos encontrados en las bases de datos

Cantidad de documentos encontrados	Scopus	PubMed	IEEE Xplore
sin filtrar	921	25	270

Fuente: Elaboración propia

Según [9], nuestros criterios de inclusión/exclusión se basaron en nuestra metodología de búsqueda y preguntas de investigación; Para ello se elaboró una lista de verificación para que puedan ser consultados con mayor facilidad.

En base a esto y al objetivo de nuestro estudio, desarrollamos los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

Criterios de inclusión

- Se incluyeron los artículos publicados tanto en inglés como en español.
- Se incluyeron únicamente documentos académicos del tipo artículo y conference paper.

Criterios de exclusión

- Se excluyeron los artículos que no hayan sido publicados entre los años 2019 y 2023.
- Se excluyeron los artículos que no se encuentren disponibles públicamente en línea.
- Se excluyeron los artículos pertenecientes a áreas no relevantes a nuestra investigación.
- Se excluyeron los artículos repetidos.

Para obtener dichos resultados, se realizaron las siguientes consultas según la fuente de información.

Scopus

(TITLE-ABS-KEY ("cloud computing") AND TITLE-ABS-KEY ("supply chain") OR TITLE-ABS-KEY ("cloud computing applications in supply chain")) AND PUBYEAR > 2017 AND PUBYEAR < 2024 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "bk")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English") OR LIMIT-TO (LANGUAGE , "Spanish"))

PubMed

((cloud computing) AND (supply chain)) OR (cloud computing applications in supply chain)

IEEE Xplore

("All Metadata":cloud computing) AND ("All Metadata":supply chain) AND ("All Metadata":cloud computing applications in supply chain)

Es así que, luego de ejecutar la consulta anterior, se procedió a aplicar los criterios de inclusión y exclusión a la búsqueda resultante, lo cual se explica gráficamente en el diagrama de flujo del método PRISMA.

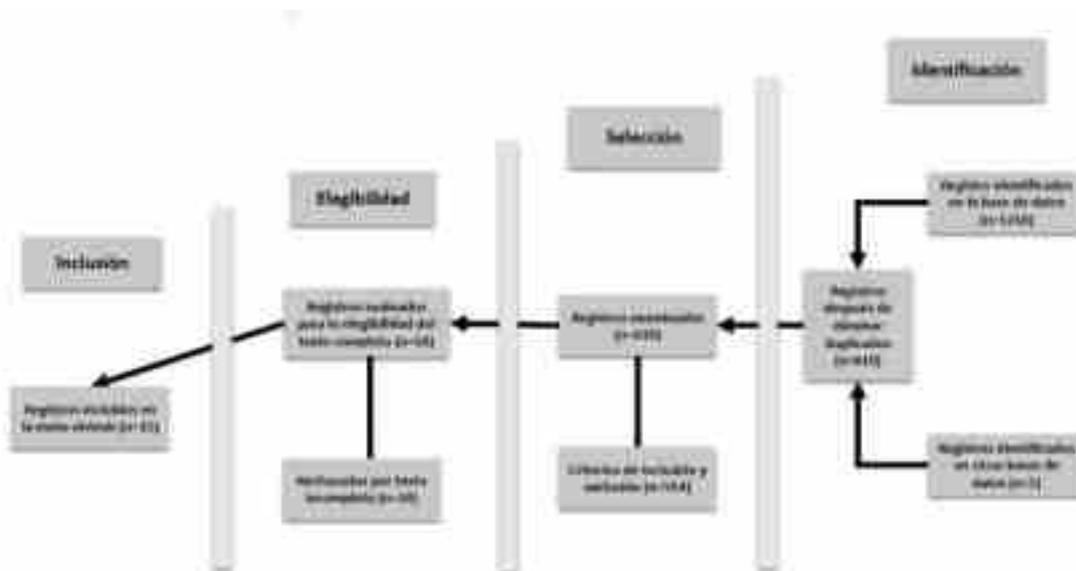


Figura 1. Diagrama de Flujo PRISMA

3. Resultados y discusión

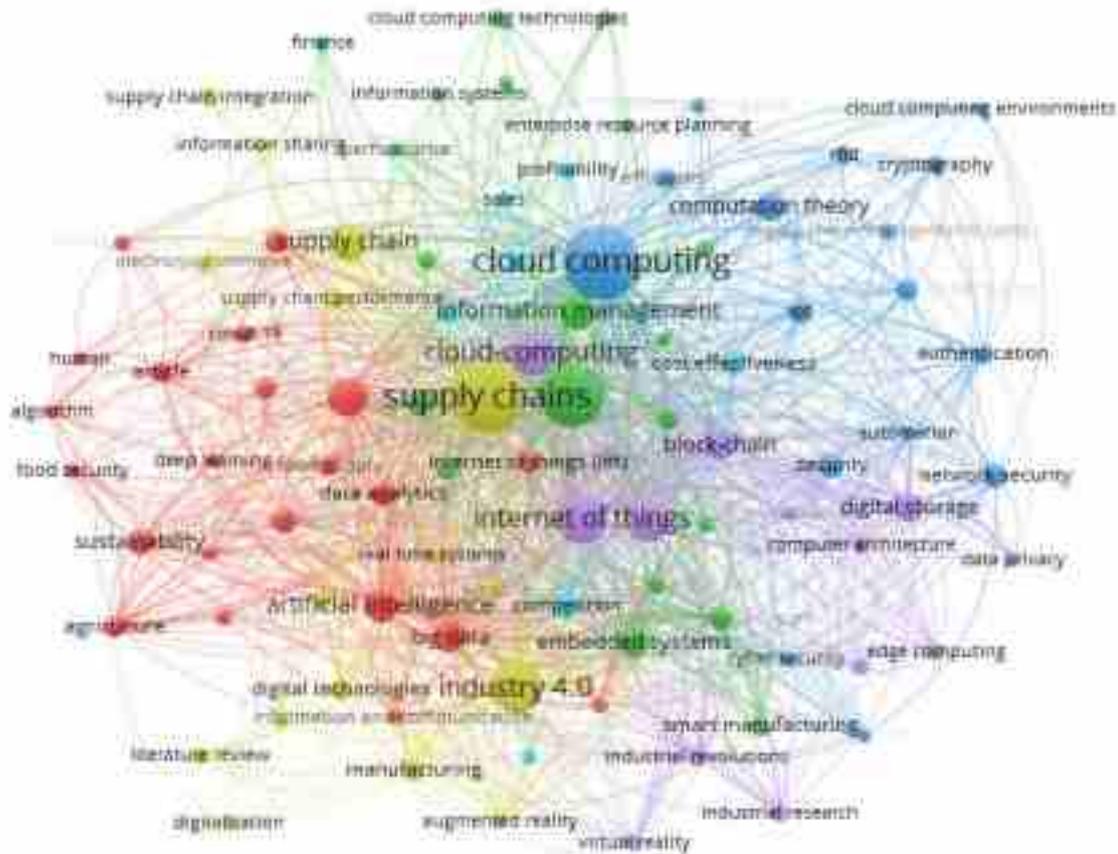


Figura 2. Análisis bibliográfico realizado en Vosviewer

Tras la búsqueda realizada a partir de los resultados obtenidos de la bibliografía, se pudo notar que en los artículos de investigación las palabras clave más frecuentes que se pueden encontrar con respecto al cloud computing son: information management, supply chains, blockchain, asimismo aparece cloud computing technologies y supply chain performance, siendo estas las variables estudiadas en el presente artículo de revisión de literatura, además se puede observar algunos sectores donde se aplican tecnologías de cadena de suministro como manufactura, agricultura, seguridad , comercio electrónico, entre otros.

El tema de Cloud Computing está siendo investigada en diferentes países, esto lo podemos saber por los estudios procedentes de estos mismos, asimismo se está tomando como parte de la transformación digital. Y esto se quiere aplicar en la cadena de suministro para mejorar una parte de su procedimiento.

Luego de filtrar los artículos, nos quedamos con las investigaciones sobre las aplicaciones de cloud computing en la cadena de suministro, se realizó una tabla donde señalamos la relación de artículos y documentos que cumplen los requisitos de inclusión y exclusión.

Tabla 2
Documentos escogidos para la revisión sistemática

Autor(es)	Año	País	Resultados	Técnica(s) de aplicación
Munoz, Cesar; Gómez, Jorge; Ruiz, Juan; Ramírez, Gustavo.[13]	2023	Colombia	El desarrollo de DAPP ha mejorado este proceso y se ha implementado con éxito en la división de inventario. Los resultados indican que esta solución es muy beneficiosa para organizaciones con muchos activos en su inventario.	RFID: Identificación por radiofrecuencia DApp basada en tecnología Blockchain
Kalkha, Hicham; Khiat, Azeddine; Bahasse, Ayoub; Ouajji, Hassan.[8]	2023	Marruecos	El uso de tecnología de visión artificial para inspección de productos, y el uso de blockchain para optimizar el volumen y transferencia de datos de detección.	Visión artificial Blockchain
Xu, Cong; Wei, Wenxue; Zheng, Shuangshuang.[19]	2023	China	Este nuevo protocolo logra una autenticación segura y eficiente de identidad entre la etiqueta, el lector y el servidor, mejorando la precisión del seguimiento y la visibilidad del estado del objetivo rastreado.	RFID: Identificación por radiofrecuencia
Saban, Mohamed; Bekkour, Mostapha; Amdaouch, Ibtisam; El Gueri, Jaouad; Ait Ahmed, Badiia; Zied, Mohamed; Ruiz, Juan; Rosado, Alfredo; Aghzout, Otman.[16]	2023	España	La administración remota y constante ayuda a reducir los costos de mano de obra y aumentar la productividad. Además, el seguimiento en tiempo real de la temperatura y la humedad, puede ayudar a detectar y prevenir la propagación de plagas y enfermedades, mejorando la producción y almacenamiento de alimentos.	PLC: Controladores lógico programables LoRaWan
Gehlot, Anita; Kumar, Praveen; Singh, Rajesh; Vaseem, Shaik; Alsuwian, Turki. [6]	2022	India	La importancia de implementar un ecosistema con tecnologías para el ganado lechero y poder realizar el monitoreo en cada fase de la cadena de producción y suministros que se requieren en todo el proceso. Así también, se debe monitorear los suministros alimenticios del ganado en tiempo	Ecosistemas de Comunicación Inteligente usando dispositivos de borde, robots, drones y Blockchain y LoRaWan.

