



POSGRADOS

Maestría de
investigación en
TELEMÁTICA

RPC-SO-13-NO.182-2018

Opción de Titulación:

Tesis

Tema:

Estudio de vigilancia científica sobre los factores claves en el desarrollo de dispositivos de IoT para aplicaciones en educación

Autor(es)

Robinson Lema Parco

Director:

Monica Karel Huerta

QUITO – Ecuador

2023

Autor:



Lema Parco Robinson.

Ingeniero en Telecomunicaciones.

Candidato a Magíster de Investigación en Telemática por la Universidad Politécnica Salesiana - Sede Quito.

rlemap@est.ups.edu.ec

Dirigido por:



Huerta Mónica Karel.

Ingeniera en Electrónica

Magíster en Ingeniería Biomédica

Doctora en Ingeniería Telemática.

mhuerta@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

©2023 Universidad Politécnica Salesiana.

QUITO – ECUADOR – SUDAMÉRICA

Robinson Lema Parco.

Medios de comunicación tradicionales y alternativos: "no "

Índice General

Índice General	III
Índice de Figuras	V
Índice de Tablas	VI
Resumen	VII
Abstract	IX
Agradecimientos	XI
Dedicatoria	XII
1. Introducción	1
1.0.1. Antecedentes	1
1.0.2. Justificación	2
1.0.3. Objetivos	5
2. Marco Teórico	6
2.1. Internet de las cosas (IoT)	6
2.1.1. Elementos de IoT	7
2.1.2. Arquitectura de IoT	7
2.1.3. Tecnologías de Comunicación de IoT	9
2.2. Tecnología en la Educación	13
2.3. Aplicación de Internet de las Cosas en la Educación	15
2.3.1. Modelos Académicos	15
2.3.2. IoT Como Herramienta Pedagógica	15
2.3.3. Visión Artificial	16
2.3.4. Campus Digital	16

2.3.5. Herramientas Informáticas y Tendencias	17
2.3.6. Hiper Situación	17
2.4. Revisión Sistemática	17
2.4.1. Bibliometría	18
2.4.2. Indicadores Bibliometricos	18
2.4.3. Métodos para la elaboración de indicadores bibliometricos	19
2.4.4. Herramientas para Análisis Bibliométrico	19
3. Metodología	21
3.1. Metodología de Investigación	21
3.1.1. Definición del Alcance Técnicas de Análisis Bibliométrico	22
3.1.2. Recopilación de Datos y Aplicación de Técnicas de Análisis Bibliométrico	25
4. Resultados	27
4.1. Análisis de la Producción Científica Anual	27
4.2. Análisis del Tipo de Fuente	28
4.3. Fuentes Relevantes	29
4.4. Documentos más Citados a Nivel Mundial	29
4.5. Autores más Destacados en el Uso de IoT y la Educación	33
4.6. Análisis de Producción por Palabras Claves	33
4.7. Análisis de la Estructura Conceptual	33
4.8. Producción Científica por País	35
4.9. Colaboración entre Países	35
4.10. Palabras Claves	37
4.11. Artículos Usados en la Investigación	38
4.12. Tecnologías Utilizadas	42
5. Conclusiones	44
5.0.1. Trabajos Futuros	45
5.0.2. Recomendaciones	45

Índice de Figuras

2.1. Arquitectura IoT de 3 capas	8
2.2. Arquitectura IoT de 5 capas	9
3.1. Metodología de análisis bibliométrico	23
3.2. Diagrama de flujo de la Metodología Prisma en 4 niveles . . .	26
4.1. Producción anual de "Technology in Education and IoT" . . .	28
4.2. Diagrama rectangular	35
4.3. Estructura Conceptual	37
4.4. Mapa de colaboración entre países	38
4.5. Palabras Claves	41

Índice de Tablas

4.1. Información sobre el conjunto de datos bibliométricos	30
4.2. Fuentes relevantes	31
4.3. Documentos mas citados a nivel mundial	32
4.4. Autores Más Destacados en el Uso de la Tecnología de IoT y la Educación	34
4.5. Producción científica por país	36
4.6. Artículos utilizados para el análisis de la investigación	39
4.7. Artículos utilizados para el análisis de la investigación (continuación)	40
4.8. Used technologies.	43

Resumen

La educación se considera un factor determinante en el desarrollo de las comunidades y en la mejora de la calidad de vida de la población. Durante la última década, los avances tecnológicos, en particular en el campo del Internet de las Cosas (IoT), han revolucionado las metodologías educativas en todos los niveles. Sin embargo, la pandemia de COVID-19 ha presentado desafíos significativos para la educación virtual. A pesar de estos avances, existe una escasez de estudios que evalúen la producción científica utilizando indicadores bibliométricos en este contexto. Por esta razón, este estudio se centró en la vigilancia científica de los factores de desarrollo de dispositivos IoT relacionados con la educación. Para lograr este objetivo, se evaluó la producción científica relacionada con los 'factores de desarrollo de IoT en educación' utilizando indicadores bibliométricos durante el período 2013-2022. El alcance de esta investigación es descriptivo, y se basa en un enfoque cualitativo. Se llevó a cabo un proceso de revisión sistemática utilizando la metodología PRISMA y se utilizó la herramienta biblioshiny de RStudio. La selección de artículos se realizó en función de las palabras clave 'IoT', 'educación' y 'análisis sistemático'. Los resultados del análisis revelan una tendencia creciente en la producción de artículos relacionados con el tema desde 2013 hasta 2022. La revista más destacada en este contexto es 'Advances in Intelligent Systems and Computing', que ha publicado tres artículos relevantes. Además, el artículo más citado a nivel mundial es el de Al-emran M. en 2020, titulado 'Stud Comput Intell', con un total de 78 citas. Los autores que han realizado las mayores contribuciones a este campo son Klinger T. y Madritsch C. En cuanto a la contribución por países en la producción científica, China lidera con un total de 7 artículos, y se observan colaboraciones entre países, destacándose Kenya y Malasia. Se concluye que de las nueve tecnologías identificadas en el análisis, IoT se emplea en los 24 documentos, seguido por la nube e inteligencia artificial con 11 y 9 respectivamente. Sin embargo, la tecnología preferida para las comunicaciones es el wifi, y la elegida por

varios investigadores para la adquisición de datos son los sistemas embebidos.

Palabras clave: Bibliometria, educación, Internet of things, biblioshiny, R studio, análisis sistemático.

Abstract

Education is considered a determining factor in the development of communities and the improvement of the quality of life of the population. Over the past decade, technological advancements, particularly in the field of the Internet of Things (IoT), have revolutionized educational methodologies at all levels. However, the COVID-19 pandemic has presented significant challenges for virtual education. Despite these advancements, there is a shortage of studies that assess scientific production using bibliometric indicators in this context. For this reason, this study focused on the scientific surveillance of factors related to the development of IoT devices in education. To achieve this goal, scientific production related to 'factors of IoT development in education' was evaluated using bibliometric indicators during the period 2013-2022. The scope of this research is descriptive and is based on a qualitative approach. A systematic review process was conducted using the PRISMA methodology, and the biblioshiny tool from R Studio was used. Article selection was based on the keywords 'IoT,' 'education,' and 'systematic analysis.' The results of the analysis reveal a growing trend in the production of articles related to the topic from 2013 to 2022. The most prominent journal in this context is 'Advances in Intelligent Systems and Computing,' which has published three relevant articles. Additionally, the most globally cited article is Al-emran M.'s in 2020, titled 'Stud Comput Intell,' with a total of 78 citations. The authors who have made the most significant contributions to this field are Klinger T. and Madritsch C. Regarding the contribution by countries in scientific production, China leads with a total of 7 articles, and collaborations between countries are evident, with Kenya and Malaysia standing out. It is concluded that, among the nine technologies identified in the analysis, IoT is used in 24 documents, followed by cloud and artificial intelligence with 11 and 9, respectively. However, the preferred technology for communications is wifi, and the one chosen by several researchers for data acquisition is embedded systems.

