

Herramientas y plataformas de procesamiento: Un análisis sistemático en el contexto de IoT y Big Data

Processing tools and platforms: A systematic analysis in the context of IoT and Big Data

Fecha de recepción: 2024-11-15 • Fecha de aceptación: 2025-01-17 • Fecha de publicación: 2025-02-10

Wilmer Antonio Moreira Sánchez¹

Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

wilmer.moreira@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-7772-6254>

Marely del Rosario Cruz Felipe²

Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

marely.cruz@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-1937-1568>

Gabriel Agustín Cotera Ramírez³

Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

gabriel.cotera@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-2726-8317>

Gema Isabel Medranda Cobeña⁴

Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

gema.medranda@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-6405-6976>

RESUMEN

El Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés) ha transformado diversos sectores al permitir la conexión y comunicación entre dispositivos inteligentes. La enorme cantidad de registros generados en estos dispositivos requiere herramientas de Big Data para su almacenamiento, procesamiento y análisis eficiente. Este estudio presentó una revisión sistemática de la literatura con el objetivo de identificar y evaluar las herramientas de Big Data más utilizadas en soluciones de IoT. Se utilizó la metodología propuesta por Kitchenham, seleccionada por su enfoque estructurado y replicable, que garantiza resultados de alta calidad al minimizar sesgos. Esta metodología facilitó la identificación de tendencias clave y la resolución de problemas específicos como la optimización de procesos industriales y la mejora en la toma de decisiones gerenciales mediante Big Data. A través del análisis, se generaron preguntas de investigación que evaluaron publicaciones relevantes de los últimos cinco años, revelando cómo Big Data ha sido implementado en IoT para gestionar grandes volúmenes de datos, mejorar la escalabilidad y optimizar procesos en tiempo real. Las herramientas analizadas han demostrado ser efectivas para resolver problemas concretos, como la detección de fallos y la toma de decisiones informadas.

PALABRAS CLAVE: Big Data, Internet de las Cosas, Revisión Sistemática, Metodología Kitchenham, Escalabilidad, Gestión de Datos

ABSTRACT

The Internet of Things (IoT) has transformed various sectors by enabling the connection and communication between smart devices. The huge number of records generated by these devices requires Big Data tools for their efficient storage, processing and analysis. This study presents a systematic review of literature (SRL) with the aim of identifying and evaluating the most widely used Big Data tools in IoT solutions. The methodology proposed by Kitchenham was used, selected for its structured and replicable approach, which guarantees high-quality results by minimizing bias. This methodology facilitates the identification of key trends and the resolution of specific problems, such as the optimization of industrial processes and the improvement of managerial decision-making through Big Data. Through the analysis, research questions were generated that evaluated relevant publications from the last five years, revealing how Big Data has been implemented in IoT to manage large volumes of data, improve scalability and optimize processes in real time. The tools analyzed have proven to be effective in solving specific problems, such as fault detection and informed decision-making.

KEYWORDS: Big Data, Internet of Things, Systematic Review, Kitchenham Methodology, Scalability, Data Management

Introducción

Mediante el análisis masivo de datos originarios de fuentes digitales es habitual recurrir a softwares y entornos de programación debido a la necesidad de extraer información valiosa para la toma de decisiones estratégicas en diversos sectores. Estas herramientas representan un avance significativo, ya que revolucionan la capacidad de procesamiento de datos al ofrecer mayor velocidad en cálculos estadísticos (Villamarín, 2024).

Por ejemplo, Apache y Spark son herramientas que son utilizadas en empresas donde permiten identificar patrones relevantes para estrategias de ventas. En la actualidad, estos registros son analizados y aprovechados por diferentes sistemas informáticos debido a la gran cantidad de información que generan. Conocido como Big Data, proporcionan soporte escalable, rápido y eficaz (Apaza y Ñamo, 2022).

La minería de datos permite dar sentido a la información y descubrir respuestas potenciales a partir de sugerencias personalizadas basadas en la recopilación y organización de datos (Valdivieso y Bonini, 2021). La integración de Big Data en soluciones de IoT recopila datos mediante dispositivos en tiempo real como sensores u otros dispositivos que estén conectados a una red. Esto incluye arquitecturas IoT análisis de flujo de datos y validación de modelos de predicción (Fernández, 2023).

Estas herramientas suelen utilizarse en la optimización de procesos industriales, el ámbito médico e incluso en el desarrollo de ciudades inteligentes. Esta convergencia redefine la manera en que se toman decisiones y se gestionan recursos. En este contexto, Big Data debe cumplir con diferentes propiedades claves:

- **Volumen**, se refiere a la cantidad de datos generados y almacenados para procesar información y transformarla en acciones (Miquel y Aced, 2019).
- **Velocidad**, relacionada con la transmisión y procesamiento de datos en tiempo real, lo cual es crucial para la toma de decisiones (Quintero et al., 2022).
- **Variedad**, se refiere a las fuentes según sus tipos y formas en las que se registran los datos (Campetella et al., 2023).
- **Veracidad**, la veracidad que corresponde a la fiabilidad de la información recibida (Arroyo & Brito, 2022).

El uso de herramientas de Big Data, fundamentadas en la infraestructura de IoT ha transformado significativamente la forma en que se procesan y analizan grandes volúmenes de datos a nivel global. La capacidad de integrar dispositivos conectados que operan en tiempo real ha permitido la creación de plataformas internacionales que consolidan información proveniente de diversas regiones, optimizando procesos y facilitando la toma de decisiones estratégicas. Por ejemplo, en iniciativas de sostenibilidad global, estas plataformas han sido clave para la gestión eficiente de recursos naturales y la reducción del impacto ambiental, como lo demuestran casos en sectores como la salud y la energía renovable (Rekha et al., 2022).

Paralelamente, los gobiernos han desempeñado un papel fundamental en la regulación del uso de IoT mediante la implementación de políticas y normativas que garantizan la interoperabilidad, la seguridad y la privacidad de los datos. Estas regulaciones son esenciales para promover un entorno confiable en el manejo de dispositivos conectados, especialmente en aplicaciones críticas como las ciudades inteligentes. En estas, el análisis de datos de tráfico y consumo energético permite optimizar infraestructuras urbanas, reducir el uso de recursos y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. Adicionalmente, los gobiernos han fomentado el desarrollo de tecnologías IoT mediante la inversión en investigación para enfrentar retos globales como el cambio climático y la urbanización acelerada (Ball y Degischer, 2024; Nguyen et al., 2024).

En el ámbito industrial, estas herramientas se utilizan para mejorar la eficiencia operativa y facilitar la toma de decisiones mediante el análisis del rendimiento de los dispositivos IoT. Esto permite reducir costos y mejorar la calidad de productos y servicios (Acuña, 2023). Asimismo, el monitoreo continuo resulta esencial a nivel sectorial, ya que permite realizar un mantenimiento predictivo de los dispositivos IoT, reduciendo tiempos de inactividad y prolongando la vida útil de los mismos. El uso e implementación de herramientas IoT y Big Data es indispensable en múltiples áreas ya que maximizan y mejoran la eficiencia operativa, impulsando tecnologías orientadas a experiencias personalizadas y fomentando la sostenibilidad mediante prácticas productivas que reducen el impacto ambiental.

En este sentido, el objetivo de la presente investigación no solo se centró en la recopilación de estudios relevantes para la implementación de tecnologías que están transformando la industria hacia soluciones inteligentes basadas en datos, sino también en el análisis crítico de los resultados obtenidos. Para ello, se empleó la metodología de revisión sistemática propuesta por Kitchenham (2004) reconocida por su rigor y enfoque replicable que permite evaluar y comparar herramientas y enfoques de manera estructurada.

A través de esta metodología, se identificaron las fortalezas y debilidades de diversas soluciones tecnológicas, las cuales se presentaron en cuadros comparativos que analizaron métricas clave como escalabilidad, eficiencia, facilidad de integración y aplicabilidad en el contexto del IoT y Big Data. Además, se establecieron preguntas de investigación dirigidas a abordar las brechas identificadas en estudios previos, proporcionando una base sólida para validar la elección de esta metodología y justificar su relevancia en este estudio.