			real y las posibles amenazas que se presenten por animales salvajes.	
Khan, Yasser; Su'ud, Mazliham; Alam, Muhammad; Ahmad, Syed; Ahmad, Ayassrah; Khan, Nasir.[9]	2022	Pakistan	Gestión inteligente del inventario y toma de decisiones. Transporte inteligente y el seguimiento de clientes son usados para persuadirlos a comprar más. El almacenamiento, el embalaje y distribución segura de productos.	RFID: Identificación por radiofrecuencia WSN: Redes de sensores inalámbricos
Yang, Jen; Lin, Pei. [20]	2018	Taiwan	Se pudo agilizar los procesos de pago, reduciendo el uso de efectivo y brindando mayor comodidad y seguridad a proveedores y consumidores, proporcionando confidencialidad, integridad y no repudio y protección ante diversos ataques.	Sistema de pago móvil con anonimato utilizando servidores de nube
Mateo, Jordi; Pagés, Adela; Plá, Lluís; Castells, Joan; Babot, Daniel.[12]	2021	España	Optimización en la gestión de la información proporcionada por un sensor ubicado en un silo para pronosticar el consumo de alimento y, a partir de esta información, calcular el crecimiento esperado del ganado, ayudando en las etapas de la cadena de suministro ganadera, principalmente en la cría y alimentación del ganado.	OpenNebula, plataforma en nube. Tecnologías de contenedores como Docker para integrar sensores
Lee, Hyunsoo.[10]	2018	Corea del Sur	Mejoras en los procesos de fabricación con múltiples productos mediante y flujos mixtos de tareas internas/subcontratación. A modo de ejemplo, se proporcionan los procesos de fabricación y montaje del módulo de cable HID para piezas de faros de vehículos permitiendo la detección y clasificación de fallas.	CPS: Sistema ciberfísico FDC: mecanismo de clasificación de detección de fallas
Wang, Michael; Wang, Bill; Abareshi, Ahmad.[18]	2020	Nueva Zelanda	Herramienta operativa para rastrear la huella de carbono, optimizar los procesos y mejorar la eficiencia de la gestión del carbono para minimizar las emisiones generales en las cadenas de suministro	Blockchain
Tang, Fei.[17]	2022	China	Reducción del costo total de operación de pedidos, disminución de la variación entre el tiempo esperado y real de finalizar los pedidos de servicio y mejorar la satisfacción de los proveedores de servicios logísticos.	ITSMM: modelo de gestión de programación de tiempo inteligente

Dey, Somdip; Saha, Suman; Singh, Amit; McDonald, Klaus.[4]	2021	Reino Unido	Digitalización de la información de producción de alimentos de modo que los consumidores y productores puedan rastrear los productos alimenticios en cualquier punto del sistema de producción de alimentos y hacer que la información sea de fácil accesibilidad.	FoodSQRBlock: Bloque de respuesta rápida de seguridad alimentaria basado en la tecnología blockchain y el uso de códigos QR
Liu, Pan; Long, Yue; Song, Hai; He, Yan.[11]	2020	China	Afrontar de mejor forma la demanda del mercado. Gestión eficiente de la información acerca del ciclo de vida completo de los productos agroalimentarios.	ISBD: fusión entre Blockchain y Big Data
Dong, Yugang; Sui, Haozhi; Zhu, Lei.[3]	2022	China	Mejoras en la tecnología de construcción y los requisitos de la estructura de acero de edificios y desarrollo de tecnología de construcción eficientes para desarrollo de alta calidad en la construcción de edificios.	GIS Cloud: servicios sin instalar un software SIG: Sistema de Información Geográfica
Gebresenbet, Girma; Bosona, Techane; Patterson, David; Persson, Henrik; Fischer, Benjamin; Mandaluniz, Nerea; Chirici, Gherardo; Zacepins, Aleksejs; Komasilows, Vitalijs; Pitulac, Tudor; Nasirahmadi, Abozar.[7]	2023	Alemania	Uso de la información en tiempo real con precisión y mejorar el rendimiento y la productividad. Optimización de la gestión agrícola y toma de decisiones para mejorar las características del suelo, la eficiencia del uso del agua, los rendimientos y las evaluaciones de salud de productos agrícolas.	Blockchain Edge Computing para el procesamiento local de datos. Sensores LiDAR (Light Detection And Ranging) : Detección de luz y alcance

La siguiente figura nos muestra la cantidad de autores que redactaron los documentos incluidos en la presente revisión distribuidos por países, resaltando que no se tiene en cuenta a los artículos que tienen autores de países diferentes.

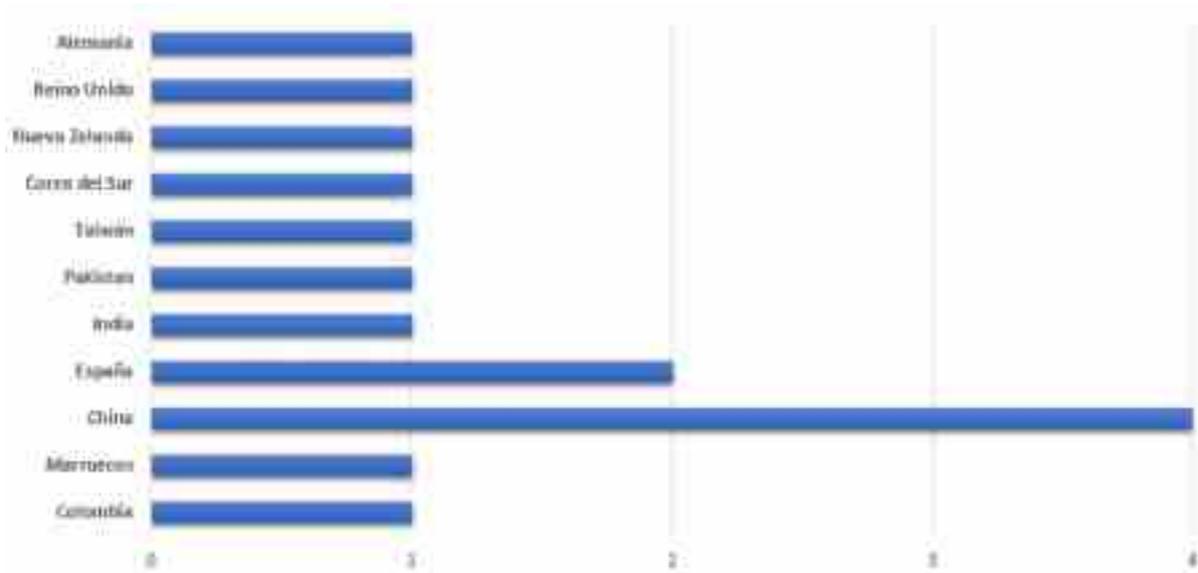


Figura 3. Documentos Escogidos por territorio.

3.1. Cloud Computing

Cloud computing es una aplicación que juega un papel importante en lo que a recopilación de datos seguros se refiere, que incluye la transmisión de servicios que son facilitados por la web, los cuales son captados a través de sensores. Los beneficios que presenta son significativos, pues permiten la transferencia de costos, establecimiento, la organización y administración de la arquitectura local [6].

La computación en la nube es un nuevo enfoque informático, los usuarios no necesitan tener conocimientos técnicos, experiencia o control sobre la tecnología subyacente. En lugar de eso, pueden acceder a una amplia variedad de servicios a través de Internet de manera flexible y escalable. Esto implica que solo pagan por el uso que hacen, lo que les brinda mayor flexibilidad y eficiencia en términos de costos [15].

Sin embargo, este avance tecnológico también presenta desafíos significativos en cuanto a la seguridad y la privacidad al manejar grandes volúmenes de datos, información y conocimiento en la nube [15].

3.2. Cadena de Suministros

La cadena de suministro es un proceso secuencial que permite a las empresas desarrollar de manera organizada un producto o servicio con el fin de satisfacer las necesidades de los consumidores finales. Esta cadena típicamente está compuesta por seis componentes principales. El primero es la provisión de proveedores, quienes suministran las materias primas requeridas para la fabricación del producto. El segundo componente son los fabricantes, responsables de transformar esas materias primas en productos terminados. Un elemento esencial es el almacenamiento, que representa el entorno físico donde se almacenan y gestionan los productos en inventario. Los centros de distribución desempeñan un papel crucial al gestionar la entrega de los productos a los diferentes puntos de venta. Los minoristas son los encargados de vender directamente los productos al consumidor final. Por último, el transporte se encarga de movilizar las materias primas y los productos terminados hacia su destino correspondiente.

La gestión eficiente de la cadena de suministro es fundamental para el desarrollo operativo de cualquier empresa. Se considera un enfoque crucial para que las organizaciones sean pilares en la construcción de un crecimiento competitivo y sostenible. Además, la integración de las diversas etapas de la cadena de suministro tiene un impacto significativo en los objetivos y la estrategia empresarial, siendo un proceso en constante evolución que requiere supervisión continua [14].

Una cadena de suministro consiste en una red de organizaciones y procesos en los que diferentes empresas, como proveedores, fabricantes, distribuidores y minoristas, cooperan y coordinan sus actividades en la cadena de valor. Estas actividades van desde la compra de materias primas, la transformación de estos materiales en productos y la entrega de productos finales a los clientes. La gestión de la cadena de suministro (SCM) implica la integración y coordinación de varios departamentos y empresas en la cadena de suministro para optimizar el uso de recursos como el flujo de materiales, el flujo de información y el flujo de capital a lo largo de la cadena de suministro. De proveedor a cliente [5].

El concepto de cadena de suministro engloba todos los procesos logísticos relacionados con la preparación y distribución de productos, desde los proveedores hasta los clientes finales. En un entorno globalizado, las empresas deben adaptarse y modificar su forma de gestionar y comercializar sus productos para enfrentar los desafíos presentes. Esto ha llevado a que las operaciones de la cadena de suministro sean más complejas y estén expuestas a los riesgos

asociados a la globalización, como los cambios constantes en la demanda. Por lo tanto, resulta fundamental para las empresas desarrollar estrategias de cadena de suministro que les permitan mantener su competitividad en el mercado [14].

3.3. Aplicaciones del cloud computing en la cadena de suministros

La computación en la nube se ha convertido en una tecnología disruptiva que está cambiando la forma en que las empresas operan y procesan. En la cadena de suministro, la computación en la nube ha demostrado ser una herramienta valiosa que puede brindar soluciones flexibles, escalables y rentables para mejorar la eficiencia y la gestión de la cadena de suministro. Este artículo examina algunos de los usos más relevantes de la computación en la nube para mejorar las cadenas de suministro, centrándose en la investigación y el desarrollo realizados entre 2019 y la actualidad. Mostraremos las técnicas aplicadas en los distintos artículos revisados en la tabla 2.



Figura 4. Técnicas del cloud computing en la cadena de suministro.

Como podemos observar la técnica de aplicación que más es mencionada es blockchain y es por su nivel de seguridad al momento de tratar datos y que sirve de complemento al cloud computing, también ya que es llamativa por ser nueva y está de moda entre las empresas, así mismo tenemos RFID que gracias a que permite una recolección de datos más rápido sirve de complemento para cuando se tenga grandes cantidades y variedades de productos, y a su vez almacenarlos en la nube.