Key words: Bibliometrics, education, Internet of things, biblioshiny, R studio, systematic analysis.

Agradecimientos

En primer lugar a Dios por ser el guía y la fuerza durante el desarrollo de la carrera y la ejecución del presente trabajo.

De igual manera a mi familia y todas las personas que directa o indirectamente contribuyeron al desarrollo del proyecto, en especial a la Dra. Mónica Huerta, cuyo basto conocimiento y experiencia a igual que su paciencia y predisposición, permitieron encaminarme en el objetivo a alcanzar.

Dedicatoria

Dedico esta tesis a mi familia, quienes con su apoyo, amor y confianza me han ayudado a conseguir este objetivo, y me han hecho comprender que con tenacidad y esfuerzo, se puede alcanzar lo que se proponga.

Capítulo 1

Introducción

1.0.1. Antecedentes

El avance continuo en los campos de la electrónica, informática, tecnologías de la información, han producido un aumento exponencial en los sistemas de procesamiento de datos. Este aumento se debe al mejoramiento de diferentes factores como: la miniaturización de los elementos electrónicos (sensores, micro controladores, etc.), la reducción de costos y el incremento en la capacidad de procesamiento. Lo que ha permitido mejorar y optimizar las aplicaciones entre el mundo físico y digital. Entre las tecnologías que mayor crecimiento ha tenido en los últimos años se encuentra Internet de las Cosas (IoT) [Madakam et al. \[2015\]](#).

La expansión del internet en el mundo ha permitido la masificación y el desarrollo del IoT. IoT es la “red global de equipos y cosas interconectados mediante protocolos de comunicación” [Gubbi et al. \[2013\]](#). A pesar de la cantidad de posibles campos de aplicación de IoT y las tecnologías relacionadas, los objetos conectados siempre están asociados al mismo tipo de arquitectura los datos deben: transportarse, almacenarse, procesarse y ponerse a disposición de los usuarios según [Dorsemaine et al. \[2015\]](#). Investigadores expertos en IoT consideran que esta tecnología es un elemento primordial de la cuarta revolución industrial, o la industria 4.0 [Moises Barrio \[2018\]](#).

El termino IoT fue empleado por primera vez en 1999 por el pionero británico Kevin Ashton quien lo definía como un sistema en el cual los objetos del mundo real tienen la capacidad de conectarse a Internet mediante el uso de sensores [Rose et al. \[2015\]](#).

Según el estudio mencionado en el artículo [Gul et al. \[2017\]](#), los avances tecnológicos en los sensores han impulsado la interconexión de dispositivos a

través de Internet en los últimos años. Además, Machina Research predice un aumento significativo en las conexiones de Internet de las Cosas (IoT) para el año 2025, alcanzando los 27 billones. Se estima que habrá 2,2 billones de conexiones de IoT en dispositivos móviles, y el 45% de estas estarán en automóviles. También se pronostica que los ingresos generados por IoT llegarán a los 3 trillones de dólares estadounidenses para el año 2025. En cuanto a la cantidad de datos, se espera que IoT genere más de dos zettabytes de información proveniente de dispositivos electrónicos.

Las áreas de aplicación de Internet de las Cosas (IoT) se han expandido considerablemente, lo que ha llevado a investigaciones que se centran en la categorización y clasificación de sus diversos aspectos. Se ha desarrollado una taxonomía que abarca diferentes tipos de redes, tecnologías inalámbricas, estándares, objetivos y características. Estas investigaciones han explorado aplicaciones en varios campos, incluyendo agricultura Inteligente, hogares inteligentes, redes inteligentes, edificios inteligentes, transporte inteligente, salud inteligente, industria inteligente, entre otros [Ahmed et al. \[2016\]](#), [Huerta et al. \[2021\]](#).

En el campo de la educación, como se menciona en el artículo [Gul et al. \[2017\]](#), Internet de las Cosas (IoT) ha tenido un impacto significativo en diversos aspectos, incluyendo metodología y formas de aprendizaje. Esto ha llevado a una transformación en los métodos de enseñanza-aprendizaje, convirtiendo a IoT en una herramienta de apoyo tanto para docentes como para estudiantes. Como resultado, se han desarrollado modelos académicos basados en las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), los cuales están en constante evolución. Entre estos modelos se incluyen programas de aprendizaje a distancia, virtual, semipresencial o mixto, los cuales forman parte del sistema educativo global al unir los criterios de pedagogía, comunidad y tecnología [German et al. \[2021\]](#).

1.0.2. Justificación

En la actualidad, el sector educativo dispone de recursos tecnológicos que le permiten a los estudiantes obtener y fortalecer conocimientos, donde el profesor pasa a ser un instrumento adicional dentro del proceso educativo, tanto en la modalidad presencial como en la virtual [Kassab et al. \[2020\]](#), [Castillo-Velazquez et al. \[2020\]](#). En la actualidad, el sector educativo dispone de recursos tecnológicos que le permiten a los estudiantes obtener y fortalecer conocimientos, donde el profesor pasa a ser un instrumento adicional dentro del proceso educativo, tanto en la modalidad presencial como en la virtual [Kassab et al. \[2020\]](#), [Castillo-Velazquez et al. \[2022\]](#).

En el contexto del proceso educativo virtual, la tecnología desempeña un papel fundamental en los parámetros de enseñanza de los estudiantes. Durante la pandemia de COVID-19, esto se convirtió en un desafío importante. Los desafíos estaban relacionados con la necesidad de establecer comunicaciones en tiempo real, enviar y recibir tareas, acceder a bibliotecas virtuales a nivel mundial y supervisar las actividades de los estudiantes en línea. Como resultado, muchas instituciones educativas han transformado parte de su infraestructura física en una infraestructura digital, utilizando Internet de las Cosas (IoT) como se menciona en el artículo [Gómez et al. \[2013\]](#). Esto les ha permitido adaptarse y ofrecer educación en línea de manera más efectiva, aprovechando las ventajas que ofrece IoT en términos de conectividad, seguimiento y gestión de recursos educativos.

En el ámbito educativo, tanto el Big Data como el Open Data han tenido una influencia significativa, como se menciona en el artículo [Hadwer et al. \[2019\]](#). El Big Data se refiere a la recopilación, análisis y utilización de grandes volúmenes de datos, lo que permite obtener información valiosa sobre el rendimiento de los estudiantes, los patrones de aprendizaje y otras tendencias educativas. Esta información puede ser utilizada para personalizar la enseñanza, identificar áreas de mejora y tomar decisiones basadas en datos. Por otro lado, el Open Data se refiere a la disponibilidad y acceso abierto a conjuntos de datos educativos. Esto incluye datos relacionados con la calidad de las escuelas, los resultados de los exámenes, la participación de los estudiantes, entre otros. El acceso a estos datos permite una mayor transparencia en el sistema educativo y facilita la investigación y el desarrollo de soluciones educativas basadas en evidencia.