Metodología

La revisión sistemática de la literatura es un tipo de investigación cuyo objetivo es recopilar, evaluar y sintetizar de manera exhaustiva estudios relevantes sobre una o varias preguntas de investigación definidas. Este enfoque metodológico, al ser replicable, minimiza el sesgo y aumenta la fiabilidad de los resultados obtenidos. El presente estudio constituyó una investigación documental basada en la metodología propuesta por Kitchenham (2004). Esta metodología establece protocolos para la revisión y búsqueda de información, los cuales se desarrollan a través de las siguientes fases:

- Fase de planeación



- Fase de implementación
- Fase de Resultados

2.1 Fase de planeación

En esta fase se estableció una base sólida de objetivos claros, preguntas de investigación bien definidas y protocolos detallados, lo que permitió aportar significativamente al campo de estudio. Este enfoque garantizó que el proceso de revisión sea transparente y reproducible, aumentando la credibilidad y utilidad de los hallazgos obtenidos. Las preguntas de investigación desarrolladas se diseñaron con el objetivo de abordar áreas clave en la implementación de IoT, específicamente en procesos relacionados con la gestión de datos, la toma de decisiones estratégicas y la optimización operativa en contextos empresariales e industriales. Además, se definieron criterios de inclusión y exclusión para orientar las búsquedas hacia investigaciones relacionadas con estudios, implementaciones y avances tecnológicos relevantes. Las preguntas de investigación desarrolladas se presentan de la siguiente manera:

P1 ¿Cuáles son las principales herramientas de Big Data utilizadas actualmente en soluciones de IoT?

P2 ¿Qué desafíos técnicos y operativos enfrentan las organizaciones al implementar herramientas de Big Data en entornos IoT?

P3 ¿Cómo han evolucionado las herramientas de Big Data para adaptarse a las necesidades específicas de las aplicaciones IoT en los últimos años?

P4. ¿Qué tendencias emergentes se observan en el desarrollo de nuevas herramientas de Big Data diseñadas para IoT?

2.2 Bases de datos consultadas

Se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva de literatura científica en artículos académicos, publicaciones de revistas especializadas y estudios publicados en los últimos cinco años. Para garantizar la relevancia y calidad de las fuentes, se utilizaron bases de datos reconocidas como IEEE Xplore, ScienceDirect, Springer, Dialnet, BASE, DOAJ y ACM. Tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión establecidos, se seleccionaron un total de 36 estudios, los cuales se analizaron detalladamente en la fase de implementación de esta investigación. Este enfoque permitió identificar las contribuciones más significativas relacionadas con las herramientas de Big Data y su aplicación con IoT para soluciones tecnológicas.

2.2.1. Términos booleanos utilizados

Los artículos seleccionados para este estudio fueron identificados mediante una búsqueda sistemática basada en palabras clave específicas, utilizando operadores booleanos como OR, NOT y AND. Esta estrategia permitió optimizar el proceso de búsqueda al combinar términos

relevantes y abarcar un espectro más amplio de resultados en las bases de datos consultadas. Las combinaciones de palabras clave utilizadas fueron las siguientes:

- “IoT” OR “Internet of Things” AND “Connected devices”
- “Tools OR Platforms” OR “Frameworks” AND “Technologies”
- “Machine Learning” AND “Artificial Intelligence” OR “Deep learning”
- “Big data” AND “IoT” AND “Tools”
- “Big data” AND “IoT” AND “Scalability” OR “Platforms”
- “Aplicaciones” OR “Sistemas” AND “implementaciones” AND “Big data”

Además, se establecieron criterios de exclusión rigurosos para garantizar la relevancia y calidad de los estudios seleccionados. Entre estos criterios, se descartaron publicaciones que no resolvieron los problemas planteados o que fallaron en la implementación de Big Data en IoT, ya sea por limitaciones técnicas, operativas o metodológicas. También se excluyeron artículos que no presentaron datos empíricos suficientes, o que no abordaron soluciones prácticas aplicables al contexto de IoT y Big Data. Este enfoque permitió centrar el análisis en estudios que ofrecieran aportes significativos y evidencias claras sobre la integración exitosa de estas tecnologías hacia un entorno laboral empresarial.

2.2.2. Criterio de inclusión

Para la selección de estudios significativos en base a estos criterios se consideró lo siguiente:

- Estudios centrados específicamente en herramientas de Big Data aplicadas a soluciones de IoT.
- Investigaciones que evalúen el rendimiento o la eficacia de herramientas de Big Data en entornos IoT.
- Estudios de caso que demuestren implementaciones de herramientas de Big Data en proyectos de IoT reales.
- Investigaciones enfocadas en innovaciones, impacto, soluciones, escalabilidad y eficiencia relacionadas con Big Data en el contexto de IoT.

2.2.3. Criterio de exclusión

Se establecieron criterios de exclusión rigurosos para garantizar la relevancia y calidad de los estudios seleccionados. Entre estos criterios, se descartaron publicaciones que no resolvieron los problemas planteados o que fallaron en la implementación de Big Data en IoT, ya sea por limitaciones técnicas, operativas o metodológicas. También se excluyeron artículos que no presentaron datos empíricos suficientes, o que no abordaron soluciones prácticas aplicables al contexto de IoT y Big Data. Este enfoque permitió centrar el análisis en estudios que ofrecieran aportes significativos y evidencias claras sobre la integración exitosa de estas tecnologías hacia un entorno laboral empresarial.

- Artículos con más de cinco años desde su publicación.
- Artículos redactados en idiomas distintos al inglés o español.
- Informes técnicos que no hayan sido revisados por pares.
- Tesis de pregrado.

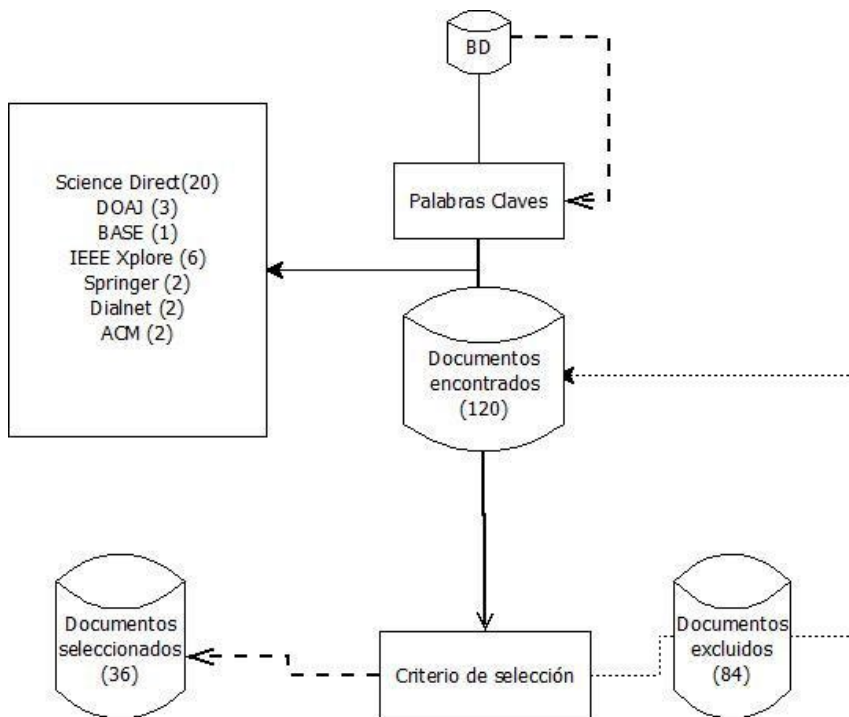
2.3. Fase de implementación

El objetivo de esta fase fue responder a las preguntas de investigación planteadas mediante una búsqueda exhaustiva de estudios que aporten información veraz de manera transparente. En la *Figura 1*, se presentó el proceso de selección siguiendo el protocolo de búsqueda establecido.