Tenemos ISBD que es la técnica de fusión de blockchain con big data para el tratamiento de grandes volúmenes de datos. Las demás técnicas encontradas si bien se mencionan una vez en los artículos revisados, no quita su importancia, ya que son maneras de como cloud computing tiene complementos para su tratamiento de datos en las empresas.

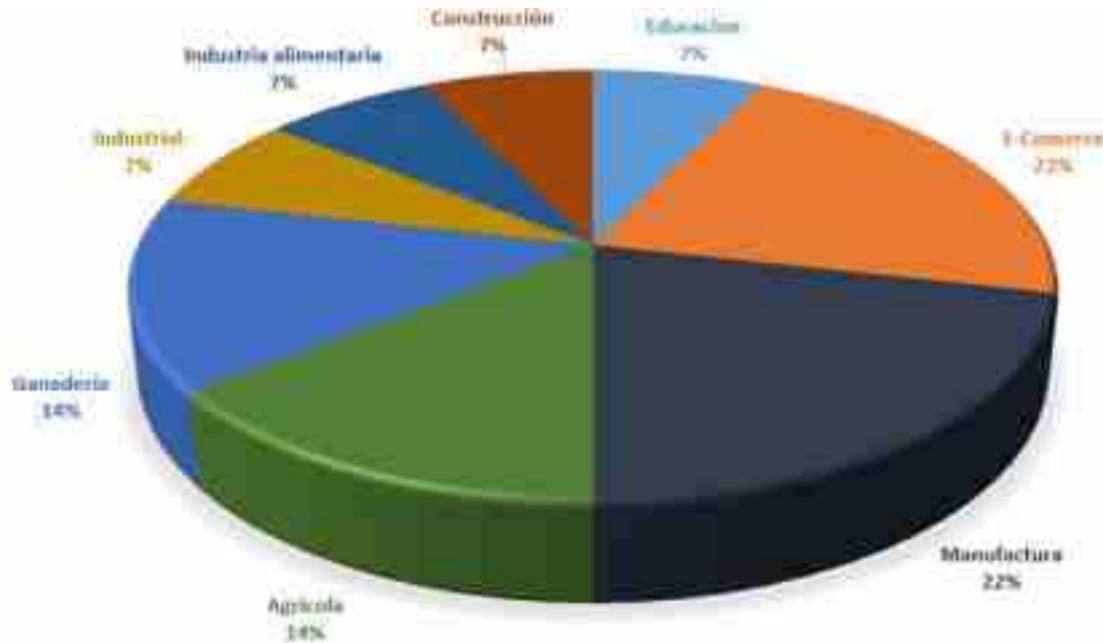


Figura 5. Sectores donde se hace uso de las técnicas encontradas en la revisión

Como podemos ver en la figura 5, el sector donde más se utiliza las técnicas es manufactura y esto se debe a que en este sector se mueven gran cantidad de datos, a su vez es necesario tener una copia de seguridad para estos, para eso entra el cloud computing como gestor de datos. Seguido de E-comerce que al estar en la parte tecnológica tiene que tener un almacén para acceder a sus datos cuando se requiera, tenga seguridad y dinamismo. En el sector agrícola y ganadería es super necesaria para poder realizar de condiciones ambientales y del entorno que puedan tener impacto en la cosecha o en los animales. Para los demás sectores también es necesario el cloud computing pero en menor medida que los mencionados anteriormente.

4. Conclusiones

La optimización de la cadena de suministro es un desafío crucial en muchas industrias, especialmente para aquellas que manejan operaciones logísticas complejas. Teniendo en cuenta la evidencia, surge la interrogante: ¿Cuáles son las aplicaciones del cloud computing que se utilizan para mejorar la gestión de la cadena de suministro?

Esto ha ganado popularidad en diversos contextos empresariales, y su implementación en la cadena de suministro se ha convertido en una estrategia clave para garantizar una gestión eficiente y segura de los flujos de información y productos. Explorar el alcance y las posibles ventajas de estas aplicaciones en la cadena de suministro es fundamental para comprender su impacto y valor en la mejora de los procesos logísticos.

El cloud computing ofrece numerosas aplicaciones para mejorar la gestión de la cadena de suministro en diversos aspectos, como la transferencia de activos, la gestión de inventario, la logística del comercio electrónico, el seguimiento de objetivos y la gestión agrícola.

El uso de tecnologías como RFID, blockchain, visión artificial y IoT permite implementar soluciones innovadoras en la cadena de suministro, mejorando la eficiencia, la visibilidad y la seguridad de los procesos.

El cloud computing ofrece ventajas importantes, como la disminución de gastos, la optimización de la gestión de datos y el aumento de la eficiencia en la cadena de suministro. No obstante, su adopción en esta área también conlleva retos en cuanto a la seguridad y la privacidad de la información, los cuales deben ser abordados de manera adecuada para asegurar la protección de datos sensibles.

La revisión resalta la relevancia de integrar y coordinar eficientemente las distintas fases de la cadena de suministro, además de enfatizar en la importancia de una supervisión constante y la implementación de estrategias de gestión apropiadas para maximizar los beneficios proporcionados por el cloud computing.

Si la empresa radica en los sectores de manufactura, E-commerce, agrícola y ganadería es necesario que empiecen a implementar cloud computing, ya que hay antecedentes de una mejora significativa en cuestión de seguridad y tratamiento de los datos de la empresa. Pero no se puede excluir la importancia que podría tener cloud computing en los demás sectores. Porque la continua digitalización de los sistemas ya son un presente prometedor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Bruque Cámara, S., Moyano Fuentes, J., & Maqueira Marín, J. M. (2016). Supply chain integration through community cloud: Effects on operational performance. *Journal of Purchasing and Supply Management*, 22(2), 141-153. <https://doi.org/10.1016/j.pursup.2016.04.003>
- [2] Christauskas, Č., & Miseviciene, R. (2012). Cloud–Computing Based Accounting for Small to Medium Sized Business. *Engineering Economics*, 23(1), 14-21. <https://doi.org/10.5755/j01.ee.23.1.1220>
- [3] Cortes, D. (2023). Etapas de la gestion de la cadena de suministro. <https://www.cesuma.mx/blog/etapas-de-la-gestion-de-la-cadena-de-suministro.html>
- [4] Dong, Y., Sui, H., & Zhu, L. (2022). Application of cloud computing combined with GIS virtual reality in construction process of building steel structure. *Mathematical Problems in Engineering*, 2022, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2022/4299756>
- [5] Dey, S., Saha, S., Singh, A. K., & McDonald-Maier, K. (2021). FoodSQRBlock: Digitizing food production and the supply chain with blockchain and QR code in the cloud. *Sustainability*, 13(6), 3486. <https://doi.org/10.3390/su13063486>
- [6] Garcia, J. A., Gomez, O. D. C., & Marin, J. A. A. (2022). Simulation of a Sugar Supply Chain. En *Proceedings of the 20th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology: “Education, Research and Leadership in Post-pandemic Engineering: Resilient, Inclusive and Sustainable Actions”*. <https://doi.org/10.18687/laccei2022.1.1.558>
- [7] Gehlot, A., Malik, P. K., Singh, R., Akram, S. V., & Alsuwian, T. (2022). Dairy 4.0: Intelligent communication ecosystem for the cattle animal welfare with blockchain and IoT enabled technologies. *Applied Sciences (Basel, Switzerland)*, 12(14), 7316. <https://doi.org/10.3390/app12147316>

- [8] Gebresenbet, G., Bosona, T., Patterson, D., Persson, H., Fischer, B., Mandaluniz, N., Chirici, G., Zacepins, A., Komasilovs, V., Pitulac, T., & Nasirahmadi, A. (2023). A concept for application of integrated digital technologies to enhance future smart agricultural systems. *Smart Agricultural Technology*, 5(100255), 100255. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2023.100255>
- [9] Kalkha, H., Khiat, A., Bahnasse, A., & Ouajji, H. (2023). The rising trends of smart E-commerce logistics. *IEEE access: practical innovations, open solutions*, 11, 33839–33857. <https://doi.org/10.1109/access.2023.3252566>
- [10] Khan, Y., Su'ud, M. B. M., Alam, M. M., Ahmad, S. F., Ahmad (Ayassrah), A. Y. A. B., & Khan, N. (2022). Application of Internet of Things (IoT) in sustainable supply chain management. *Sustainability*, 15(1), 694. <https://doi.org/10.3390/su15010694>
- [11] Lanz, L. (2020). Cloud Computing. <https://openwebinars.net/blog/tecnologia-disruptiva-porque-conocer/>
- [12] Lee, H. (2018). Framework and development of fault detection classification using IoT device and cloud environment. *Journal of Manufacturing Systems*, 43, 257–270. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2017.02.007>
- [13] Liu, P., Long, Y., Song, H.-C., & He, Y.-D. (2020). Investment decision and coordination of green agri-food supply chain considering information service based on blockchain and big data. *Journal of Cleaner Production*, 277(123646), 123646. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123646>
- [14] Manrique Nugent, M. A. L., Teves Quispe, J., Taco Llave, A. M., & Flores Morales, J. A. (2019). Gestión de cadena de suministro: una mirada desde la perspectiva teórica. *Revista Venezolana De Gerencia*, 24(88), 1136-1146. <https://doi.org/10.37960/revista.v24i88.30168>
- [15] Mateo Fornés, J., Pagès Bernaus, A., Plà Aragonés, L. M., Castells Gasia, J. P., & Babot Gaspa, D. (2021). An Internet of Things platform based on microservices and cloud paradigms for livestock. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 21(17), 5949. <https://doi.org/10.3390/s21175949>