Estas tecnologías son un conjunto de herramientas y métodos que permiten procesar datos estructurados y datos no estructurados. Los datos estructurados son los adquiridos por sensores, archivos de registro, datos financieros, datos de entrada, datos de visitas a sitios web, etc. Los datos no estructurados son datos de conocimiento científico, materiales fotográficos y de vídeo, meteorológicos, oceanográficos, observación sísmológica, imágenes satelitales, textos de documentos, etc. Estos grandes volúmenes de datos son conocidos como macrodatos [Arifin et al. \[2017\]](#), [Silva-López et al. \[2019\]](#).

A medida que la tecnología se integra cada vez más en todos los aspectos de la educación superior, los estudiantes, las aplicaciones y los sistemas informáticos generan una gran cantidad de información valiosa. Para gestionar y procesar estos datos, se requiere una estructura conocida como Arquitectura de Big Data para IoT, como se menciona en el artículo [Mkrttchian et al. \[2021\]](#). Esta arquitectura permite el almacenamiento, transmisión y posterior tratamiento de los datos recopilados, que pueden

provenir de sensores u otras fuentes. Para llevar a cabo este procesamiento, se necesitan herramientas adecuadas, como se menciona en [Podolskiy et al. \[2018\]](#). Adicionalmente, en los últimos años ha surgido un creciente interés por analizar las tendencias en el campo del conocimiento mediante la vigilancia tecnológica. Esto incluye el estudio de las tendencias en el área específica de Internet de las Cosas.

En la actualidad, existen diversas herramientas que apoyan el proceso de vigilancia tecnológica. Algunas de estas herramientas se centran en la búsqueda de información, mientras que otras ayudan en la toma de decisiones y la inteligencia competitiva, como se expone en [Silva et al. \[2019\]](#). Algunas de las herramientas utilizadas en la vigilancia tecnológica son VigTech [Bucheli G \[2007\]](#), Xerka [Castro Sancan \[2019\]](#), VIGIALE [Escorsa et al. \[2001\]](#), Denodo [Pan et al. \[2002\]](#), entre otras.

En el ámbito de la vigilancia científica, la bibliometría es una herramienta destacada. Esta técnica permite realizar análisis de metadatos, que consisten en la aplicación de métodos matemáticos y estadísticos a la publicación de los resultados de investigación, como se menciona en [Budd \[1988\]](#).

Varios investigadores se han enfocado en analizar las tendencias en diferentes sectores, como en Colombia, donde se tomaron como referencia los años 2011-2019, como se menciona en [GarcÉS-Giraldo et al. \[2021\]](#). Es por ello que muchos administradores de centros educativos están utilizando software de bibliometría, como se evidencia en [Fonnegra et al.](#), como una forma de conocer las tendencias académicas a nivel mundial en una profesión específica o para solventar un programa académico particular.

Por otro lado, existen estudios de bibliometría enfocados en Internet de las Cosas en distintas áreas del conocimiento, como en agricultura [Huerta et al. \[2021\]](#), energía [Mao et al. \[2018\]](#), transporte [Modak et al. \[2019\]](#), entre otras.

En este sentido, diversos autores han realizado análisis previos, estados del arte y exploración de temas relacionados, con el objetivo de comprender los desafíos y las perspectivas en el área. A continuación, se presentan algunos de los trabajos revisados:

En el artículo [Peres et al. \[2020\]](#), se realiza una selección, evaluación y resumen de la evidencia más relevante sobre inteligencia artificial industrial, centrándose en criterios de aplicación. Además, se muestra el avance de los sistemas Ciber-Físicos relacionados con la industria 4.0, también conocidos como sistemas inteligentes. En [GarcÉS-Giraldo et al. \[2021\]](#), se realiza un análisis de las investigaciones relacionadas con IoT en Colombia durante un periodo de tiempo determinado. Se utiliza herramientas bibliométricas y la base de datos de Scopus para este análisis. Adicionalmente, la vigilancia

científica permite por una parte evaluar las tendencias del IoT en el campo educativo en base al análisis de artículos científicos, así como, clasificar esta tecnología en función de sus características técnicas.

1.0.3. Objetivos

Objetivo General

Realizar un estudio de la vigilancia científica sobre los factores claves en el desarrollo de dispositivos de IoT que permita identificar las tendencias para aplicaciones en educación.

Objetivos Específicos

- Realizar la revisión bibliográfica del uso de las tecnologías para identificar las tendencias de IoT enfocadas a la educación.
- Estudiar los diferentes aspectos tecnológicos de IoT para aplicaciones en educación.
- Análisis de los modelos y herramientas existentes para la vigilancia tecnológica.
- Diseñar la metodología para análisis-síntesis para la extracción de los metadatos.
- Diseñar una taxonomía de IoT, basados en el análisis de los aspectos tecnológicos para su uso en educación.
- Realizar un análisis estadístico de los resultados.

Capítulo 2

Marco Teórico

En este capítulo se abordan las bases teóricas que respaldan este trabajo. Se proporciona una definición de IoT y se exploran sus características de funcionamiento. Además, se examinan las tecnologías más utilizadas en el ámbito educativo y se explora la convergencia entre IoT y la educación. Asimismo, se realiza un análisis de una revisión sistemática y se identifican las herramientas utilizadas en dicho proceso.

2.1. Internet de las cosas (IoT)

En la actualidad una gran cantidad de objetos se conectan a la red mediante el uso de dispositivos electrónicos de allí surge el nombre de Internet de las cosas. IoT se puede considerar como un conjunto de métodos y técnicas que abarcan una serie de procesos tales como la identificación de objetos, funciones de red, inteligencia e interacción independiente o como un sistema que utiliza sensores ubicuos para conectar el mundo físico a Internet [Al-Emran et al. \[2020\]](#), [Park et al. \[2017\]](#). Cisco también utiliza el término "Internet de todo (IdT)" tanto para objetos físicos como virtuales aseverando que IdT reúne personas, procesos, datos y cosas para hacer que las conexiones en red sean más relevantes y valiosas. Existen otras maneras de referirse al Internet de las cosas tales como: Web de las Cosas, Internet de los Objetos, Inteligencia Embebida, Dispositivos Conectados y Tecnología Omnipotente, Omnisciente y Omnipresente [Abdelouahid et al. \[2021\]](#).

2.1.1. Elementos de IoT

Los elementos principales que requieren de interacción en el campo del Internet de las cosas (IoT) de acuerdo a [Gonzalez \[2015\]](#) son tres:

1. Hardware: son los dispositivos que controlan los sistemas, tales como sensores, transductores, actuadores, cámaras con protocolo IP, Arduino, CCTV y elementos de comunicación integrada.
2. Middleware: es el software que permite el intercambio de información entre aplicaciones y herramientas informáticas de almacenamiento bajo demanda para análisis de datos en la nube y análisis de grandes cantidades de datos.
3. Presentación: son herramientas de visualización e interpretación fácil, que se puede diseñar para una variedad de aplicaciones

2.1.2. Arquitectura de IoT

Al no existir un criterio unificado sobre la Arquitectura de IoT, distintos autores proponen generalmente 2 arquitecturas, de 3 y 5 niveles [Sethi et al. \[2017\]](#) .