Como resultado de esta fase, se seleccionaron 36 artículos publicados entre los años 2020 y 2024. Estos estudios, identificados a través de los criterios de inclusión definidos, fueron clasificados según el año de publicación, las bases de datos en las que se encontraron y los resultados obtenidos, destacando su contribución a esta investigación.

Figura 1

Proceso de Selección de Artículos.



Resultados

Se identificaron un total de 120 publicaciones científicas mediante la aplicación de la metodología Kitchenham, las cuales fueron evaluadas de acuerdo con los criterios de inclusión y exclusión definidos para este estudio. Tras un riguroso proceso de selección, se eligieron 36 artículos

indexados en bases de datos reconocidas como IEEE Xplore, Springer, Dialnet, Science Direct, BASE, DOAJ y ACM. Estos artículos fueron seleccionados por su relevancia, calidad metodológica y enfoque en el análisis y aplicación de herramientas de IoT y Big Data para su implementación.

Los estudios seleccionados desempeñaron un papel clave en el desarrollo de las preguntas de investigación, ya que proporcionaron evidencia empírica y teórica que permitió identificar las brechas existentes en la literatura. Por ejemplo, los artículos relacionados con herramientas específicas como Apache Hadoop y Spark contribuyeron a formular la primera pregunta de investigación sobre las principales herramientas de Big Data utilizadas actualmente en soluciones de IoT.

Asimismo, los estudios que abordaron desafíos técnicos y operativos, como la escalabilidad y la interoperabilidad, fueron fundamentales para desarrollar la segunda pregunta, enfocada en los retos que enfrentan las organizaciones al implementar estas tecnologías. Además, investigaciones que exploraron la evolución de las herramientas de Big Data y las tendencias emergentes en su aplicación ayudaron a estructurar las preguntas restantes, proporcionando un marco analítico sólido para esta investigación. De esta manera, los artículos seleccionados no solo sirvieron como referencia teórica, sino que también guiaron la formulación de preguntas clave que orientaron el análisis y las conclusiones de este estudio.

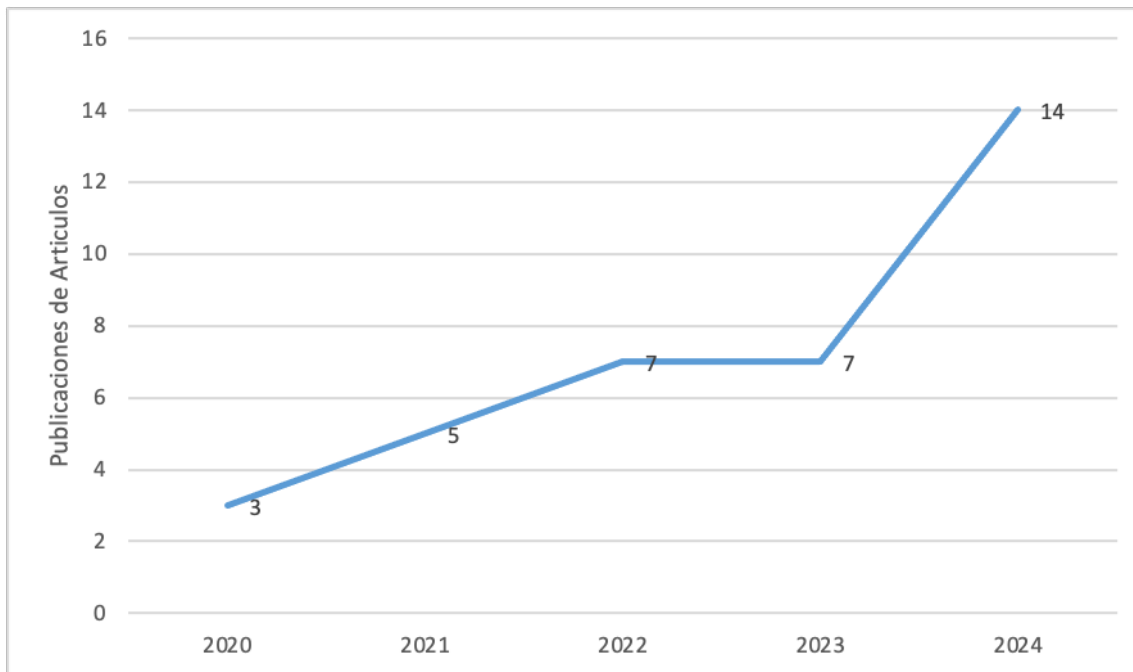
3.1 Frecuencia en publicaciones por año

En relación con la producción anual de los 31 artículos seleccionados para su revisión sistemática, la *Figura 2* muestra que el 2024 presentó la mayor proporción de publicaciones científicas, alcanzando el 39% (14 artículos). Este aumento podría atribuirse al incremento en la adopción de herramientas tecnológicas por parte de las industrias para optimizar procesos y mejorar la toma de decisiones.

Asimismo, se observa un crecimiento sostenido en la cantidad de publicaciones desde 2021 hasta 2024, período en el que se concentra el 79% (28 artículos) del total analizado. Este patrón refleja el interés creciente en las aplicaciones de Big Data e IoT, impulsado por la necesidad de innovar en sectores clave.

Figura 2

Frecuencia de Publicaciones por Año.



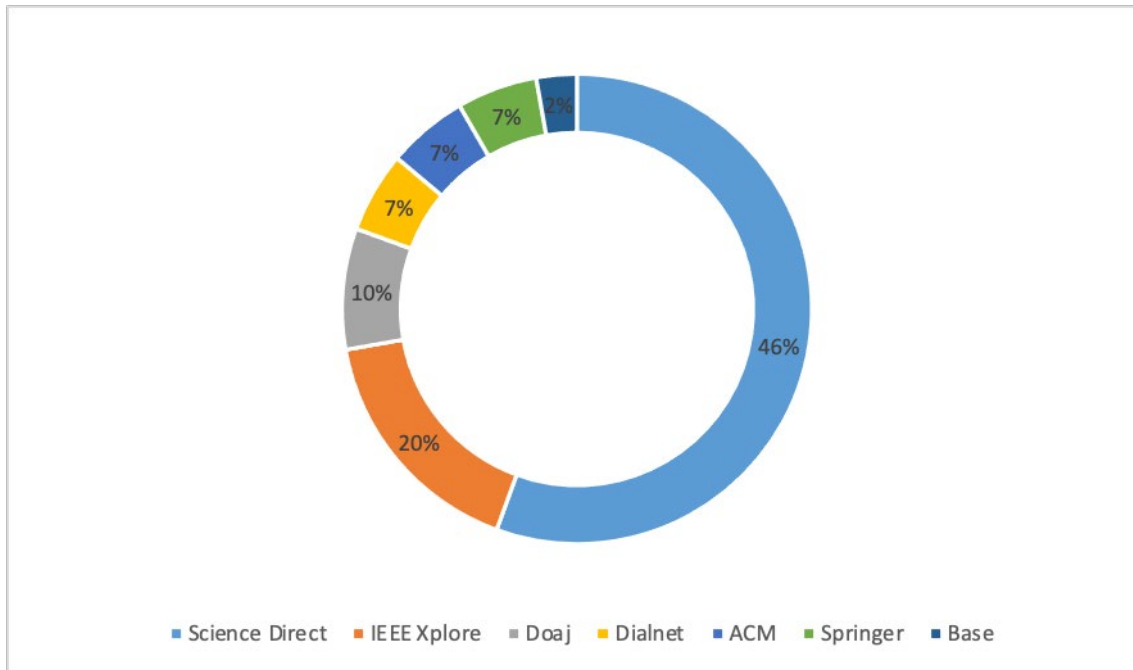
3.2 Indexación de los artículos seleccionados

Para llevar a cabo la revisión sistemática, se seleccionaron publicaciones indexadas en revistas científicas de reconocidas bases de datos, como se muestra en la *Figura 3*. Del total de artículos, el 46% (20 artículos) proviene de ScienceDirect, mientras que el 20% (6 artículos) corresponde a IEEE Xplore. Otras bases de datos, como DOAJ, ACM, Dialnet y Springer, aportaron el 10% (3 artículos) y el 7% (2 artículos), respectivamente, y finalmente, Base contribuyó con el 3% (1 artículo).