- [16] Munoz Ausecha, C., Gómez Gómez, J. E, Ruiz Rosero, J., & Ramirez Gonzalez, G. (2023). Asset ownership transfer and inventory using RFID UHF TAGS and Ethereum blockchain NFTs. *Electronics*, 12(6), 1497. <https://doi.org/10.3390/electronics12061497>
- [17] Ortiz, H. T., Morales, R. D., & Villasana, L. A. C. (2022). Cadena de suministro para pequeñas y medianas empresas de servicios industriales: Desarrollo y aplicación de modelo de gestión. *Revista Venezolana De Gerencia*, 27(97), 274-288. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.27.97.19>
- [18] Palos-Sanchez, P. R., Reyes-Menendez, A., & Saura, J. R. (2019). Modelos de Adopción de Tecnologías de la Información y Cloud Computing en las Organizaciones. *Información tecnológica*, 30(3), 3-12. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642019000300003>
- [19] Pesantes, J. (2021). “PROPUESTA PARA MEJORAR LA GESTIÓN DE LA CADENA DE ABASTECIMIENTO DE SERVICIOS DE UN SUPERMERCADO”. https://repositorio.up.edu.pe/bitstream/handle/11354/2826/PesantesJulia_Tesis_maestria_2020.pdf?sequence=1
- [20] Saban, M., Bekkour, M., Amdaouch, I., El Gueri, J., Ait Ahmed, B., Chaari, M. Z., Ruiz-Alzola, J., Rosado-Muñoz, A., & Aghzout, O. (2023). A smart agricultural system based on PLC and a cloud computing web application using LoRa and LoRaWan. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 23(5). <https://doi.org/10.3390/s23052725>
- [21] Tang, F. (2023). Application of a cold-chain logistics distribution system based on cloud computing and web delivery date management. *International journal of information systems and supply chain management*, 16(1), 1–16. <https://doi.org/10.4018/ijisscm.318644>
- [22] Vilchez, L & Villegas, Paola. (2020). “Revisión sobre el uso del Cloud Computing en la Gestión de la Cadena de Suministro en el Perú”. Universidad Catolica San Pablo. https://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/20.500.12590/16214/4/VILLEGAS_BUTILIER_PAO_CLO.pdf

- [23] Wang, M., Wang, B., & Abareshi, A. (2020). Blockchain technology and its role in enhancing supply chain integration capability and reducing carbon emission: A conceptual framework. *Sustainability*, 12(24), 10550. <https://doi.org/10.3390/su122410550>
- [24] Xu, C., Wei, W., & Zheng, S. (2023). Efficient mobile RFID authentication protocol for smart logistics targets tracking. *IEEE access: practical innovations, open solutions*, 11, 4322–4336. <https://doi.org/10.1109/access.2023.3234959>
- [25] Yang, J.-H., & Lin, P.-Y. (2018). A mobile payment mechanism with anonymity for cloud computing. *The Journal of Systems and Software*, 116, 69–74. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2015.07.023>

GESTIÓN DE OPERACIONES INDUSTRIALES



Esta obra está publicada bajo una [Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
TRUJILLO

FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRUJILLO, PERÚ
Julio, 2023

IMPACT OF AUTONOMOUS MACHINES IN THE SUPPLY CHAIN: A SYSTEMATIC REVIEW BY SECTORS AND TYPES

Verónica María López Zavaleta^{1*}; Jambri Efraín Salinas Santiago¹; Willy Francisco García Gutiérrez¹; Abraham Benjamín Ordoñez Reyes¹; García Charcape Angeloo Paul¹

1 Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Trujillo. Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

*Autor correspondiente: t533300120@unitru.edu.pe (V. López).

ABSTRACT

This study examines the impact of autonomous machines on the supply chain. Technologies such as autonomous vehicles, robots, and artificial intelligence have transformed the management of activities in this field. The objective is to improve efficiency, reduce costs, accelerate delivery times, and meet customer needs. The systematic review used the PRISMA methodology and relevant literature was found in various databases. Benefits, challenges, implementations, and sectors where this technology is used were investigated. It was found that autonomous machines, such as autonomous vehicles and robots, are becoming increasingly relevant in the supply chain. They improve sustainability, road safety, streamline tasks, and enhance efficiency in different sectors. Benefits include increased efficiency, cost reduction, enhanced safety, precision, quality, and faster delivery times. The findings conclude that autonomous machines improve the supply chain, but the high costs and challenges must be carefully considered to harness their benefits.

Keywords: Supply Chain, Autonomous Machines

IMPACTO DE LAS MÁQUINAS AUTÓNOMAS EN LA CADENA DE SUMINISTRO: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA POR SECTORES Y TIPOS

RESUMEN

Este estudio examina el impacto de las máquinas autónomas en la cadena de suministro. Tecnologías como vehículos autónomos, robots e inteligencia artificial han transformado la gestión de actividades en este campo. El objetivo es mejorar la eficiencia, reducir costos, satisfacer las necesidades de los clientes y acelerar los tiempos de entrega. La revisión sistemática utilizó la metodología PRISMA y se encontró literatura relevante en diversas bases de datos. Se investigaron beneficios, desafíos, implementaciones y sectores donde se utiliza esta tecnología. Se descubrió que las máquinas autónomas, como vehículos autónomos y robots, son cada vez más relevantes en la cadena de suministro. Mejoran la sostenibilidad y la seguridad vial, agilizan tareas y mejoran la eficiencia en diferentes sectores. Los beneficios incluyen mayor eficiencia, reducción de costos, mayor seguridad, precisión y calidad, y tiempos de entrega más rápidos. Los sectores de transporte, agricultura e industria alimentaria son los más impactados. Las conclusiones fueron que las máquinas autónomas mejoran la cadena de suministro, pero los altos costos y desafíos deben considerarse cuidadosamente para aprovechar sus beneficios.

Palabras clave: Cadena de Suministro, Máquinas autónomas.

1. Introducción

Actualmente, la administración que se le hace a la cadena de suministro ha hecho experimentar una transformación significativa impulsada por avances tecnológicos como la implementación de máquinas autónomas. Estas tecnologías, como los vehículos autónomos, los robots, la inteligencia autónoma y los drones, han revolucionado la forma en que se coordinan y gestionan las actividades en el proceso de la cadena de suministro.

La cadena de suministro posee una serie de procesos esenciales, como planificar la demanda y gestionar los inventarios, con el fin de optimizar la eficiencia, reducir los costos, mejorar el tiempo de entrega y poder satisfacer las necesidades que tienen los clientes. Cada eslabón en la cadena de suministro es necesario para alcanzar el mercado objetivo con los estándares y parámetros establecidos [13]. La cadena de suministro demuestra un impacto significativo en la satisfacción de los clientes [17].

Las máquinas autónomas, como los vehículos autónomos, han ganado importancia en la cadena de suministro. Estos vehículos son capaces de desplazarse sin intervención humana directa, utilizando sensores, cámaras y sistemas de navegación para detectar y responder a su entorno [3]. Su implementación ha mejorado la sostenibilidad al poder reducir las emisiones de CO₂ y con esto aumentar la seguridad vial al disminuir los accidentes causados por los errores que cometen los humanos [18].

Por otro lado, los robots también han llegado a ejercer un papel crucial en la gestión de la cadena de suministro. Estas máquinas programables pueden realizar acciones automáticamente y se utilizan en diversos fines, como servicios de entrega, transporte y logística [13]. Su uso ha permitido agilizar tareas y mejorar la eficiencia operativa en diferentes sectores industriales [20].

En línea con estos conceptos, se observó un creciente interés en los beneficios y las implicaciones que pueden traer las máquinas autónomas en la cadena de suministro.

Se ha demostrado que las máquinas autónomas brindan una mayor eficiencia, agilidad y flexibilidad en las operaciones gracias a que la IA promueve la descentralización de actividades, donde cada robot móvil autónomo puede tomar decisiones y actuar independientemente, sin depender de una entidad centralizada [7].

En esta revisión sistemática, se explorarán los beneficios, desafíos y tipos de implementación de estas máquinas autónomas en la cadena de suministro. Se analizarán estudios y casos prácticos para ilustrar cómo estas tecnologías están transformando la gestión de los flujos de productos en diversos sectores industriales, brindando oportunidades para mejorar la eficiencia y satisfacer las demandas cambiantes del mercado.

2. Metodología

El presente estudio sistemático fue realizado siguiendo las directrices establecidas por la Metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) [10], para garantizar una selección de literatura de calidad y relevante para nuestro estudio de investigación.

Se realizaron indagaciones en cinco motores de búsqueda de datos en línea, los cuales fueron SCIEDIRECT, SCOPUS, ACADEMIC GOOGLE, SCIELO y RESEARCHGATE. La interrogante que se planteó como orientación para el proceso de búsqueda fue la siguiente: ¿Cuál es el impacto de la implementación de máquinas autónomas en la cadena de suministro? En el transcurso de la búsqueda, surgieron otras cuatro preguntas que resultaron ser relevantes para realizar esta revisión sistemática. Las interrogantes son las siguientes: ¿Cuáles son los tipos de máquinas autónomas utilizadas en la cadena de suministro? ¿Cuáles son los beneficios y ventajas de utilizar máquinas autónomas en la cadena de suministro? ¿En qué sectores se está implementando este tipo de tecnología? ¿Cuáles son los desafíos y limitaciones asociados con la implementación de máquinas autónomas en la cadena de suministro?

Para iniciar la búsqueda de literatura relacionada con el presente tema, se empleó una combinación de términos asociados a máquinas autónomas, cadena de suministro, logística, industria e inteligencia artificial.

Para la búsqueda de artículos en inglés se utilizaron como base de datos en el idioma inglés a SCIEDIRECT, SCOPUS y RESEARCHGATE. En la primera base de datos mencionada se utilizó los siguientes términos con el operador booleano AND, de la siguiente manera: Autonomous machines AND supply chain. En la segunda base de datos, SCOPUS, se empleó la siguiente combinación: TITLE-ABS-KEY (impact AND of AND autonomous AND machines AND in AND the AND supply AND chain) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR , 2023) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2022) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2019)). Para

el caso de RESEARCHGATE se colocó en el buscador la oración: “Impact of autonomous machines in the supply chain”.

Posteriormente se procedió a buscar artículos publicados en español, idioma nativo de los autores. Por lo tanto, se realizó una búsqueda minuciosa en ACADEMIC GOOGLE y SCIELO, utilizando en ambas la siguiente oración en el buscador: “Máquinas autónomas con cadena de suministros”.

Tras la búsqueda inicial, se utilizaron una serie de criterios de inclusión para identificar los artículos más pertinentes para este estudio. Estos criterios incluyeron: (1) Artículos publicados entre los años 2019 y 2023. (2) Estudios que investigaron o realizaron la implementación de algún tipo de máquina autónoma. (3) Estudios que investigan acerca de los beneficios de la aplicación de máquinas autónomas en la cadena de suministro. (4) Estudios que aplicaron el uso de máquinas autónomas en diversos sectores como industriales, farmacéuticos, agrícolas, etc. (5) Estudios que investigaron acerca de las limitaciones del implemento de máquinas autónomas.

En cuanto a los criterios de exclusión, se aplicaron las siguientes restricciones: (1) Artículos que no estaban disponibles en línea o no estaban completamente disponibles. (2) Estudios que no hablaban de algún tipo de implementación de máquina autónoma.

Inicialmente, se seleccionaron 51 artículos de las cinco bases de datos mencionadas anteriormente. La Figura 1 muestra el porcentaje de información recopilada en la primera instancia de cada base de datos. Además, en la Tabla 1 se muestra la cantidad exacta de artículos seleccionados por cada base de datos.