La arquitectura de 3 niveles esta formado por las capas de aplicación, de red y de percepción, como se muestran en la Figura 2.1.

- La capa de aplicación: permite al usuario disponer de diferentes aplicaciones para IoT, como hogar inteligente, conocimiento, salud.
- La capa de red: es la responsable de interconectarse a otros dispositivos de red y servidores.
- La capa de percepción: constituye la capa física, que utiliza sensores para detectar y recopilar información del entorno.

En la arquitectura de 5 niveles se adiciona las capas de negocio, la de procesamiento y la de transporte, como se puede observar en la Figura 2.2

- La capa de negocio: es la encargada de administrar todo el sistema IoT, abarcando aplicaciones, modelos comerciales, ingresos y parámetros de seguridad.

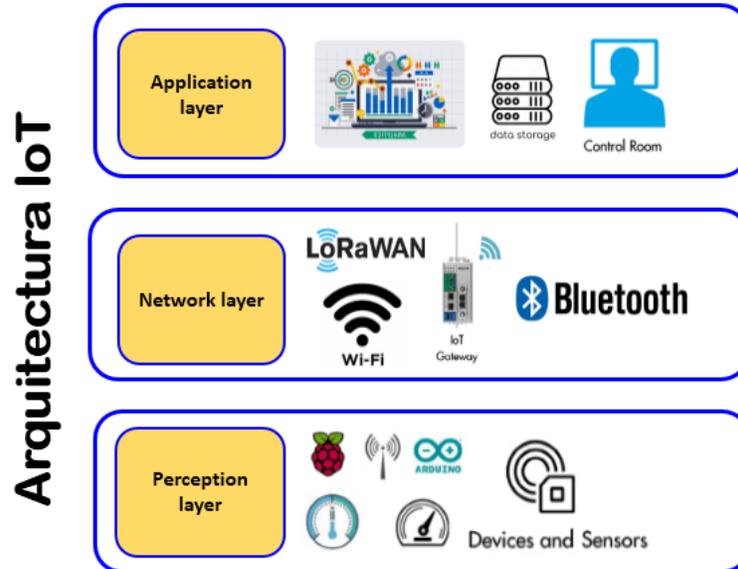


Figura 2.1: Arquitectura IoT de 3 capas

- La capa de procesamiento: es la encargada de analizar grandes cantidades de datos, se la conoce también como capa de software intermedio, puede utilizar tecnologías como big data, cloud computing, base de datos.
- La capa de transporte: es la encargada de enviar los datos de los sensores de la capa percepción a la capa de procesamiento y viceversa a través de diferentes redes inalámbricas, 3G, LAN, Bluetooth, RFID.

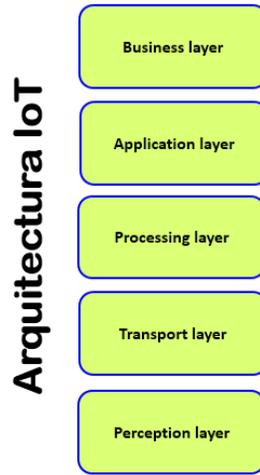


Figura 2.2: Arquitectura IoT de 5 capas

2.1.3. Tecnologías de Comunicación de IoT

En el ámbito de IoT, se utilizan diversas tecnologías de comunicación, entre las que se incluyen WiFi, Bluetooth, ZigBee, LoRaWAN, RFID y NFC.

(WiFi)

El WiFi es una tecnología de comunicación inalámbrica que permite la conexión de dispositivos a Internet y redes locales de forma inalámbrica. En el contexto de IoT, WiFi juega un papel fundamental al proporcionar conectividad a una amplia variedad de dispositivos inteligentes [Shi et al. \[2017\]](#).

La relación entre Wi-Fi e IoT se basa en la capacidad del Wi-Fi para permitir la comunicación entre dispositivos conectados a Internet en un entorno IoT. A través de redes WiFi, los dispositivos IoT pueden transmitir datos, recibir comandos y comunicarse con otros dispositivos o con una plataforma centralizada. Entre sus ventajas para las aplicaciones de IoT. En primer lugar, proporciona una conectividad rápida y confiable, lo que permite la transmisión eficiente de datos entre dispositivos y la nube. Además, es ampliamente compatible y se encuentra en la mayoría de los entornos, lo que facilita la adopción y la interoperabilidad de dispositivos IoT. También, ofrece una amplia cobertura, especialmente en entornos interiores, lo que permite la conexión de dispositivos distribuidos en un área extensa, como

en una casa inteligente o un edificio conectado [Thakkar and Ukani \[2022\]](#), [Kumar et al. \[2023\]](#).

Es importante tener en cuenta que el Wi-Fi consume más energía en comparación con otras tecnologías de comunicación de baja potencia. Esta característica es un factor a considerar en aplicaciones de IoT que requieren una larga duración de la batería, como sensores de baja potencia. WiFi desempeña un papel esencial en IoT al proporcionar una conectividad inalámbrica confiable y rápida para una amplia gama de dispositivos inteligentes, permitiendo la comunicación y la transmisión de datos en entornos IoT [Gomez et al. \[2011\]](#).

Bluetooth

Es una tecnología de comunicación inalámbrica de corto alcance que se utiliza comúnmente para conectar dispositivos cercanos entre sí. Es eficiente en términos de consumo de energía y es ampliamente utilizado en aplicaciones de IoT, como auriculares inalámbricos, dispositivos de domótica, etc. La tecnología Bluetooth está definido por el estándar IEEE 802.15.1, proporciona una ayuda de bajo consumo y bajo costo para transmisiones de radio de corto alcance, permite transmitir voz y datos simultáneamente. Su pila de protocolos incluye, el protocolo control lógico de enlace (L2CAP), protocolo de gestión de enlaces, comunicaciones por radiofrecuencia (RFCOMM) y el protocolo de descubrimiento de servicios (SDP) [Lonzetta et al. \[2018\]](#). Bluetooth ha encontrado una amplia aplicación en el contexto del Internet de las cosas (IoT). Existen varias formas en las que Bluetooth se relaciona con IoT [Sivapriyan et al. \[2020\]](#):

- **Conexión de dispositivos:** permite la conexión y comunicación inalámbrica entre diferentes dispositivos IoT. Por ejemplo, en un hogar inteligente, los dispositivos como luces, termostatos, cerraduras y altavoces pueden comunicarse entre sí a través de la tecnología Bluetooth, lo que permite el control centralizado y la automatización.
- **Interacción con dispositivos móviles:** Muchos dispositivos IoT se conectan a través de Bluetooth a teléfonos inteligentes y tabletas, lo que facilita su configuración, control y monitoreo. Por ejemplo, un reloj inteligente puede conectarse a un teléfono mediante Bluetooth para recibir notificaciones, enviar datos de actividad física o controlar la reproducción de música.
- **Beacons Bluetooth:** Los beacons Bluetooth son dispositivos pequeños y

de bajo consumo que emiten señales para comunicarse con dispositivos cercanos. Estos beacons se utilizan para enviar información y contenido relevante a los usuarios en función de su ubicación. Por ejemplo, en entornos minoristas, los beacons Bluetooth pueden enviar ofertas especiales a los dispositivos móviles de los clientes cuando se encuentran cerca de un producto en particular.