Estos artículos se clasificaron en función de las líneas temáticas establecidas para responder a las preguntas de investigación. De esta manera, el 45% (16 artículos) se relacionó con la P1, que aborda las herramientas de Big Data en IoT; el 25% (9 artículos) con la P2, que examina los desafíos técnicos y operativos; el 11% (4 artículos) con la P3, enfocada en la evolución de las herramientas; y el 19% (7 artículos) con la P4, que explora tendencias emergentes en el desarrollo de nuevas tecnologías.

Figura 3

Indexación de los Artículos Seleccionados.

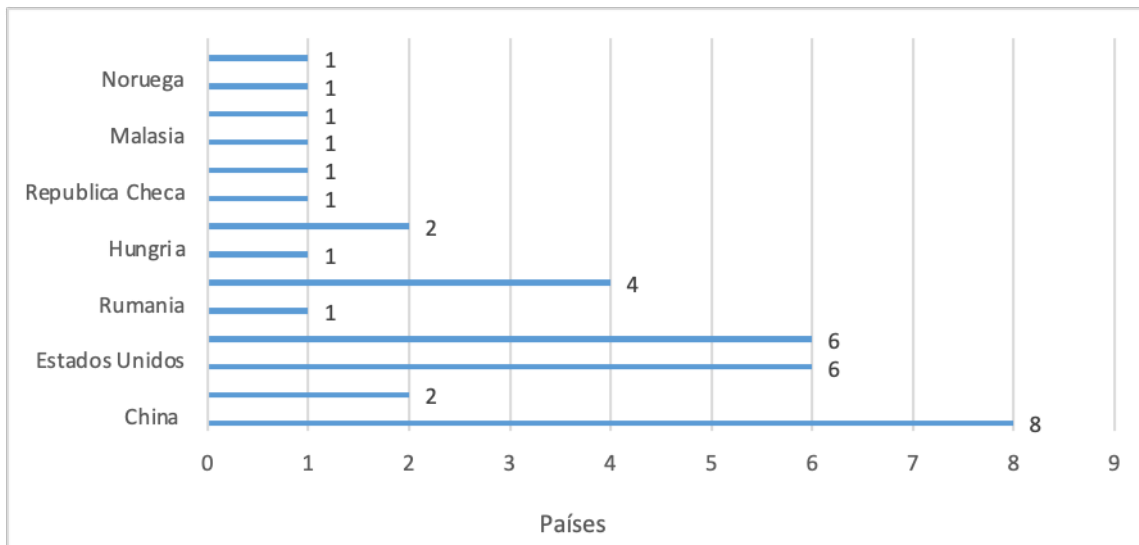


3.3 Estudios procedentes por países

En esta sección se analizaron los países con mayor producción científica entre los estudios seleccionados, según se muestra en la *Figura 4*. China se posicionó como el país con el mayor número de publicaciones, representando el 22% del total (8 artículos). Le siguen Estados Unidos e India, cada uno con un 17% (6 artículos). España ocupó el tercer lugar con un 12% (4 artículos). En el cuarto lugar se encuentran Irán y México con un 6% (2 artículos cada uno). Finalmente, el quinto lugar está compartido por Rumania, Hungría, República Checa, Vietnam, Malasia, Argentina, Noruega y Ecuador, con un 3% del total (1 artículo cada país).

Figura 4

Artículos Seleccionados por Países.



Una vez desarrollada la estadística, las preguntas de investigación establecidas se mostraron de la siguiente manera:

P1 ¿Cuáles son las principales herramientas de Big Data utilizadas actualmente en soluciones de IoT

En el contexto de las soluciones de IoT, las herramientas de Big Data se pueden clasificar en varias categorías, cada una enfocada en resolver diferentes desafíos y necesidades. Estas categorías son las siguientes:

- **Plataformas de procesamiento de datos:** Estas herramientas son evaluadas por los investigadores en términos de su desempeño y diseño de modelos, que están en constante evolución para adaptarse a los crecientes requerimientos de datos (Huang, 2024).
- **Herramientas de análisis y visualización:** Estas plataformas son utilizadas para realizar estadísticas, experimentos, metaanálisis, minería de datos, análisis de redes neuronales e inteligencia artificial, entre otras aplicaciones (Ramirez y Ramirez, 2022).
- **Herramientas de almacenamiento:** Estas herramientas han evolucionado hacia arquitecturas híbridas que combinan almacenamiento local y en la nube, permitiendo el análisis en tiempo real y facilitando la toma de decisiones informadas (Liang et al., 2024).
- **Plataformas integradas:** Estas soluciones combinan funcionalidades de procesamiento, análisis, visualización y almacenamiento en un solo entorno, lo que las hace especialmente valiosas en aplicaciones complejas de IoT.

Por ejemplo, en una institución educativa, estas herramientas pueden utilizarse para analizar datos sobre el ausentismo escolar, identificando patrones y tendencias que permitan implementar

políticas de mejora. En el ámbito empresarial, estas plataformas pueden ayudar a monitorear el ausentismo laboral, evaluando los factores asociados para proponer soluciones basadas en datos. Finalmente, las plataformas integradas combinan estas funcionalidades, ofreciendo herramientas que no solo gestionan grandes volúmenes de datos, sino que también los convierten en información procesable para aplicaciones específicas. En la *Tabla 1* se presenta una comparación detallada de estas herramientas en términos de funcionalidad y rendimiento aplicable para diversos sectores.

Tabla 1

Funcionalidades de Herramientas de IoT.

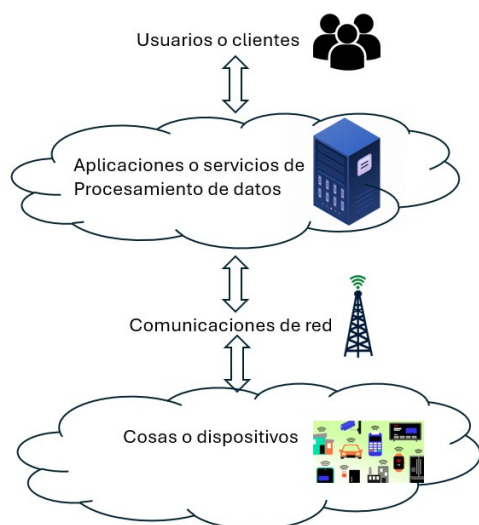
Herramienta	Tipo de almacenamiento	Característica	Ventaja	Caso de uso	Bibliografía
Amazon S3	Almacenamiento de objetos	Escalabilidad, clases de almacenamiento, integración con AWS	Eficiencia de costos, alta disponibilidad, seguridad	Almacenamiento de datos de sensores IoT, copias de seguridad	(Bornholt et al., 2021)
Hadoop HDFS	Sistema de Archivos	Almacenamiento distribuido, integración con Hadoop	Escalabilidad horizontal, tolerancia a fallos	Análisis de datos de IoT, proyectos de Big Data	(Mothukuri et al., 2021) (Guan et al., 2024) (Ma et al., 2023a) (Naidu et al., 2022)
Azure Data Lake Storage	Almacenamiento en la Nube	Almacenamiento jerárquico, integración con Azure services	Alto rendimiento, seguridad avanzada	Análisis de datos IoT en tiempo real, lago de datos empresarial	(Zagan & Danubianu, 2023)
Google Cloud Storage	Almacenamiento de Objetos	Clases de almacenamiento, integración con Google Cloud services	Rendimiento y disponibilidad, facilidad de uso	Almacenamiento de datos IoT, análisis y machine learning	(Rajagopalan et al., 2024) (Berisha et al., 2022)
Apache Cassandra	Base de Datos NoSQL Distribuida	Alta escalabilidad y disponibilidad, sin punto único de fallo	Escalabilidad horizontal, resistencia a fallos	Almacenamiento de datos en tiempo real, aplicaciones IoT	(Bohora et al., 2021)
MongoDB	Base de Datos NoSQ	Flexibilidad de esquema, escalabilidad horizontal, soporte para consultas ad-hoc	Escalabilidad, flexibilidad en datos no estructurados	Aplicaciones IoT con almacenamiento flexible y rápido acceso	(Mailewa et al., 2022) (Woo et al., 2023)
InfluxDB	Base de Datos de Series Temporales	Manejo de series temporales, alto rendimiento en escrituras y lecturas	Alta eficiencia en series temporales, optimizado para IoT	Monitoreo de datos de sensores IoT, análisis de series temporales	(Domínguez et al., 2024) (Dhulfiqar et al., 2024)

P2 Qué desafíos técnicos y operativos enfrentan las organizaciones al implementar herramientas de Big Data en entornos IoT?