Cantidad de artículos por base de datos

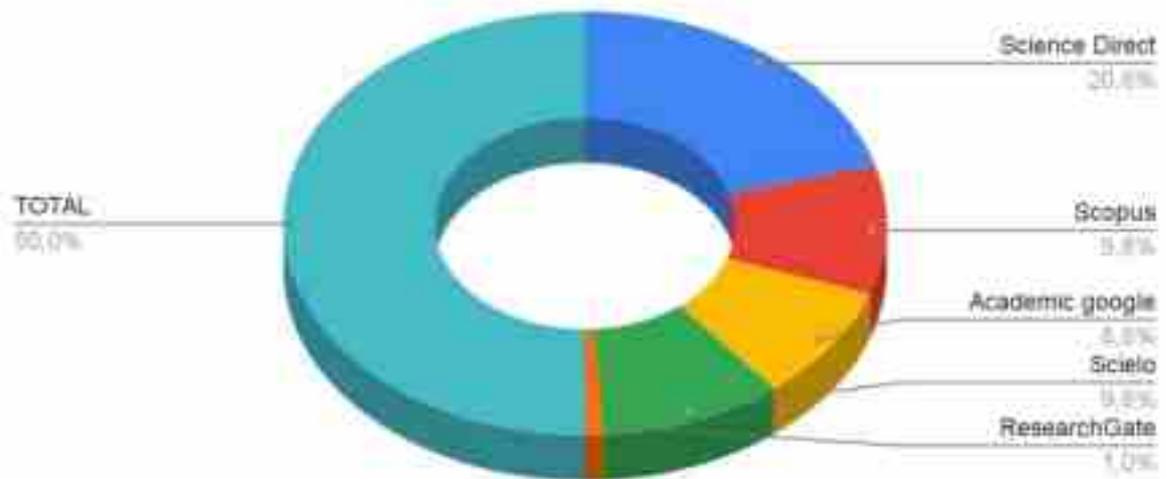


Figura 1: Porcentaje de artículos recolectados por base de datos.

Tabla 1

Cantidad de artículos seleccionados por base de datos, sin criterios de inclusión y exclusión.

Base de datos	Cantidad
Science Direct	21
Scopus	10
Academic google	9
Scielo	10
ResearchGate	1
TOTAL	51

En esta Tabla 1 se puede observar que ScienceDirect fue la base de datos donde más se pudo recabar información de artículos que hablan del tema de esta revisión sistemática.

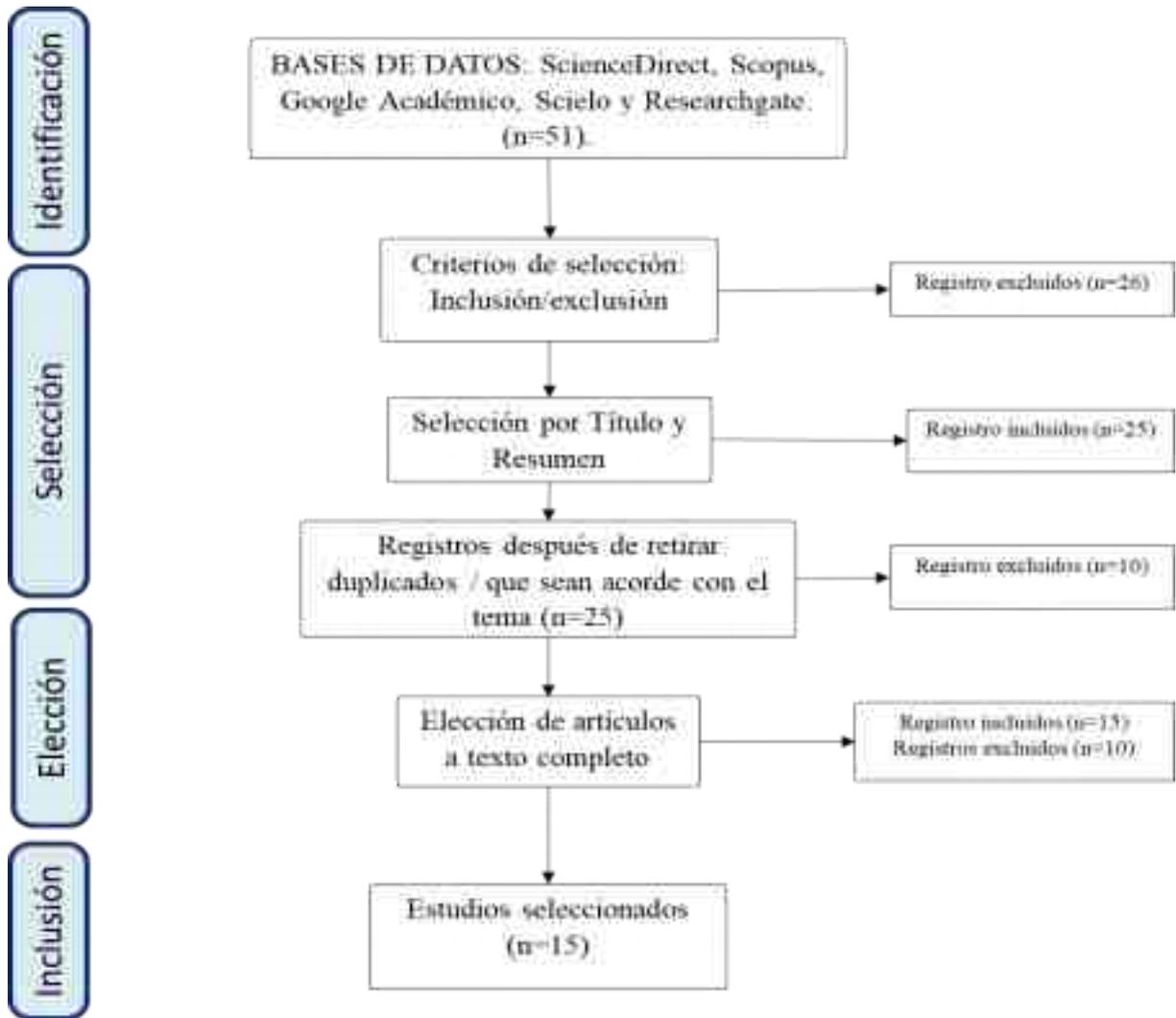


Figura 2: Flujograma de discriminación de artículos encontrados. PRISMA. Elaboración propia

En la Figura 2. Se aprecia cómo fue el flujo de identificar los artículos más relevantes para este trabajo. De un total de 51 artículos seleccionados inicialmente, se redujeron a 15. En el proceso de selección se consideraron los criterios de inclusión y exclusión anteriormente mencionados.

3. Resultados y discusión

Los artículos más relevantes se muestran resumidos en la siguiente Tabla 2.

Tabla 2

Datos resaltantes de los estudios obtenidos para la revisión.

N°	Título	Base de Datos	País	Año	Objetivos/ Resultados
1	Application of blockchain and smart contracts in autonomous vehicle supply chains: An experimental design	Science Direct	Singapore, France, Australia, United Kingdom	2022	Desarrollar soluciones innovadoras basadas en IA y análisis de datos basados en el aprendizaje automático en tiempo real con el propósito de mejorar el rendimiento de la industria. Busca integrar y modelar los datos recopilados de múltiples fuentes, para desarrollar nuevos diseños a través de la reingeniería lógica para obtener información operativa en tiempo real.
2	Investigation and analysis of implementation challenges for autonomous vehicles in developing countries using hybrid structural modeling	Science Direct	India, Thailand	2022	El objetivo es identificar los desafíos y sus interrelaciones para ayudar a los responsables políticos y fabricantes de vehículos autónomos a comprender el nivel de importancia de cada desafío y tomar medidas correctivas. Explora oportunidades y beneficios potenciales de los vehículos autónomos abordando problemas éticos, legales, sociales y económicos relacionados con su adopción.
3	Hybrid additive robotic workcell for autonomous fabrication of mechatronic systems - A case study of drone fabrication	Science Direct	USA	2022	La investigación demuestra un nuevo proceso capaz de la fabricación rápida de drones reconfigurables con una participación humana mínima y reduciendo el desperdicio de materiales. Se valida la eficacia, flexibilidad y autonomía de la célula de trabajo, y se introduce un marco de drones robusto y modular que permite el rediseño flexible y la fabricación fácil de nuevas configuraciones de drones mediante el ensamblaje robótico.
4	Implementing commercial autonomous road haulage in freight operations: An industry perspective	Science Direct	United Kingdom	2021	Identificar los problemas clave que las empresas de logística perciben en la introducción del transporte autónomo por carretera y producir recomendaciones de políticas y diseño a partir del análisis de la información recopilada mediante cuestionarios temáticos y entrevistas semiestructuradas.

5	A review of robotics and autonomous systems in the food industry: From the supply chains perspective	Science Direct	United Kingdom	2020	El estudio proporciona información sobre el potencial de los sistemas RAS para incrementar la optimización de las cadenas de suministro de alimentos, abarcando aspectos como la seguridad alimentaria, la calidad de los alimentos y la reducción del desperdicio de alimentos, destacando la naturaleza prohibitiva del costo de estos sistemas.
6	Ready for robots? Assessment of autonomous delivery robot operative accessibility in German cities	Science Direct	Alemania	2022	Este estudio investigó diversos aspectos de los vehículos autónomos de reparto (ADRs). Los resultados incluyen la identificación de diferentes clases de ADRs y sus propiedades relevantes, así como la planificación y comparación de la accesibilidad urbana. Además, se modelaron y analizaron escenarios operativos de ADRs y se determinó el escenario más adecuado para mejorar los indicadores clave de los operadores logísticos.
7	Selection of vehicle size and extent of multi-drop deliveries for autonomous goods vehicles: An assessment of potential for change	Science Direct	United Kingdom	2022	El objetivo del estudio es examinar los beneficios potenciales de diferentes tamaños de vehículos y rutas de vehículos multipunto en el contexto de vehículos autónomos de mercancías, e identificar la ruta óptima y la combinación de diferentes tamaños de vehículos para completar las entregas mientras se minimiza la función de costo y emisiones de carbono asociadas.
8	Drone as a Service (DaaS) in promoting cleaner agricultural production and Circular Economy for ethical Sustainable Supply Chain development	Science Direct	United Kingdom	2021	Recopilar datos sobre las interrelaciones entre los desafíos de la Política Agrícola Común de la Unión Europea (PAC), proponer más investigaciones para validar las propuestas desarrolladas a partir de esta investigación y presentar implicaciones prácticas para los productores agrícolas.
9	Shaping the Next Generation Pharmaceutical Supply Chain Control Tower with Autonomous Intelligence	Scopus	USA	2019	El propósito es incrementar el desempeño y la eficiencia de la cadena de suministro por medio de medidas como la supervisión en tiempo real, la integración de sistemas y el uso de análisis anticipados. También se busca mejorar la visibilidad e intercambio de información. Estas medidas buscan mejorar el procesamiento de la cadena de suministro y tomar decisiones basadas en datos para mejorar el rendimiento empresarial.
10	Revisión y mejoramiento de la cadena de suministro para disminuir tiempos de aprovisionamientos de materiales para la producción de asfalto Similitudes y diferencias entre la moral artificial y la moral humana	Google Academico	Ecuador	2019	El objetivo principal es analizar las deficiencias en la cadena de suministros dentro de una planta constructora, para categorizar los factores que influyen en las deficiencias del transporte en el ingreso al campamento del material necesario, y valorar la capacidad operativa de las máquinas autónomas para procesar el material para obtener el asfalto
11	Red de drones autónomos utilizando una	SciELO	Ecuador	2021	En este proyecto, se busca establecer una red inalámbrica compuesta por vehículos aéreos