- IoT en la salud y el bienestar: Bluetooth se utiliza ampliamente en dispositivos de monitoreo de salud, como medidores de glucosa, monitores de presión arterial y dispositivos de seguimiento de actividad física. Estos dispositivos se conectan de forma inalámbrica a aplicaciones móviles o a otros dispositivos IoT a través de Bluetooth, lo que permite el seguimiento y la gestión de datos de salud de manera conveniente.

ZigBee

Es un estándar de comunicación de baja potencia y bajo alcance que se utiliza en redes de sensores inalámbricos. Es ideal para aplicaciones de IoT en las que se requiere una larga duración de la batería y una comunicación confiable entre múltiples dispositivos. Zigbee está definido por el estándar IEEE 802.15.4 dentro de las redes de área personal, muy utilizado en la comunicación inalámbrica para dispositivos IoT, ha sido adoptado por empresas, como Samsung y Philips. Zigbee es un sistema abierto bidireccional, de bajo costo y consumo que interconecta dispositivos entre 10 a 100 metros aproximadamente [Fan et al. \[2017\]](#).

Long Range Wide Area Network (LoRaWAN)

Es un protocolo de comunicación de largo alcance y baja potencia que permite la transmisión de datos a distancias más largas con una eficiencia energética mejorada. Se utiliza en aplicaciones de IoT que requieren una cobertura extensa, como ciudades inteligentes y redes de sensores agrícolas. LoRaWAN fue diseñada específicamente para el Internet de las cosas (IoT). Está basada en el protocolo LoRa (Long Range), que proporciona una comunicación de largo alcance y bajo consumo de energía [Yascaribay et al. \[2022\]](#).

La relación entre LoRaWAN e IoT radica en que LoRaWAN es una opción popular para la conectividad de dispositivos en redes de IoT. Proporciona una solución eficiente para la transmisión de datos en aplicaciones de IoT

que requieren una cobertura amplia y una larga duración de la batería. Las características de LoRaWAN que lo hacen adecuado para IoT son:

- Cobertura de largo alcance: permite la transmisión de datos a distancias más largas en comparación con otras tecnologías de comunicación inalámbrica. Esto es especialmente útil en aplicaciones de IoT que abarcan áreas extensas, como ciudades inteligentes o redes de sensores agrícolas.
- Consumo de energía eficiente: Los dispositivos son diseñados para funcionar con baterías de larga duración. Utilizan técnicas de modulación de baja potencia y un enfoque de transmisión de bajo consumo para optimizar el uso de energía, lo que los hace ideales para aplicaciones de IoT en las que la eficiencia energética es crítica.
- Conectividad de múltiples dispositivos: permite la conexión de miles de dispositivos en una red, lo que lo hace adecuado para implementaciones de IoT a gran escala. Esto es especialmente importante en aplicaciones como la monitorización ambiental, donde se requiere una gran cantidad de sensores distribuidos.
- Costo efectivo: La infraestructura de LoRaWAN puede ser implementada a un costo relativamente bajo en comparación con otras tecnologías de conectividad de IoT, lo que la hace atractiva para despliegues a gran escala.

Identificación por Radiofrecuencia (RFID)

RFID es una tecnología que utiliza etiquetas electrónicas para identificar y rastrear objetos a través de ondas de radio. Estas etiquetas contienen información única que puede ser leída por dispositivos RFID, como lectores o antenas. La relación entre RFID e IoT radica en que RFID puede ser considerado como una de las tecnologías subyacentes utilizadas en la implementación de IoT. RFID permite la identificación automática de objetos y la recopilación de datos sobre ellos, lo que puede integrarse en un sistema de IoT más amplio [Landaluce et al. \[2020\]](#).

En un entorno de IoT, los dispositivos RFID se convierten en nodos de red que se conectan a Internet y se comunican con otros dispositivos y sistemas para intercambiar información. La tecnología RFID puede proporcionar datos en tiempo real sobre la ubicación, el estado y el seguimiento de objetos físicos, lo que contribuye a la recopilación masiva de datos en un

entorno de IoT. Además, la combinación de RFID con otras tecnologías de comunicación, como WiFi o redes celulares, permite transmitir los datos recopilados por las etiquetas RFID a través de la infraestructura de IoT, lo que facilita su procesamiento, análisis y utilización en aplicaciones inteligentes y automatizadas [Nambiar \[2009\]](#).

Comunicación de Campo Cercano (NFC)

La tecnología NFC, es parte de RFID, está estandarizada por ISO/IEC 18092. Permite la conexión de dos dispositivos electrónicos con una distancia de hasta 10 cm y transferencia de datos de 424 kbit/s. Trabaja con frecuencias de hasta 13,56 MHz en tres modos diferentes [HAMZAH et al. \[2019\]](#):

- Modo 1, los dispositivos inteligentes se pueden usar para mostrar transacciones seguras, como pagos móviles.
- Modo 2, punto a punto, en este modo, el intercambio de datos puede tener lugar entre dos dispositivos que tengan implementada la tecnología NFC.
- Modo 3, lector-grabador, en este modo, el dispositivo NFC puede leer o escribir información en etiquetas NFC.

2.2. Tecnología en la Educación

En el ámbito educativo, la tecnología ha tenido un impacto significativo en la forma en que se lleva a cabo el proceso de enseñanza-aprendizaje. Algunas de las tecnologías utilizadas en educación son [Tiol-Carrillo \[2021\]](#):

1. Dispositivos móviles: Los dispositivos como teléfonos inteligentes, tabletas y computadoras portátiles permiten a los estudiantes acceder a recursos educativos en línea, realizar investigaciones, participar en actividades interactivas y colaborar con otros estudiantes y docentes [Thornton and Houser \[2004\]](#), [Karagianni and Drigas \[2023\]](#), [Pozos-Pérez et al. \[2022\]](#).
2. Plataformas de aprendizaje en línea: Las plataformas de aprendizaje en línea ofrecen cursos y materiales educativos en formato digital, permitiendo a los estudiantes acceder a ellos desde cualquier lugar y en cualquier momento. Estas plataformas a menudo incluyen recursos

multimedia, foros de discusión, evaluaciones y seguimiento del progreso del estudiante [Asfour and Alkharoubi \[2023\]](#), [Liu et al. \[2020\]](#).

3. Herramientas colaborativas: Existen diversas herramientas y plataformas en línea que facilitan la colaboración y el trabajo en equipo entre estudiantes y docentes. Estas herramientas permiten compartir documentos, colaborar en proyectos, realizar videoconferencias y mantener la comunicación constante [Jovanović and Milosavljević \[2022\]](#), [Corporan et al. \[2020\]](#), [Cicognani \[2000\]](#).
4. Realidad virtual y aumentada: Estas tecnologías ofrecen experiencias inmersivas y enriquecedoras para los estudiantes. La realidad virtual permite explorar entornos virtuales tridimensionales, mientras que la realidad aumentada superpone información digital en el mundo real, brindando una perspectiva interactiva y visualmente atractiva [Scavarelli et al. \[2021\]](#), [Elmqaddem \[2019\]](#).
5. Analítica del aprendizaje: La analítica del aprendizaje se refiere al uso de técnicas y herramientas para recopilar, analizar y visualizar datos relacionados con el proceso de aprendizaje. Esto permite a los docentes obtener información sobre el rendimiento de los estudiantes, identificar áreas de mejora y adaptar su enfoque de enseñanza [Leitner et al. \[2017\]](#), [Williamson and Kizilcec \[2022\]](#).