Para comprender los desafíos técnicos y operativos asociados con la implementación de herramientas Big Data en entornos IoT, es fundamental analizar su arquitectura, como se ilustra en la *Figura 5*.

Figura 5

Arquitectura de IoT.



La capa donde se encuentran los dispositivos de nivel inferior incluye sensores, dispositivos inteligentes y etiquetas RFID. Estos dispositivos, aunque esenciales para la recolección de datos, presentan limitaciones en almacenamiento, recursos y capacidades de procesamiento, lo que restringe su funcionamiento a operaciones básicas (Shah et al., 2023). La capa de comunicaciones de red comprende la infraestructura necesaria para la transmisión de datos. Esta capa transporta información desde los dispositivos de la capa física hacia las capas superiores, como los servicios en la nube (Ullah et al., 2024).

La siguiente capa abarca el hardware y las plataformas de centros de datos o servicios en la nube, que tienen como función principal proporcionar almacenamiento, procesamiento y acceso eficiente a grandes volúmenes de datos generados por dispositivos IoT. Estas plataformas no solo almacenan datos, sino que también procesan información relacionada con diversas áreas, como ventas, compras, catálogos, nóminas, sistemas ERP y sectores como la tecnología, la medicina y el desarrollo industrial (Hasan et al., 2021). Por ejemplo, una empresa puede utilizar estas plataformas para analizar datos de ventas en tiempo real, identificar patrones de consumo y optimizar la logística mediante la integración con sistemas IoT.

Además, la gestión y el procesamiento de datos en esta capa se fortalecen con tecnologías avanzadas como contenedores y microservicios, que ofrecen escalabilidad y flexibilidad según

las necesidades del usuario. Herramientas como Amazon Web Services (AWS) y Microsoft Azure permiten procesar datos de catálogos de productos en línea, monitorear el desempeño de dispositivos médicos conectados y analizar información científica para predecir tendencias o automatizar procesos (Prashant y Pranay, 2020).

La especificidad de los datos procesados en esta capa depende del objetivo del usuario o de la organización. Por ejemplo, en el sector salud, los datos analizados pueden incluir historiales médicos electrónicos y métricas de dispositivos IoT usados en monitoreo remoto de pacientes. En contraste, en el ámbito de la manufactura, los datos procesados pueden incluir tiempos de producción, mantenimiento predictivo de maquinaria y optimización de recursos (Deepthi et al., 2024).

Sin embargo, esta capa también enfrenta desafíos relacionados con la privacidad y la seguridad de los datos, especialmente cuando se trabaja con información sensible, como datos médicos o financieros. Para abordar estas preocupaciones, las plataformas en la nube han implementado estándares de cifrado avanzados y políticas de gobernanza de datos, asegurando la confiabilidad y accesibilidad de la información (Chahid y Marzouk, 2017). Esto permite que los usuarios de IoT accedan y procesen datos específicos para satisfacer necesidades concretas, independientemente del sector al que pertenezcan.

Una vez comprendida la arquitectura, se identifican los principales desafíos que pueden surgir durante la implementación de estas capas. En la *Tabla 2* se presentan los desafíos específicos junto con sus posibles soluciones.

Tabla 2

Desafíos en la Implementación.

Problema	Desafío	Solución	Referencias
Volumen y velocidad de datos	Los dispositivos de IoT generan grandes cantidades de datos en tiempo real, abrumando a los sistemas de procesamiento tradicionales.	Las herramientas de procesamiento de transmisiones en tiempo real como Apache Kafka y Apache Spark Streaming pueden manejar grandes volúmenes de datos y ser procesados a medida que se generan.	(Mostajabi et al., 2021) (Teli et al., 2023)
Calidad y veracidad de los datos:	Los datos de IoT pueden ser ruidosos y poco confiables debido a errores de sensores, problemas de conectividad y condiciones ambientales.	Estas plataformas de Big Data incorporan técnicas en validación y limpieza de datos para filtrar valores atípicos, corregir valores faltantes y mejorar la calidad de los datos.	(Bigdeli et al., 2023) (Chhetri et al., 2024)
Complejidad de los datos:	Los datos de IoT vienen en diversos formatos y estructuras.	Plataformas como Hadoop y Spark brindan capacidades de almacenamiento y procesamiento versátiles, lo que permite un manejo eficiente de datos complejos.	(Wu et al., 2024a)
Costos	Al hablar de costos deben ser tomados en cuenta varios factores como la implementación de infraestructura, almacenamiento, procesamiento de datos, transferencia y seguridad.	Utilizar plataformas como Azure, Google Cloud o AWS, reduce los costos iniciales de infraestructura. Utilizar herramientas de código abierto e implementar estrategias eficientes de gestión de ciclo de vida, los datos ayudan a optimizar los costos de almacenamiento.	(Pham & Nguyen, 2020)

P3 Cómo han evolucionado las herramientas de Big Data para adaptarse a las necesidades específicas de las aplicaciones IoT en los últimos años?

En los últimos años, las herramientas de Big Data han evolucionado significativamente para adaptarse a las necesidades específicas de las aplicaciones de IoT generadas por dispositivos inteligentes. Esta evolución ha permitido organizar datos y tomar decisiones basadas en resultados, lo que ha facilitado el mantenimiento y la mejora de servicios como las ciudades inteligentes, las redes de transporte y los sistemas de gestión de energía, entre otros.

La interconectividad de dispositivos, combinada con herramientas de Big Data, ha mejorado la capacidad de recopilar y procesar datos de manera rápida y confiable. Esto ha resultado en un aumento de la eficiencia a largo plazo y ha contribuido al desarrollo sostenible (González et al., 2022). Asimismo, estas mejoras han dado lugar a infraestructuras de bajo costo que favorecen la producción mediante el monitoreo dinámico en entornos controlados, lo que ha sido ampliamente utilizado en sectores agrícolas (Ting y Chan, 2024).

Además, la inteligencia artificial ha desempeñado un papel fundamental e innovador en el análisis de datos. A través de algoritmos avanzados, como el aprendizaje automático y el aprendizaje profundo, es posible extraer información significativa que facilita la toma de decisiones. Estos

algoritmos, que inicialmente fueron proyectos experimentales en investigación, se han convertido en un estándar en diversas industrias (Dubey et al., 2024).

Otra manera en que estas herramientas han evolucionado es a través de la integración de la realidad virtual y aumentada. Estas tecnologías permiten visualizar datos mediante simulaciones y multimedia, reproduciendo funciones visuales, auditivas, táctiles y sensoriales. Las personas pueden sumergirse en un entorno virtual generado por computadora y experimentar interacciones basadas en datos reales recopilados (Reynoso et al., 2023).

P4. ¿Qué tendencias emergentes se observan en el desarrollo de nuevas herramientas de Big Data diseñadas para IoT?