	arquitectura de red para uso alternativo de levantamiento de información agrícola a pequeña escala					no tripulados (UAVs) capaces de intercambiar datos e información en tiempo real con el fin de monitorear y responder a las necesidades de los campos agrícolas. La finalidad es que estos UAVs se comuniquen entre sí, permitiendo la transmisión y recepción de información agrícola para actuar de manera anticipada ante cualquier requerimiento del campo.
12	Reemplazo de personal humano por inteligencia artificial: ventajas y desventajas	Scielo	Bolivia	2022		Es responsabilidad de los individuos determinar si la introducción de robots en las organizaciones puede ser beneficioso, aliviando la carga de trabajo de forma colaborativa y mejorando la calidad de vida de los empleados, en lugar de representar una amenaza para el empleo. Por lo tanto, las empresas deben buscar un equilibrio adecuado entre la presencia de máquinas y la contribución humana, asegurándose de que los robots no reemplacen indiscriminadamente al personal humano y se integren de manera responsable en los entornos laborales.
13	Prospects of robotics in food industry	Scielo	Brazil	2017		El objetivo es presentar una revisión exhaustiva de la aplicación de la robótica en la industria alimentaria.
14	The Future Digital Work Force: Robotic Process Automation (RPA)	Scielo	Brazil	2019		Analizar cómo las tecnologías de Robots y Automatización Robótica de Procesos se están volviendo obligatorias como parte de las operaciones comerciales en las organizaciones de todo el mundo.
15	A Conceptual Model for the Adoption of Autonomous Robots in the Supply Chain and Logistics Industry	ResearchGate	United Arab Emirates, Jordania	2022		Los objetivos de la investigación consisten en reconocer los factores determinantes fundamentales para la implementación de robots autónomos en la industria logística y la cadena de suministro, abarcando aspectos tecnológicos, organizacionales y ambientales. Además, se pretende poner a prueba las hipótesis propuestas relacionadas con estos contextos. El estudio también persigue proporcionar orientación directiva a los encargados de la gestión de la cadena de suministro y a los especialistas en marketing de tecnologías y herramientas digitales que se pueden implementar en el entorno de la cadena de suministro.

Utilizando la información presentada en la Tabla 2, podemos sacar los siguientes datos para esta revisión sistemática, ya que en esta mejor especificado los artículos que se utilizaran, se podrá verificar de qué base datos se obtuvieron los artículos más relevantes, de que año son y de qué país provienen.

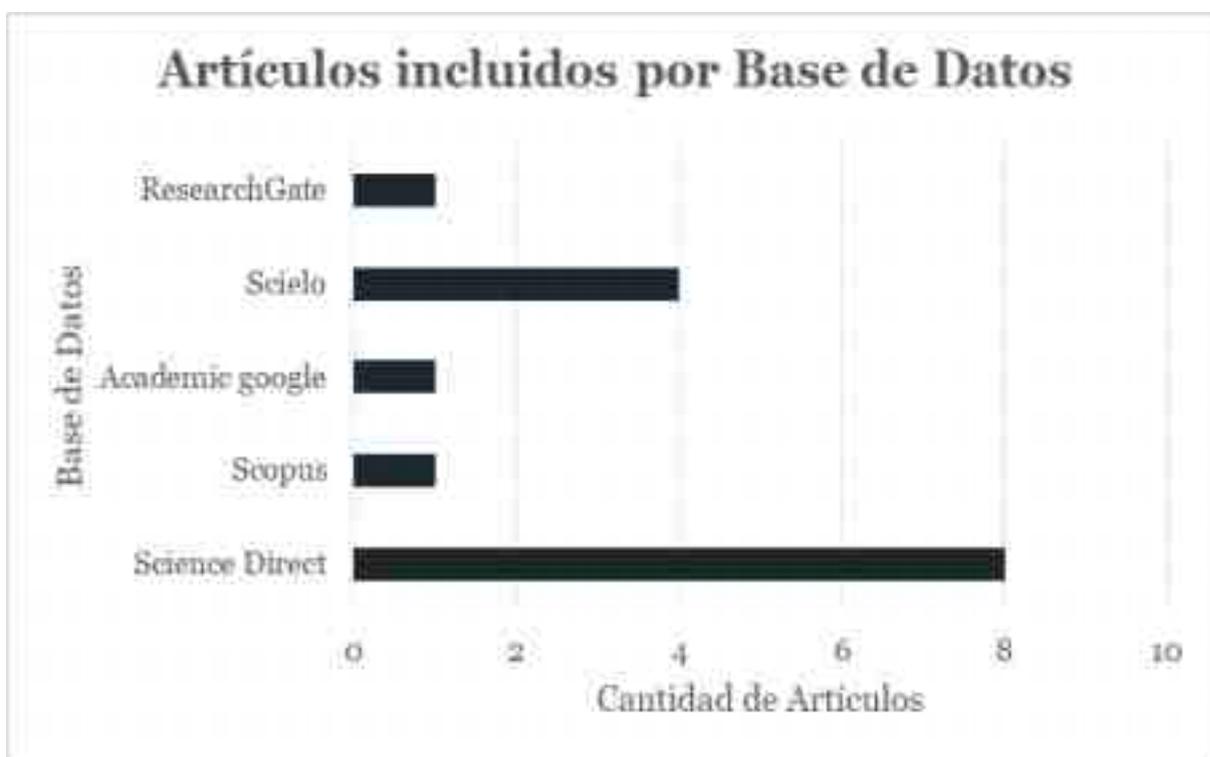


Figura 3: Cantidad de estudios incluidos por Base de Datos para la revisión sistemática.

Tabla 3

Cantidad de estudios incluidos por Base de Datos para la revisión sistemática.

Base de datos	Cantidad
Science Direct	8
Scopus	1
Academic google	1
Scielo	4
ResearchGate	1
TOTAL	15

En la Figura 3 se puede apreciar que la base de datos de ScienceDirect tiene una mayor cantidad de artículos que cumplieron con los criterios de inclusión en comparación con las demás, siendo 15 como se ve más detalladamente en la Tabla 3. Y siendo el Scopus la base de datos con más artículos, con un total de 8. El que menos aportó es Dialnet con un solo artículo

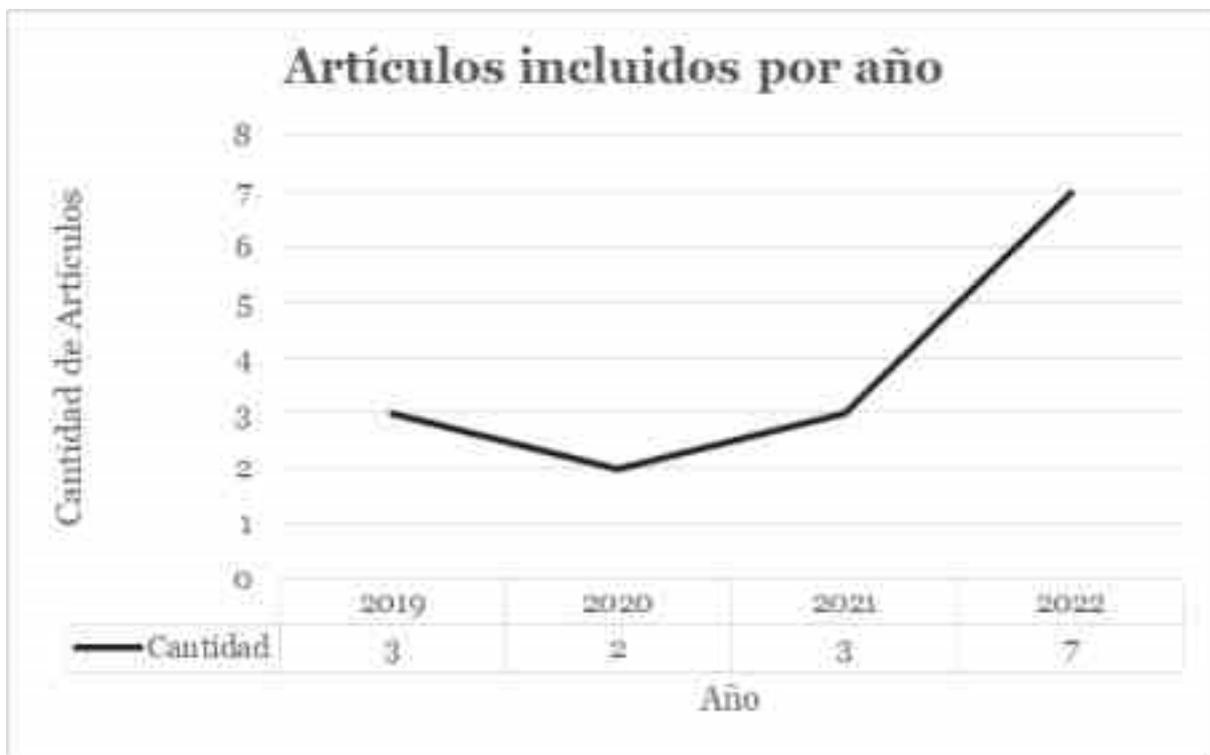


Figura 4: Cantidad de estudios incluidos por año para la revisión sistemática.

En la Figura 4 se observa que hay más artículos que los artículos del año 2022 son los que más ayudarán para esta investigación, hay en total 7 artículos de ese año , esto demuestra que las conclusiones que se mostrarán más adelante , estarán basadas en artículos publicados recientemente.