Estas tecnologías en el ámbito educativo tienen como objetivo mejorar la accesibilidad, personalización del aprendizaje, interactividad, colaboración y seguimiento del progreso de los estudiantes. Sin embargo, es fundamental utilizar estas herramientas de manera adecuada y encontrar un equilibrio entre la tecnología y las metodologías pedagógicas para obtener los mejores resultados educativos.

En la actualidad, el avance continuo de la tecnología nos ha llevado a estar rodeados de una gran cantidad de dispositivos electrónicos que se interconectan a través de diversos medios, ya sea por cable o de forma inalámbrica. Estos dispositivos tienen funciones como la identificación y análisis de datos, entre otros, y tienen un impacto directo o indirecto en nuestras actividades personales. Esta interconexión de dispositivos electrónicos se conoce como Internet de las Cosas (IoT) [Ray et al. \[2016\]](#).

2.3. Aplicación de Internet de las Cosas en la Educación

El IoT, se encuentra inmerso en todos los campos que tenga relación con internet, y la educación no ha sido exenta, sus procesos se han automatizado, se ha transformado la forma como se recolectan los datos en escuelas institutos, universidades y la forma de conectarse de los usuarios [Lucent \[2016\]](#). IoT juega un papel importante y su potencial está ganando cada vez más protagonismo en el desarrollo de la tecnología educativa en una perspectiva de largo plazo.

El término "Internet de las cosas en la educación" puede tomar dos caminos, el primero como herramienta para mejorar la infraestructura académica y el segundo como asignatura para enseñar los conceptos básicos de informática [Gul et al. \[2017\]](#).

2.3.1. Modelos Académicos

Los modelos académicos basados en las TIC (Tecnologías de Información y Comunicación) abarcan los programas de aprendizaje a distancia, virtual, semi presencial o mixto, que forman parte de los sistemas educativos de todo el mundo. Este modelo de aprendizaje se basa en el tridente, pedagogía, comunidad y tecnología [García et al. \[2018\]](#).

2.3.2. IoT Como Herramienta Pedagógica

IoT como herramienta pedagógica se refiere al uso de recursos tecnológicos para la enseñanza y asimilación de contenidos. A continuación, se presentan tres formas en las que se puede aplicar IoT en el ámbito educativo:

1. Laboratorios: son espacios adecuados donde los docentes pueden explicar métodos prácticos para el desempeño de una ciencia. Estos laboratorios pueden ser operados, ya sea de manera remota o local, utilizando tecnologías IoT.
2. Entornos Híbridos: se trata de ambientes de aprendizaje mixtos que combinan aspectos del mundo real en tiempo real con aspectos virtuales o simulados. Estos entornos basados en IoT permiten a los estudiantes experimentar y aplicar sus conocimientos en situaciones reales, mientras también utilizan elementos virtuales para ampliar su comprensión.

2.3. APLICACIÓN DE INTERNET DE LAS COSAS EN LA EDUCACIÓN¹⁶

3. Plataformas de aprendizaje: se refiere a aplicaciones informáticas que consisten en un conjunto de herramientas o sistemas de software protegidos por contraseña. Estas plataformas permiten el monitoreo y la interacción con objetos o ambientes físicos, utilizando tecnologías IoT.

La implementación de IoT como herramienta pedagógica puede proporcionar a los estudiantes una experiencia de aprendizaje más práctica, interactiva y contextualizada, lo que fomenta un mayor compromiso y comprensión de los contenidos.

2.3.3. Visión Artificial

La visión artificial son un conjunto de técnicas utilizadas para adquirir, analizar, procesar, imágenes del mundo real y obtener información numérica, del estado de animo, nivel de cansancio e incluso falta de atención, al evaluar y reconocer ciertos patrones de comportamiento fisiológico de los alumnos.

Mediante el uso de modelos predictivos y algoritmos se puede determinar cuáles son los periodos de tiempo y los horarios más adecuados para alcanzar un aprendizaje óptimo [Alvear-Puertas et al. \[2017\]](#).

2.3.4. Campus Digital

El campus digital está compuesto por dos componentes principales. En primer lugar, se enfoca en la infraestructura que proporciona redes, movilidad y seguridad para todas las aplicaciones y servicios del campus. En segundo lugar, se refiere a las aplicaciones de IoT que se ejecutan para apoyar al personal universitario y mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje, brindando así una experiencia enriquecedora para los estudiantes [Aldowah et al. \[2017\]](#).

El concepto de aula inteligente hace referencia a un entorno educativo equipado con herramientas de aprendizaje avanzadas de última tecnología. Estos equipos pueden incluir cámaras, micrófonos y sensores que se utilizan para medir el nivel de satisfacción del estudiante u otras características relevantes [Gul et al. \[2017\]](#). El propósito de un aula inteligente es crear un entorno de aprendizaje interactivo y adaptativo, que facilite la participación activa de los estudiantes y mejore su experiencia educativa.

2.3.5. Herramientas Informáticas y Tendencias

Según [Veintimilla et al. \[2017\]](#), las herramientas más importantes en las que se basa la tendencia del IoT en el aspecto educativo son las siguientes:

1. Cloud Computing: se refiere a un conjunto de recursos informáticos disponibles bajo demanda que apoyan el proceso de aprendizaje, especialmente en el ámbito colaborativo. Estos recursos permiten a los estudiantes y educadores acceder, compartir y colaborar en tiempo real, facilitando la comunicación y el intercambio de información.
2. Bring Your Own Device (BYOD): esta tendencia consiste en permitir que los estudiantes y profesores utilicen sus propios dispositivos personales para acceder a los recursos educativos y herramientas de la institución. Esto proporciona movilidad, flexibilidad, conectividad y productividad, al tiempo que reduce la necesidad de infraestructura tecnológica adicional en los centros educativos.
3. Smartphones y Aplicaciones móviles: las aplicaciones móviles, conocidas como "apps", son programas informáticos diseñados para ser utilizados en teléfonos inteligentes. Con el avance de la tecnología, los creadores de aplicaciones trabajan en el desarrollo de versiones móviles, lo cual se ha convertido en una tendencia innovadora actualmente. Esto permite a los usuarios llevar consigo diversas herramientas de oficina, facilitando el acceso a recursos educativos y promoviendo el aprendizaje en cualquier momento y lugar.

2.3.6. Hiper Situación

Es la habilidad de amplificar el conocimiento basándose en la ubicación del usuario, a partir de su geo localización, es decir, estudiantes que llevan dispositivos móviles pueden beneficiarse de un conjunto de información interdisciplinaria emitida desde sus alrededores [Moreira et al. \[2018\]](#).

2.4. Revisión Sistemática

La revisión sistemática de la literatura es un método riguroso, explícito y reproducible que se utiliza para identificar, evaluar y sintetizar el cuerpo existente de trabajos de investigación en un área específica. Su importancia radica en proporcionar una visión objetiva y completa de la investigación

realizada hasta la fecha, permitiendo identificar patrones, tendencias y brechas en el conocimiento.

A diferencia de los experimentos de laboratorio, la revisión sistemática se centra en la recopilación y análisis de los resultados de múltiples estudios publicados. Esto permite generar avances en el área de conocimiento específica, establecer bases para futuros experimentos e extraer conclusiones sólidas después de revisar toda la literatura existente sobre un tema.