El desarrollo de herramientas de Big Data para la implementación de proyectos IoT ha evolucionado en respuesta a las necesidades y desafíos de diferentes campos. Estas tendencias están impulsadas por la creciente necesidad de manejar grandes volúmenes de datos y velocidades rápidas generadas por dispositivos IoT, así como por la demanda de análisis en tiempo real y capacidades avanzadas. A continuación, se destacaron las principales tendencias emergentes:

- **El análisis en tiempo real:** El análisis en tiempo real es crucial para la toma de decisiones instantáneas. Herramientas como Apache Flink, Pulsar y Kafka son utilizadas en combinación con machine learning para realizar análisis predictivos y detectar anomalías en tiempo real. Estas capacidades permiten generar decisiones basadas en análisis inmediatos, mejorando la eficiencia operativa (Huaranga et al., 2024).
- **Edge Computing (computación en el borde):** Este paradigma busca acercar la computación a la fuente de datos, en lugar de depender exclusivamente de centros de datos en la nube (Cao et al., 2020). Los servidores de borde, al estar más próximos a los dispositivos IoT, ofrecen respuestas más rápidas y reducen la latencia al procesar datos localmente. Esto optimiza el uso del ancho de banda y mejora la escalabilidad, centrándose en una infraestructura descentralizada (Kong et al., 2022).
- **Arquitectura serverless:** La evolución de los sistemas en la nube ha llevado a la adopción de arquitecturas serverless, que se basan en funciones atómicas y conceptos de computación distribuida (Palacios, 2022). Estas arquitecturas, conocidas como *lambdas*, gestionan automáticamente la infraestructura subyacente, eliminando la necesidad de aprovisionamiento manual de servidores o contenedores (Loconte et al., 2024). Sus ventajas incluyen mayor disponibilidad, escalabilidad, tolerancia a fallos y reducción de costos, adaptándose a las fluctuaciones de la carga de trabajo en tiempo real.
- **Industria 4.0:** Este término se refiere a la integración de tecnologías digitales avanzadas en procesos industriales con el objetivo de transformar fábricas tradicionales en fábricas inteligentes. La implementación de herramientas de Big Data en la Industria 4.0 facilita la creación de modelos y el despliegue de soluciones basadas en *machine learning*, mejorando la eficiencia y flexibilidad de los procesos de producción (Ullah et al., 2024).

- **Seguridad en IoT:** La seguridad es un aspecto crítico en la infraestructura IoT, donde identificar vulnerabilidades y mitigar riesgos es esencial. Se han propuesto sistemas de evaluación dinámicos basados en el sistema inmune artificial para detectar ataques mediante el análisis de las capas de red y aplicación (Gélvez y Santos, 2020). Sin embargo, la protección del hardware, software y los datos de IoT sigue siendo un desafío, especialmente debido a vulnerabilidades inherentes de internet y la falta de monitoreo en equipos no tripulados. Esto hace que garantizar la seguridad sea una tarea compleja (Wu et al., 2024b).

3.4. Discusión

Las herramientas de Big Data, junto con las soluciones de IoT, desempeñan un papel crucial en la era digital actual al gestionar grandes cantidades de datos de manera eficiente y extraer información valiosa para la toma de decisiones (Sayeed et al., 2022). La integración de dispositivos IoT con el análisis de Big Data permite la recopilación, procesamiento y utilización de flujos de datos provenientes de diversas fuentes, facilitando el desarrollo y la implementación de aplicaciones específicas para IoT (Tu, 2023). En industrias como la salud, estas aplicaciones combinan sistemas de Big Data, mejorando la digitalización de registros médicos, permitiendo una gestión sanitaria personalizada y promoviendo la detección temprana de enfermedades mediante el análisis de factores de riesgo (Hwang, 2022).

Uno de los hallazgos más destacados en estudios recientes es la mejora en la eficiencia del procesamiento de datos mediante herramientas como Apache Hadoop. Estas tecnologías permiten el procesamiento distribuido de grandes volúmenes de datos generados por dispositivos IoT (Ma et al., 2023). Gracias a esto, industrias como la agricultura han implementado estrategias que apoyan la seguridad alimentaria en países en desarrollo. Esto incluye el monitoreo, procesamiento y análisis de grandes volúmenes de datos para supervisar cultivos, condiciones climáticas, suelo, fertilización y riego, entre otros factores (Espinosa et al., 2021).

El uso de estas herramientas permite un procesamiento distribuido que resulta esencial en aplicaciones donde se requiere velocidad y precisión. Sectores como la Industria 4.0 y las ciudades inteligentes aprovechan el análisis de grandes volúmenes de datos provenientes de sensores y dispositivos conectados. Estas soluciones no solo mejoran la toma de decisiones, sino que también optimizan procesos operativos. (Rozo, 2020).

Por otro lado, el análisis ha revelado que herramientas de almacenamiento como Amazon S3 y Google Cloud Storage ofrecen escalabilidad y seguridad. Estas plataformas permiten almacenar y acceder a enormes cantidades de datos generados por IoT, lo que resulta clave para aplicaciones de gran escala (Falah et al., 2021). Sin embargo, se han identificado desafíos relacionados con la integración de estas soluciones en infraestructuras de bajo costo y altamente escalables, especialmente en países en desarrollo, donde la inversión en tecnología sigue siendo limitada.

Finalmente, tendencias emergentes como el Edge Computing y la integración de inteligencia artificial en plataformas de Big Data están transformando las soluciones de IoT. Estas innovaciones no solo permiten manejar grandes volúmenes de datos de manera más eficiente,

sino que también reducen la latencia y mejoran la capacidad de procesamiento local. Esto es especialmente relevante en aplicaciones críticas como la atención médica y la gestión de infraestructuras esenciales (Hamdan et al., 2020).

Conclusiones

La presente investigación confirmó que las herramientas de Big Data son esenciales para el éxito de las soluciones IoT debido a su capacidad para manejar grandes volúmenes de datos de manera eficiente, ofreciendo escalabilidad, velocidad y capacidades analíticas avanzadas. A través de esta revisión sistemática, se identificaron las principales herramientas utilizadas, los desafíos técnicos y operativos enfrentados, y las tendencias emergentes que están transformando diversos sectores como la salud, la manufactura y las ciudades inteligentes. Esto evidencia la importancia de integrar estas tecnologías para optimizar la toma de decisiones y promover el desarrollo sostenible.

La metodología de revisión sistemática de Kitchenham (2004) demostró ser un enfoque eficaz y replicable para evaluar y sintetizar investigaciones relevantes en el campo del IoT y Big Data. Este método permitió seleccionar 36 artículos clave que proporcionaron evidencia empírica y teórica para abordar las preguntas de investigación, identificando fortalezas y debilidades en las herramientas y metodologías aplicadas. Además, se validó que tecnologías como Apache Hadoop, Spark, y AWS son fundamentales para resolver problemas relacionados con el procesamiento de datos en tiempo real y el mantenimiento predictivo en entornos IoT.

Uno de los logros más destacados fue demostrar cómo las herramientas de Big Data ayudan a resolver problemas específicos, como el análisis de datos en tiempo real y el mantenimiento predictivo. Por ejemplo, estudios seleccionados evidenciaron la capacidad de herramientas como Apache Spark para procesar datos de sensores IoT en tiempo real, mejorando la gestión operativa y reduciendo tiempos de inactividad en sectores industriales. Estos casos refuerzan la importancia de adaptar estas soluciones a contextos concretos, como la predicción de fallos en sistemas IoT o la personalización de servicios en ciudades inteligentes.

Finalmente, aunque el aprendizaje automático (*machine learning*) y la inteligencia artificial ya están transformando la forma en que se procesan los datos en el contexto de IoT, aún queda mucho por explorar. Futuras investigaciones podrían enfocarse en mejorar los modelos de aprendizaje automático para la detección de patrones, la predicción de fallos en sistemas IoT y el desarrollo de soluciones autónomas que aprendan y adapten sus comportamientos de manera dinámica con el tiempo.