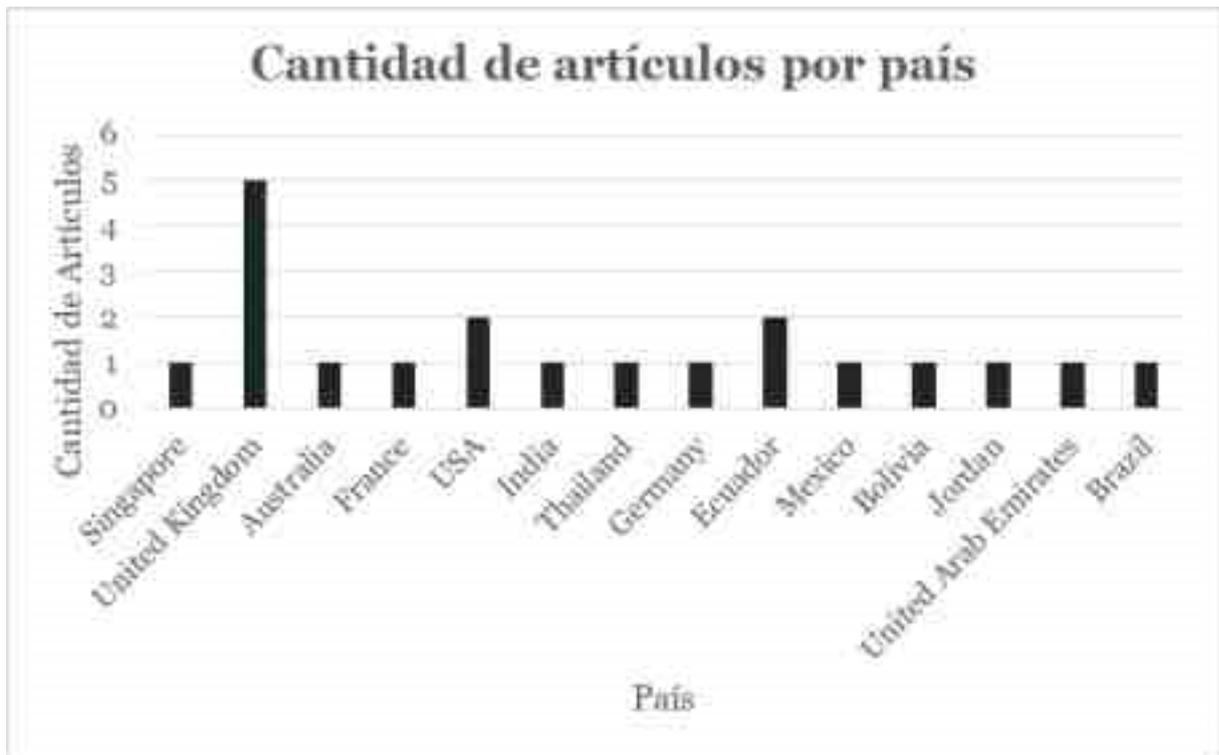


Figura 5: Cantidad de estudios incluidos por país para la revisión sistemática. Elaboración propia

En la Figura 5 se aprecia de qué país hay más artículos seleccionados, aquí se obtuvo que Reino Unido tiene la mayor cantidad de artículos, 5 en total, países como Alemania, Francia, Australia, Ecuador, etc tiene solo 1 artículo.

La Automatización Robótica de Procesos (RPA, por sus siglas en inglés) ofrece beneficios inmediatos a los procesos comerciales fundamentales, abarcando áreas como el reclutamiento y la integración de nuevos empleados, la gestión de cuentas por cobrar y por pagar, el procesamiento de facturas, la administración de inventario y la generación de informes, entre otros [11]. Se espera que los robots autónomos desempeñen un papel cada vez más importante en la cadena de suministro y la industria logística [20]. Por esta razón, las tecnologías de robots y RPA se están convirtiendo en requisitos indispensables en las operaciones comerciales de organizaciones en todo el mundo [11].

El empleo de robots ha experimentado una amplia difusión a nivel global, especialmente en el ámbito de la industria manufacturera, donde han logrado reducir los tiempos de producción y los costos, al tiempo que aseguran una mayor eficiencia y calidad en los productos fabricados. En el campo de la medicina, es común observar a los médicos realizando cirugías con la ayuda de asistentes robóticos o utilizando impresoras 3D para crear modelos y equipos médicos personalizados [6]. Asimismo, dentro del sector farmacéutico podemos encontrar también máquinas autónomas de toma de decisiones las cuales tienen la capacidad de analizar

información, evaluar opciones y tomar decisiones sin intervención humana directa. Estas máquinas utilizan algoritmos, modelos y sistemas de inteligencia artificial para procesar datos y generar respuestas o acciones basadas en esos datos [10].

En este punto, para responder a las preguntas que planteamos al inicio, recopilamos una serie de datos gracias a nuestra recopilación de artículos. Donde para contestar a la pregunta: ¿Cuáles son los tipos de máquinas autónomas utilizadas en la cadena de suministro?, obtuvimos los siguientes datos.

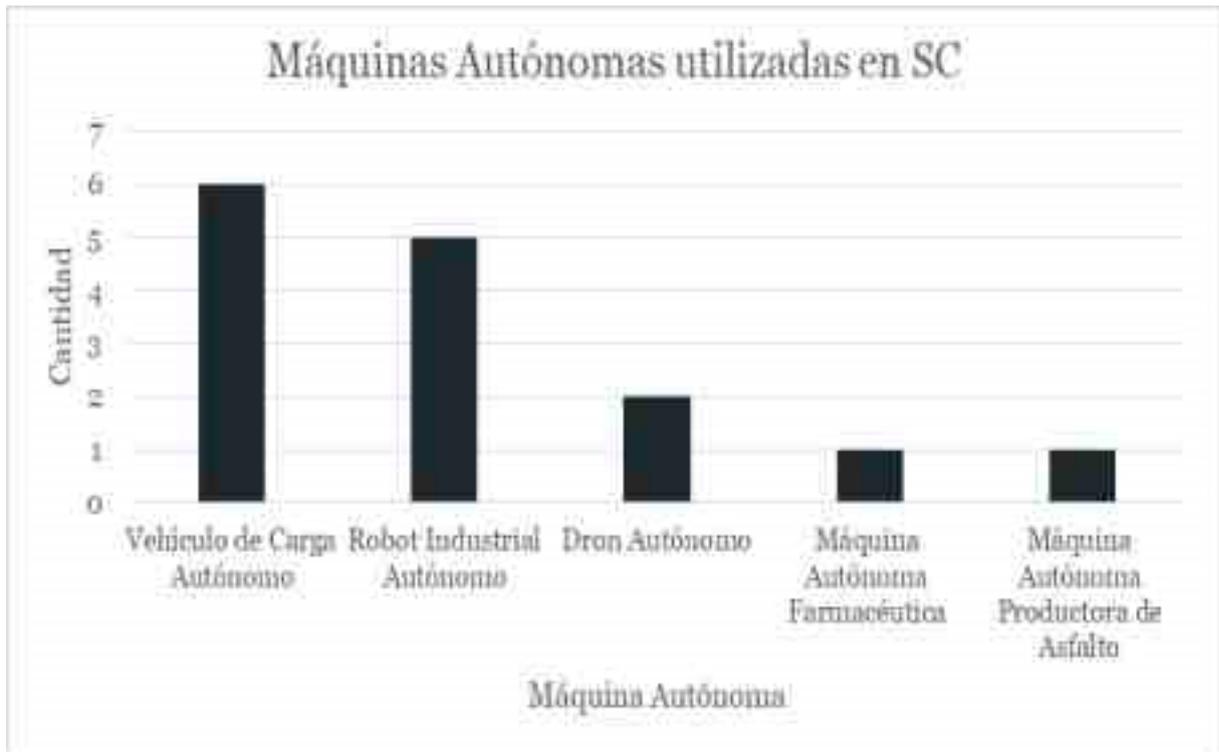


Figura 6: Máquinas Autónomas más implementadas según bibliografía. Elaboración propia.

Se observa en la Figura 6, que la máquina autónoma más implementada son los vehículos autónomos ya que, lo más resaltante actualmente dentro de la SC es el impacto potencial de los vehículos autónomos (AV), el cual se está volviendo cada vez más relevante como resultado de los desarrollos tecnológicos, la inversión de la industria y las regulaciones. Parece haber una probabilidad razonable de despliegue en carretera de vehículos autónomos a escala en algunas geografías, dentro de la próxima década [3]. El departamento agrícola es esencial para la economía de numerosos países y requiere de la incorporación de tecnologías modernas. En este contexto, se pretende unir la agricultura con las tecnologías de la información y comunicación (TIC) con el objetivo de aprovechar las ventajas que estas pueden brindar. Un ejemplo de esta sinergia es la utilización de Vehículos Aéreos no

Tripulados (UAV) en la agricultura de precisión. Estos drones se emplean en diversas tareas, como la fumigación de cultivos o el control de plagas. En el campus experimental "La María" de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), se han destinado diferentes áreas a la agricultura, con el objetivo de aplicar tecnologías y redes de telecomunicaciones que contribuyan a mejorar la agricultura de precisión [2].

Nuestra segunda pregunta es: ¿Cuáles son los beneficios y ventajas de utilizar máquinas autónomas en la cadena de suministro?

Respecto a los beneficios que pueden traer el uso de las máquinas autónomas en la cadena de suministro son bastantes y existen muchos autores que hablan acerca de esto, por ejemplo, que las máquinas autónomas mejoran la eficiencia y reducen los costos, ya que, pueden hacer tareas repetitivas y monótonas de manera eficaz, mucho más rápida y precisa de lo que pueden hacer los humanos [14]. Girish también opina lo mismo que Manimuthu pero agrega que las máquinas autónomas ofrecen mayor seguridad al reducir el riesgo de accidentes y lesiones [9].

Otro de los beneficios es que las máquinas autónomas en la cadena de suministro ofrecen una mayor precisión y calidad al reducir la cantidad de productos defectuosos [8]. También se tiene que el uso de las máquinas autónomas en la cadena de suministros reduce el tiempo de entrega, ofrece una mayor eficiencia en el uso del combustible y reduce las emisiones de carbono a través del uso de vehículos autónomos [19].

Entonces después de todo esto, se puede afirmar que el uso de las máquinas autónomas en la cadena de suministros es muy beneficioso para las empresas ya que se tiene múltiples referencias de personas que usaron estas maquina obtuvieron los beneficios mencionados anteriormente y puede que existan otros beneficios dependiendo el área o el fin con el que lo usen.

La tercera pregunta fue ¿En qué sectores se está implementando este tipo de tecnología?, para contestar esta interrogante, obtuvimos los siguientes resultados.