Desempeña un papel importante en la investigación al responder preguntas de investigación mediante la recopilación y el análisis crítico de evidencia disponible. Además, ayuda a resolver lagunas de conocimiento pendientes y proporciona revisiones más precisas sobre un tema en particular. Adicionalmente, es un valioso enfoque de investigación que contribuye al avance del conocimiento al ofrecer una síntesis exhaustiva y rigurosa de los estudios previos, permitiendo así una toma de decisiones más fundamentada en el campo de estudio [Fink \[2019\]](#).

La revisión sistemática se convierte en un meta análisis si los hallazgos de cada estudio, se pueden cuantificar utilizando una medida estadística del tamaño del efecto y mediante el análisis estadístico extraer los hallazgos clave de dichos estudios [Littell et al. \[2008\]](#).

Los resultados de la revisión sistemática se validan mediante bibliometría.

2.4.1. Bibliometría

Es el estudio cuantitativo aplicado a grupos determinados de producción científica, cuyo resultado genera modelos matemáticos que ayudan a la realización de pronósticos o toma de decisiones [Tague-Sutcliffe \[1992\]](#) .

2.4.2. Indicadores Bibliometricos

Son datos estadísticos deducidos de las publicaciones científicas. Su uso se apoya en el importante papel que desempeñan las publicaciones en la difusión de los nuevos conocimientos, papel asumido a todos los niveles del proceso científico” [Caridad and Bordons \[1996\]](#)

El proceso de investigación inicia con una pregunta referente a un problema en particular que se convierte en el objeto de estudio para validar o encontrar una o más soluciones a la pregunta formulada [Espinosa et al. \[2020\]](#).

2.4.3. Métodos para la elaboración de indicadores bibliométricos

Existen varios métodos para la elaboración de indicadores bibliométricos el cual puede ser aplicado en las diferentes ciencias como:

1. Metodología Prisma: fue diseñado para ayudar a los autores de revisiones sistemáticas a documentar de manera transparente el porqué de la revisión, que hicieron los autores y que encontraron [Page et al. \[2021\]](#).

Se especifican las palabras usadas para la búsqueda, en que base de datos se lo realizaron, que documentos se han incluido o excluido, siguiendo un diagrama de flujo y los pasos necesarios dirigidos por la metodología, ya que es de gran ayuda para revisiones sistemáticas como para meta análisis.

2. Manual de Frascati: proporciona una norma práctica para encuestas de Investigación y Desarrollo Experimental así como identificar cuáles son los elementos clave que los respaldan de acuerdo a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [de Frascati \[2015\]](#).
3. Manual de Oslo: proporciona pautas para recopilar e interpretar datos sobre innovación. Busca facilitar la comparabilidad internacional y proporciona una plataforma para la investigación y experimentación en la medición de la innovación [OECD and of the European Communities \[2005\]](#).
4. Manual de Camberra: este manual está orientado exclusivamente a medir los recursos humanos dedicados a la ciencia y la tecnología, la transferencia y la innovación tecnológica [Díaz Pérez \[2009\]](#).

2.4.4. Herramientas para Análisis Bibliométrico

1. Bibliometrix

Es una aplicación para estudios bibliométricos basados en lenguaje de programación R, que ayuda al análisis cuantitativo en ciencia y tecnología y bibliometría y el comando que permite ejecutar la interfaz en el ambiente Web se denomina “biblioshiny” [Aria and Cuccurullo \[2017\]](#).

2. VOSviewer

Es una aplicación de software, para crear y explorar mapas basados en datos de internet, se utiliza principalmente, para el análisis de archivos

de registro académico, aunque puede ser utilizado también con otro tipo de información. VOSviewer analiza la coautoría, co-ocurrencia, convención, acoplamiento bibliografía y enlaces de referencia [Arruda et al. \[2022\]](#).

Con el incremento progresivo de la actividad científica en todas las áreas del conocimiento, nace la necesidad de evaluar los resultados de la actividad conocida como investigación, y determinar cuál es su impacto en la sociedad.

Tomando en cuenta que "la actividad científica no es exacta" [B. Velasco \[2012\]](#) , existen diferentes criterios de evaluación, pero de todos aquellos, los indicadores bibliometricos son los más utilizados.

Capítulo 3

Metodología

En este capítulo se detalla la metodología de búsqueda, los criterios de inclusión y exclusión. También se planteó el análisis bibliométrico y se analizó la metodología PRISMA

3.1. Metodología de Investigación

Para realizar el estudio de vigilancia científica sobre los factores claves en el desarrollo de dispositivos de IoT para aplicaciones en educación se consideraron las siguientes condiciones:

1. Existe un gran volumen de documentos científicos relacionados con el tema de la tecnología en la educación ($n > 3,023$).
2. Este estudio se centra en la identificación de tendencias en la investigación científica sobre el desarrollo de dispositivos y plataformas de Internet de las Cosas (IoT) en la educación.
3. Dado que este estudio tiene como objetivo la caracterización de la estructura del conocimiento, se realizó una revisión sistemática. Además, se optó por no realizar un análisis cuantitativo, ya que no es necesario para alcanzar los objetivos de investigación propuestos.

Por lo tanto, el método de investigación seleccionado para este estudio fue un análisis bibliométrico compuesto por cinco etapas principales:

1. Definición del alcance.
2. Selección de técnicas de análisis bibliométrico.
3. Recopilación de datos.
4. Aplicación de técnicas de análisis bibliométrico.
5. Análisis y síntesis de la evidencia. Para este estudio este paso se puede ver en detalle en la Figura 3.1, que corresponde a una adaptación de las

metodologías de análisis bibliométrico presentadas por Donthu et al. [Donthu et al. \[2021\]](#) y Castañeda et al. [Castañeda et al. \[2022\]](#).

3.1.1. Definición del Alcance Técnicas de Análisis Bibliométrico

En la revisión sistemática presentada en este estudio se analizaron y sintetizaron las evidencias encontradas sobre los factores claves en el desarrollo de dispositivos de IoT para aplicaciones en educación.

Para el inicio de la revisión documental, se utilizó la base de datos de Scopus, la cual contiene resúmenes y artículos de revistas científicas en varios idiomas. Basado en el criterio de expertos e indagaciones propias, se constató que dicho repositorio abarca una gran cantidad de información proveniente de otros motores de búsqueda a nivel mundial.

Esta última característica ha sido un factor primordial para utilizarla como fuente adecuada en la recolección de datos.

Para iniciar la búsqueda, se utilizaron los siguientes términos en inglés "technology in education", en los segmentos títulos y palabras clave, enlazado por conectores lógicos "and", "or", quedando de la siguiente manera:

(TITLE-ABS-KEY ("technology in education"))

El resultado arrojó un total de 3,023 documentos, una cantidad significativa que, a pesar de su volumen, contribuyó en gran medida a proporcionar una visión integral de la temática tratada. Para gestionar y reducir el número de documentos a analizar, seguimos las pautas establecidas en la declaración Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses (PRISMA).

Los criterios de inclusión y exclusión fueron los siguientes:

Criterios de inclusión

- Año de publicación, 2013 a 2022.
- Idioma inglés o español.
- Ayuden a responder directa o indirectamente a la pregunta de investigación.
- Terminología relacionada a IoT.