Referencias

- Acuña, E. (2023). Data Mining and Internet of Things (IoT) application for Biomedical products. *TECHNO Review. International Technology, Science and Society Review / Revista Internacional de Tecnología, Ciencia y Sociedad*, 13(1). <https://doi.org/10.37467/revtechno.v12.3444>
- Apaza, G., y Ñamo, E. (2022). Evolución e impacto del Big Data en el sector empresarial. *Revista Scientific*, 7(25), 227–242. <https://doi.org/10.29394/scientific.issn.2542-2987.2022.7.25.12.227-242>
- Arroyo, A. y Brito, A. (2023). Big Data y su aplicación en el área legal. *Yachana Revista Científica*, 12(1), 31–41. <https://doi.org/10.62325/10.62325/yachana.v12.n1.2023.848>
- Ball, C. y Degischer, D. (2024). IoT implementation for energy system sustainability: The role of actors and related challenges. *Utilities Policy*, 90. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2024.101769>
- Berisha, B., Mëziu, E., y Shabani, I. (2022). Big data analytics in Cloud computing: an overview. *Journal of Cloud Computing*, 11(1). <https://doi.org/10.1186/s13677-022-00301-w>
- Bigdeli, M., Abolhassani, B., Farahmand, S., y Tellambura, C. (2023). Offline and Real-Time Deadline-Aware Scheduling and Resource Allocation Algorithms Favoring Big Data Transmission Over Cognitive CRANs. *IEEE Access*, 11, 67755–67778. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3288996>
- Bohora, K., Bothe, A., Sheth, D., Chopade, R., y Pachghare, V. (2021). Backup and Recovery Mechanisms of Cassandra Database: A Review. *The Journal of Digital Forensics, Security and Law*, 15. <https://doi.org/10.15394/jdfsl.2021.1613>
- Bornholt, J., Joshi, R., Astrauskas, V., Cully, B., Kragl, B., Markle, S., Sauri, K., Schleit, D., Slatton, G., Tasiran, S., Van Geffen, J., y Warfield, A. (2021). Using Lightweight Formal Methods to Validate a Key-Value Storage Node in Amazon S3. *SOSP 2021. Proceedings of the 28th ACM Symposium on Operating Systems Principles* (pp. 836–850). United States. <https://doi.org/10.1145/3477132.3483540>
- Campetella, M., Cechich, A., Buccella, A., Montenegro, A., Muñoz, Á., y Rodríguez, A. (2023). Identificación Top-Down de Variedad de Contexto: Un Caso de Estudio en Fluctuaciones de la Napa Freática. *Actas - XXIX Congreso Argentino de Ciencias de la Computación - CACIC 2023* (308-317). Argentina. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/164924>
- Cao, K., Liu, Y., Meng, G., y Sun, Q. (2020). An Overview on Edge Computing Research. *IEEE Access*, 8, 85714–85728). <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2991734>
- Chahid, I. y Marzouk, A. (2017). A Secure IoT Data Integration in Cloud Storage Systems using ABAC Access Control Policy. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 4(8), 34–37. <https://doi.org/10.22161/ijaers.4.8.6>

- Chhetri, T., Dehury, C., Varghese, B., Fensel, A., Srirama, S., y DeLong, R. (2024). Enabling privacy-aware interoperable and quality IoT data sharing with context. *Future Generation Computer Systems*, 157, 164–179. <https://doi.org/10.1016/j.future.2024.03.039>
- Deepthi, K., Balakrishnan, T., Krishnan, P., Ebenezer, U., y Nageshwari (2024). Optimized Data Storage Algorithm of IoT Based on Cloud Computing in Distributed System. *Proceedings 2024 OPJU International Technology Conference (OTCON) on Smart Computing for Innovation and Advancement in Industry 4.0* (1–5). <https://doi.org/10.1109/OTCON60325.2024.10688356>
- Dhulfiqar, A., Abdala, M., Pataki, N., y Tejfel, M. (2024). Deploying a web service application on the EdgeX open edge server: An evaluation of its viability for IoT services. *Procedia Computer Science*, 235, 852–862. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.04.081>
- Domínguez, T., Barral, V., Escudero, C., y García, J. (2024). An IoT system for a smart campus: Challenges and solutions illustrated over several real-world use cases. *Internet of Things*, 25. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2024.101099>
- Dubey, K., Dubey, R., Panedy, S., y Kumar, S. (2024). A Review of IoT Security: Machine Learning and Deep Learning Perspective. *Procedia Computer Science*, 235, 335–346. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.04.034>
- Espinosa, A., Ponte, D., Gibeaux, S., y González, C. (2021). Estudio de Sistemas IoT Aplicados a la Agricultura Inteligente. *Revista Plus Economía*, 9(1), 33–42. <https://revistas.unachi.ac.pa/index.php/pluseconomia/article/view/479>
- Falah, M., Fridelin, Y., Sukaridhoto, S., Cornelius, A., Kriswantoro, M., Satria, B., y Usman, S. (2021). Comparison of cloud computing providers for development of big data and internet of things application. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 22(3), 1723–1730. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v22.i3.pp1723-1730>
- Fernández, A. (2023). *Nuevos modelos para la gestión eficiente de infraestructuras big data streaming en entornos IoT con aplicación a la Industria 4.0*. [Tesis de posgrado, Centro de Estudios de Postgrado Universidad Pablo de Olavide]. Repositorio Institucional. <https://investiga.upo.es/documentos/6675ce36ba7d30377a-b2eb59>
- Gélvez, L. y Santos, L. (2020). Internet de las Cosas: una revisión sobre los retos de seguridad y sus contramedidas. *Revista Ingenio*, 17(1), 56–64. <https://doi.org/10.22463/2011642x.2370>
- González, J., Figueroa, P., Amezcua, I., y Benavides, J. (2022). Diseño arquitectural de una plataforma iot para la monitorización ambiental aplicada en viveros de plantas de ornato. *3 c TIC: cuadernos de desarrollo aplicados a las TIC*, 11(1), 223-249. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8415585>

- Guan, S., Zhang, C., Wang, Y., y Liu, W. (2024). Hadoop-based secure storage solution for big data in cloud computing environment. *Digital Communications and Networks*, 10(1), 227–236. <https://doi.org/10.1016/j.dcan.2023.01.014>
- Hamdan, S., Ayyash, M., y Almajali, S. (2020). Edge-computing architectures for internet of things applications: A survey. *Sensors (Switzerland)*, 20(22), 1–52. <https://doi.org/10.3390/s20226441>
- Hasan, M., Ogan, K., y Starly, B. (2021). Hybrid blockchain architecture for Cloud Manufacturing-as-a-service (CMaaS) platforms with improved data storage and transaction efficiency. *Procedia Manufacturing*, 53, 594–605. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2021.06.060>
- Huang, S. (2024). Big data processing and analysis platform based on deep neural network model. *Systems and Soft Computing*, 6. <https://doi.org/10.1016/j.sasc.2024.200107>
- Huaranga, E., González, S., Castillo, M., Cimmino, A., y García, R. (2024). From cloud and fog computing to federated-fog computing: A comparative analysis of computational resources in real-time IoT applications based on semantic interoperability. *Future Generation Computer Systems*, 159, 134–150. <https://doi.org/10.1016/j.future.2024.05.001>
- Hwang, D. (2022). Data Speak How to Treat Disease Big data-based precision medicine. *Molecules and Cells*, 45(9), 620–621. <https://doi.org/10.14348/molcells.2022.0119>
- Kitchenham, B. (2004). *Procedures for Performing Systematic Reviews* [report]. Keele University Technical Report
- Kong, L., Tan, J., Huang, J., Chen, G., Wang, S., Jin, X., Zeng, P., Khan, M., y Das, S. K. (2022). Edge-computing-driven Internet of Things: A Survey. *ACM Computing Surveys*, 55(8), 1-41. <https://doi.org/10.1145/3555308>
- Liang, C., Zhang, J., Ma, S., Zhou, Y., Hong, Z., Fang, J., Zhou, Y., y Tang, H. (2024). Study on data storage and verification methods based on improved Merkle mountain range in IoT scenarios. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 36(6). <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2024.102117>
- Loconte, D., Ieva, S., Pinto, A., Loseto, G., Scioscia, F., y Ruta, M. (2024). Expanding the cloud-to-edge continuum to the IoT in serverless federated learning. *Future Generation Computer Systems*, 155, 447–462. <https://doi.org/10.1016/j.future.2024.02.024>
- Ma, C., Zhao, M., y Zhao, Y. (2023a). An overview of Hadoop applications in transportation big data. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 10(5), 900–917). <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2023.05.003>
- Mailewa, A., Mengel, S., Gittner, L., y Khan, H. (2022). Mechanisms and techniques to enhance the security of big data analytic framework with MongoDB and Linux Containers. *Array*, 15. <https://doi.org/10.1016/j.array.2022.100236>