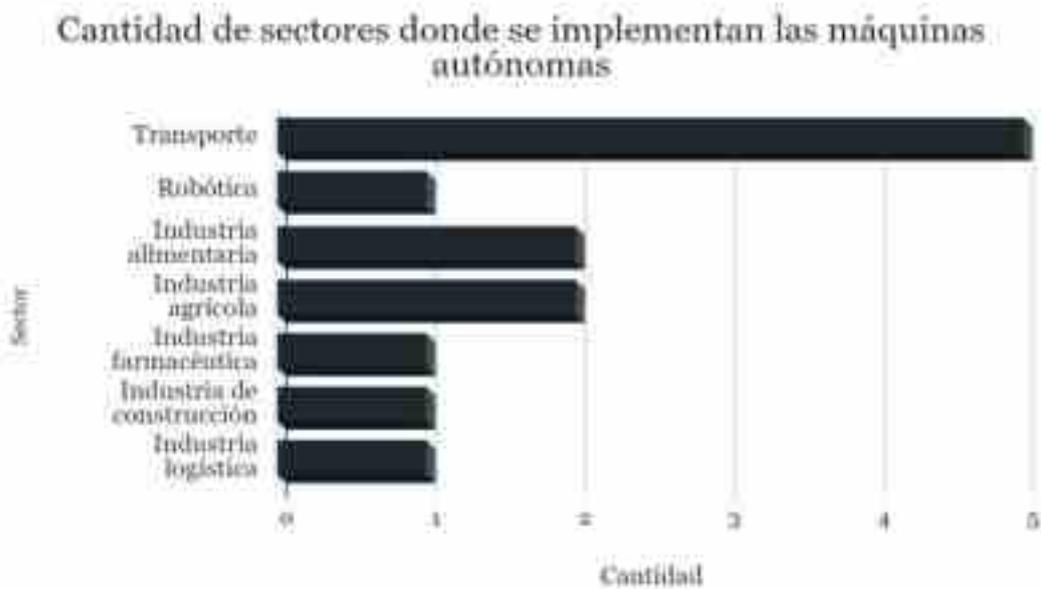


Figura 7: Cantidad de sectores donde más se implementan las máquinas autónomas según bibliografía. Elaboración propia.

La Figura 7 ofrece una visión de los tres sectores principales donde la implementación de máquinas autónomas está en pleno auge. El sector del transporte se destaca como el líder con 5 casos destacados, seguido de cerca por el sector de la industria agrícola con 2 casos y el sector de la industria alimentaria también con 2 casos. Estos datos indican que la automatización y autonomía están siendo adoptadas en estos sectores como una tendencia emergente y prometedora en la mejora de la eficiencia y la productividad.

Y la última pregunta es: ¿Cuáles son los desafíos y limitaciones asociados con la implementación de máquinas autónomas en la cadena de suministro?

La implementación de máquinas autónomas en la cadena de suministro presenta diversas limitaciones, como los altos costos de implementación mencionados por varios autores. Estos costos pueden ser un desafío para las empresas que desean adoptar esta tecnología, ya que la inversión requerida en tecnología y capacitación puede ser significativa [1] [14]. Además, la falta de habilidades y capacitación especializadas es otra limitación mencionada, puede dificultar la implementación de máquinas autónomas en la cadena de suministro, especialmente para aquellas empresas sin experiencia en esta área [2] [8].

Los principales puntos débiles están en la calidad, el mantenimiento y la seguridad de los datos, especialmente cuando se trabaja con organizaciones de fabricación por contrato lo que limita su capacidad para adaptarse a cambios en la cadena de suministro [10].

Por último, existe el riesgo de un masivo desempleo como consecuencia del reemplazo de los trabajadores por estas máquinas autónomas, quitando el trabajo a varias personas [1].

4. Conclusiones

Los estudios revisados sugieren que los sistemas de robots autónomos (RAS) tienen un potencial significativo para mejorar la eficiencia en las distintas áreas de la cadena de suministro. Estos sistemas pueden contribuir a mejorar la calidad del servicio de alimentos, sin embargo, se identifica que el alto costo de implementación de estos sistemas representa una barrera importante para su adopción generalizada.

La adquisición de estas máquinas autónomas está influenciada por una serie de factores, incluyendo el contexto tecnológico, organizacional y ambiental. Por lo tanto, es fundamental que los gerentes y los comercializadores de tecnologías y herramientas digitales consideren estos factores al tomar decisiones importantes sobre la implementación de robots autónomos en sus operaciones.

La implementación de estas máquinas autónomas se enfrentan desafíos relacionados con la integración de sistemas, la automatización de procesos y el monitoreo en tiempo real. Sin embargo, al superar estos desafíos, se pueden lograr mejoras significativas en términos de eficiencia y rendimiento.

Como conclusión, los estudios revisados indican que los sistemas de robots autónomos tienen el potencial de mejorar diversos aspectos de la cadena de suministros. Sin embargo, su adopción se ve limitada por el costo de implementarlos. Los gerentes y los comercializadores deben considerar cuidadosamente los factores tecnológicos, organizacionales y ambientales al tomar decisiones sobre la implementación de robots autónomos. Aprovechar las oportunidades que presentan estas máquinas autónomas puede llevar a mejoras significativas en la eficiencia y el rendimiento de los sectores en la cadena de suministro. La integración de inteligencia artificial, aprendizaje automático y análisis predictivos desempeñan un papel crucial en la optimización de la cadena de suministro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Acedo, B. E. I., Wright, C., Ghys, T., & Declercq, H. (2020). Imaginarios de la robotización: la automatización desde la perspectiva del empleado. *Estudios Sociológicos*, 38(113), 567–600. <https://doi.org/10.24201/es.2020v38n113.1923>
- [2] Bayas, B. O. (2021, April 16). Red de drones autónomos utilizando una arquitectura de red para uso alternativo de levantamiento de información agrícola a pequeña escala. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442021000200069
- [3] Bray, G., & Cebon, D. (2022). Selection of vehicle size and extent of multi-drop deliveries for autonomous goods vehicles: An assessment of potential for change. *Transportation Research Part E-logistics and Transportation Review*, 164, 102806. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2022.102806>
- [4] Cossío, N. S., Crespo, E. O., Pulido-Rojano, A., Urquiaga, A. J. A., & Del Monserrate Ruiz Cedeño, S. (2021). Análisis de integración de la cadena de suministros en la industria textil en Ecuador. Un caso de estudio. *Ingeniare. Revista Chilena De Ingeniería*, 29(1), 94–108. <https://doi.org/10.4067/s0718-33052021000100094>
- [5] Duong, L. N. K., Al-Fadhli, M. B., Jagtap, S., Bader, F., Martindale, W., Swainson, M., & Paoli, A. (2020). A review of robotics and autonomous systems in the food industry: From the supply chains perspective. *Trends in Food Science and Technology*, 106, 355–364. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.10.028>
- [6] Estrada, E. C. F. M. (2022, April). Reemplazo de personal humano por inteligencia artificial: ventajas y desventajas. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2521-27372022000100004
- [7] Fragapane, G., de Koster, R., Sgarbossa, F., & Strandhagen, J. O. (2021). Planning and control of autonomous mobile robots for intralogistics: Literature review and research agenda. *European Journal of Operational Research*, 294(2), 405–426. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2021.01.019>
- [8] Kosmal, T., Beaumont, K., Link, E., Phillips, D., Pulling, C., Wotton, H., Kudrna, C., Kubalak, J. R., & Williams, C. (2022). Hybrid additive robotic workcell for autonomous fabrication of mechatronic systems - A case study of drone fabrication. *Additive Manufacturing Letters*, 3, 100100. <https://doi.org/10.1016/j.addlet.2022.100100>

- [9] Kumar, G., James, A. T., Choudhary, K., Sahai, R., & Song, W. K. (2022). Investigation and analysis of implementation challenges for autonomous vehicles in developing countries using hybrid structural modeling. *Technological Forecasting and Social Change*, 185, 122080. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122080>
- [10] Liotine, M. (2019). Shaping the Next Generation Pharmaceutical Supply Chain Control Tower with Autonomous Intelligence. *Journal of Autonomous Intelligence*, 2(1), 56. <https://doi.org/10.32629/jai.v2i1.34>
- [11] Madakam, S., Holmukhe, R. M., & Jaiswal, D. K. (2019). The Future Digital Work Force: Robotic Process Automation (RPA). *Journal of Information Systems and Technology Management*, 16, 1–17. <https://doi.org/10.4301/s1807-1775201916001>
- [12] Mahroof, K., Omar, A., Rana, N. P., Sivarajah, U., & Weerakkody, V. (2021). Drone as a Service (DaaS) in promoting cleaner agricultural production and Circular Economy for ethical Sustainable Supply Chain development. *Journal of Cleaner Production*, 287, 125522. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125522>
- [13] Mendoza, M. H. E. (2019, October 1). “Revisión y mejoramiento de la cadena de suministro para disminuir tiempos de aprovisionamientos de materiales para la producción de asfalto.” <https://repositorio.unemi.edu.ec/handle/123456789/4805>
- [14] M, A., Venkatesh, V., Arisian, S., Shi, Y., & Sreedharan, V. R. (2022). Application of blockchain and smart contracts in autonomous vehicle supply chains: An experimental design. *Transportation Research Part E-logistics and Transportation Review*, 165, 102864. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2022.102864>
- [15] Núñez, W. N., Rojas-Martínez, C., Pacheco-Ruíz, C., & Palma, H. H. (2022). Descripción del manejo de tecnologías de información y comunicación en las cadenas de suministros en medianas empresas. *Información Tecnológica*, 33(5), 165–176. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642022000500165>
- [16] Pereira, S. B., & Botelho, R. D. (2021). Human factors, artificial intelligence and autonomous cars: Perspectives for a complex implementation. *Revista De Ciencia Y Tecnología*, 36, 87–98. <https://doi.org/10.36995/j.recyt.2021.36.008>
- [17] Plank, M., Lemardelé, C., Assmann, T., & Zug, S. (2022). Ready for robots? Assessment of autonomous delivery robot operative accessibility in German cities. *Journal of Urban Mobility*, 2, 100036. <https://doi.org/10.1016/j.urbmob.2022.100036>
- [18] Rahman, M. M., & Thill, J.-C. (2023). Impacts of connected and autonomous vehicles on urban transportation and environment: A comprehensive review. *Sustainable Cities and Society*, 96(104649), 104649. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104649>

- [19] Sindi, S., & Woodman, R. (2021). Implementing commercial autonomous road haulage in freight operations: An industry perspective. *Transportation Research Part A-policy and Practice*, 152, 235–253. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2021.08.003>
- [20] Shamout, M. D., Ben-Abdallah, R., Alshurideh, M., Alzoubi, H. M., Kurdi, B. A., & Hamadneh, S. (2022b). A conceptual model for the adoption of autonomous robots in supply chain and logistics industry. *Uncertain Supply Chain Management*, 10(2), 577–592. <https://doi.org/10.5267/j.uscm.2021.11.006>



UNT

ESCUELA DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL



INCADSU

INVESTIGADORES DE CADENAS
DE SUMINISTROS 4.0

Correo de Revista: goi4.0@unitru.edu.pe
Plataforma de Vigilancia Tecnológica

Correo electrónico: vgtindustrial@unitru.edu.pe
Sitio web: <https://vtindustrial.unitru.edu.pe>