- Miquel, S. y Aced, C. (2019). Big data: la revolución de los datos y su impacto en la comunicación corporativa. *Comunicación y hombre: Revista interdisciplinar de ciencias de la comunicación y humanidades*, (16), 115–132. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7302665>
- Mostajabi, F., Safaei, A., y Sahafi, A. (2021). A Systematic Review of Data Models for the Big Data Problem. *IEEE Access*, 9, 128889–128904. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3112880>
- Mothukuri, V., Cheerla, S. S., Parizi, R., Zhang, Q., y Choo, K. (2021). BlockHDFS: Blockchain-integrated Hadoop distributed file system for secure provenance traceability. *Blockchain: Research and Applications*, 2(4). <https://doi.org/10.1016/j.bcr.2021.100032>
- Naidu, K., Ravi, B., Hassen, S., Kaur, C., Al Ansari, M., Vinod, R., Nivetha, M., y Kiran, B. (2022). Analysis of Hadoop log file in an environment for dynamic detection of threats using machine learning. *Measurement: Sensors*, 24. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2022.100545>
- Nguyen, H., Nawara, D., y Kashef, R. (2024). Connecting the indispensable roles of IoT and artificial intelligence in smart cities: A survey. *Journal of Information and Intelligence*, 2(3), 261-285. <https://doi.org/10.1016/j.jiixd.2024.01.003>
- Palacios, D., Vazquez, J., Sánchez, B., Moreno, R., Schetakakis, N., Vazquez, L., y Titov, D. (2022). Serverless architecture for data processing and detecting anomalies in MARSIS instrument. *The Astronomical Journal*, 166(1). <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-3881/acd18d>
- Pham, T. y Nguyen, T. (2020). Optimization of resource management for NFV-enabled IoT systems in edge cloud computing. *IEEE Access*, 8. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3026711>
- Prashant, D. y Pranay, D. (2020). A comparative analysis of IoT features between AWS and Azure. *International Journal of Advance Research*, 5(2), 113-116. <https://www.ijariit.com/manuscript/a-comparative-analysis-of-iot-features-between-aws-and-azure/>
- Quintero, J., Orjuela, L., Gordillo, J., y Sánchez, A. (2022). Análisis de las posibilidades de uso del Big Data en el ejercicio profesional de la Contaduría Pública en Colombia. *Revista Temario Científico*, 2(1), 50–59. <https://doi.org/10.47212/rtcAlinin.1.2.5>
- Rajagopalan, A., Swaminathan, D., Bajaj, M., Damaj, I., Rathore, R. S., Singh, A., Blazek, V., y Prokop, L. (2024). Empowering power distribution: Unleashing the synergy of IoT and cloud computing for sustainable and efficient energy systems. *Results in Engineering*, 21. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.101949>
- Ramirez, G. y Ramirez, B. (2022). Programa estadístico R, Herramienta clave en el análisis y visualización de datos. *Agro-Divulgación*, 2(2), 17-22. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8681872>

- Rekha, V., Manoharan, J., Hemalatha, R., y Saravanan, D. (2022). Deep Learning Models for Multiple Face Mask Detection under a Complex Big Data Environment. *Procedia Computer Science*, 215, 706–712. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.072>
- Reynoso, L., Amaro, S., López, L., Sánchez, V., Rotter, M., y Cotal, S. (2023). Tecnologías de Datos Espaciales, Visualización y Realidad Virtual. *Actas de XXV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*. Junín. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/163914>
- Rozo, F. (2020). Revisión de las tecnologías presentes en la industria 4.0. *Revista UIS Ingenierías*, 19(2), 177–191. <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n2-2020019>
- Sayeed, S., Ahmad, A., y Peng, T. (2022). Smartic: A smart tool for Big Data analytics and IoT. *F1000Research*, 11-17. <https://doi.org/10.12688/f1000research.73613.1>
- Shah, A., Ali, B., Wahab, F., Ullah, I., Amesho, K., y Shafiq, M. (2023). Entropy-based grid approach for handling outliers: a case study to environmental monitoring data. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 125138–125157. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-26780-1>
- Stephen, C. y Degischer, D. (2024). IoT implementation for energy system sustainability: The role of actors and related challenges. *Utilities Policy*, 90. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2024.101769>
- Taboada, A. (2024). Big data en ciencias sociales. Una introducción a la automatización de análisis de datos de texto mediante procesamiento de lenguaje natural y aprendizaje automático. *Revista CENTRA de Ciencias Sociales*, 3(1). <https://doi.org/10.54790/rccs.51>
- Teli, S., Guerra, C., Icaza, V., Perez, R., Ghassemlooy, Z., y Zvanovec, S. (2023). Hybrid Optical Wireless Communication for Versatile IoT Applications: Data Rate Improvement and Analysis. *IEEE Access*, 11, 55107–55116. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3280850>
- Ting, Y. y Chan, K. (2024). Optimising performances of LoRa based IoT enabled wireless sensor network for smart agriculture. *Journal of Agriculture and Food Research*, 16. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101093>
- Tu, T. (2023). The Relationship Between Big Data and IoT. *Journal of Computing and Electronic Information Management*, 10(3), 150-154. <https://doi.org/10.54097/jceim.v10i3.8768>
- Ullah, H., Uzair, M., Jan, Z., y Ullah, M. (2024). Integrating industry 4.0 technologies in defense manufacturing: Challenges, solutions, and potential opportunities. *Array*, 23. <https://doi.org/10.1016/j.array.2024.100358>
- Ullah, I., Adhikari, D., Su, X., Palmieri, F., Wu, C., y Choi, C. (2024). Integration of data science with the intelligent IoT (IIoT): current challenges and future perspectives. *Digital Communications and Networks*. <https://doi.org/10.1016/j.dcan.2024.02.007>

- Valdivieso, A., y Bonini, T. (2021). Uso de big data y data mining en los procesos de automatización de la comunicación de las organizaciones. *GIGAPP: Estudios Working Papers*, 8, 128–142. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9321360>
- Woo, W., Richards, W., Selker, J., y Udell, C. (2023). WeatherChimes: An Open IoT Weather Station and Data Sonification System. *HardwareX*, 13. <https://doi.org/10.1016/j.ohx.2023.e00402>
- Wu, X., Jing, Z., y Wang, X. (2024a). The security of IOT from the perspective of the observability of complex networks. *Heliyon*, 10(5). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27104>
- Wu, X., Jing, Z., y Wang, X. (2024b). The security of IOT from the perspective of the observability of complex networks. *Heliyon*, 10(5). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27104>
- Zagan, E. y Danubianu, M. (2023). Data Lake Architecture for Storing and Transforming Web Server Access Log Files. *IEEE Access*, 11, 40916–40929. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3270368>



Copyright (2025) © Wilmer Antonio Moreira Sánchez; Marely del Rosario Cruz Felipe; Gabriel Agustín Cotera Ramírez; Gema Isabel Medranda Cobeña



Este texto está protegido bajo una licencia internacional [Creative Commons](#) 4.0.

Usted es libre para Compartir—copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato — y Adaptar el documento — remezclar, transformar y crear a partir del material—para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla las condiciones de Atribución. Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia](#) – [Texto completo de la licencia](#)