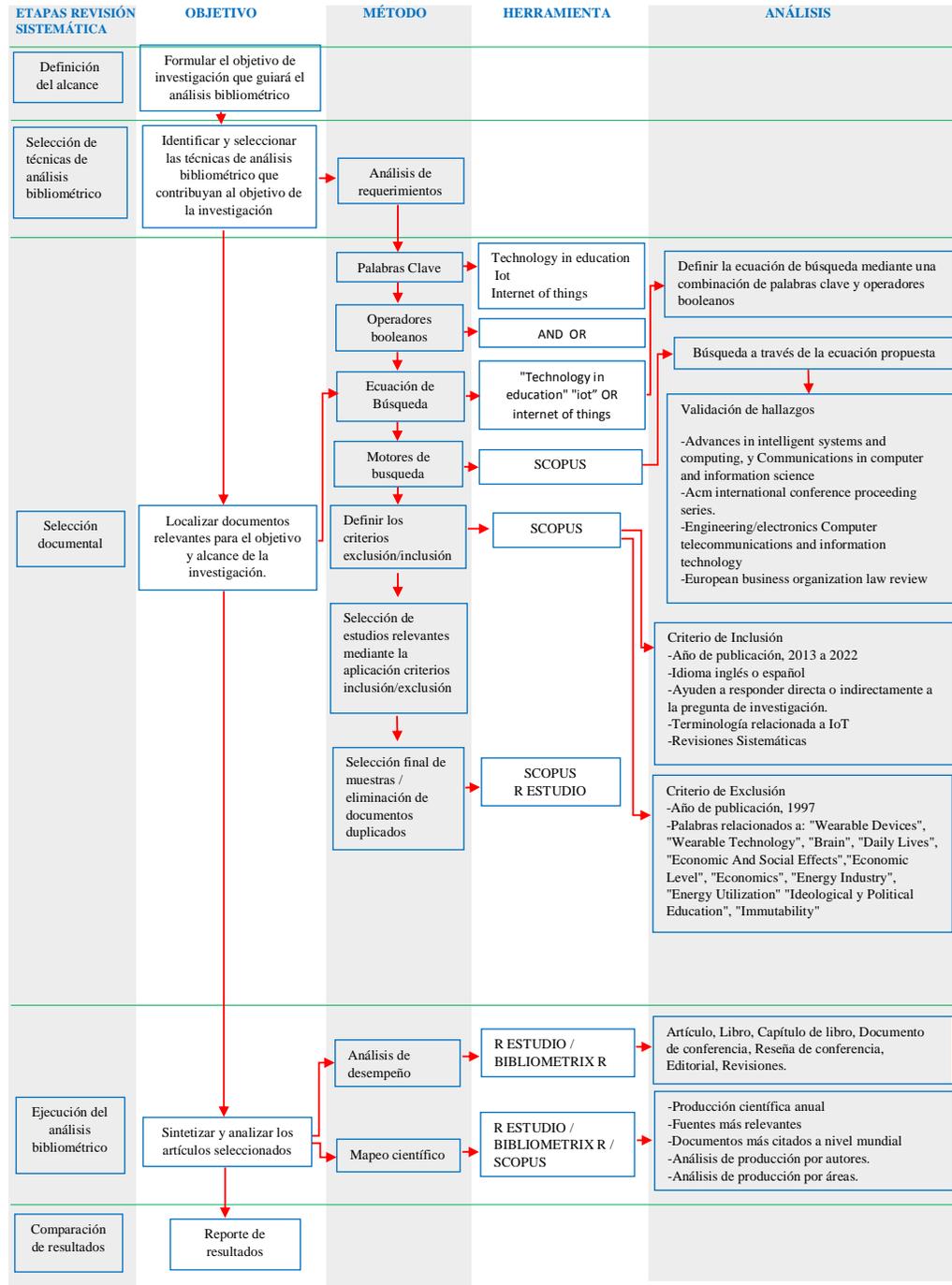


Figura 3.1: Metodología de análisis bibliométrico

- Revisiones Sistemáticas.

Criterios de exclusión

- Año de publicación 1997.
- Palabras relacionadas a: "Wearable Devices", "Wearable Technology", "Brain", "Daily Lives", "Economic And Social Effects", "Economic Level", "Economics", "Energy Industry", "Energy Utilization" "Ideological y Political Education", "Immutability".

Se buscaron términos más específicos utilizando el documento denominado Thesaurus de IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), del cual seleccionamos las palabras que mejor se ajustaron al tema de la investigación y contribuyeran al desarrollo del proceso.

En consecuencia, se utilizó la secuencia de palabras en inglés, ya que es el idioma más utilizado: "technology in education," "iot" OR "internet of things"). Para la búsqueda, estas palabras se insertaron en los campos de título y palabras clave, conectadas por los operadores lógicos booleanos "and" y "or".

Se seleccionaron los términos "internet of things" y "education" porque están directamente relacionados con el proyecto de investigación y se centran en el IoT. El término "technology," se utilizó para destacar el crecimiento y la evolución de la literatura científica en este campo.

Quedando la ecuación de la siguiente manera:

```
(TITLE-ABS-KEY ( "technology in education" ) AND
TITLE-ABS-KEY ( iot OR internet AND of AND things) )
AND ( EXCLUDE ( PUBYEAR , 1997 ) ) AND ( EXCLUDE
( EXACTKEYWORD , "Wearable Devices" ) OR EXCLUDE (
EXACTKEYWORD , "Wearable Technology" ) OR EXCLUDE (
EXACTKEYWORD , "Brain" ) OR EXCLUDE ( EXACTKEYWORD
, "Daily Lives" ) OR EXCLUDE ( EXACTKEYWORD , "Economic
And Social Effects" ) OR EXCLUDE ( EXACTKEYWORD , "Economic
Level" ) OR EXCLUDE ( EXACTKEYWORD , "Economics" ) OR
EXCLUDE ( EXACTKEYWORD , "Energy Industry" ) OR EXCLUDE
( EXACTKEYWORD , "Energy Utilization" ) OR EXCLUDE (
EXACTKEYWORD , "Ideological And Political Educations" ) OR
EXCLUDE ( EXACTKEYWORD , "Immutability" ) ).
```

3.1.2. Recopilación de Datos y Aplicación de Técnicas de Análisis Bibliométrico

Después de definir el alcance, seleccionar las técnicas de análisis bibliométrico y establecer los criterios de inclusión y exclusión, se aplicó la metodología PRISMA, por ser una técnica pedagógica, mediante el seguimiento de pasos secuenciales, y aplicable a todo tipo de revisión sistemática, con la finalidad de obtener los artículos que serán analizados, utilizando la herramienta Biblioshiny de Bibliometrix en Rstudio.

Se inició la búsqueda con el término "Technology in Education" en Scopus, lo que arrojó un total de 3,023 artículos. Luego, se amplió la búsqueda agregando términos relacionados con IoT, específicamente "Technology in Education and IoT" or "Internet of Things". Esto resultó en la identificación de 34 artículos relevantes. En consecuencia, excluimos 2,989 artículos que no cumplían con este último criterio de inclusión.

Después de revisar el año de publicación, se excluyó un único registro (n=1) debido a que su periodo de publicación era demasiado extenso, lo que resultó en un total de 33 artículos incluidos en el análisis.

Adicionalmente, se eliminaron 9 artículos que no cumplían con los criterios de inclusión, ya que estaban relacionados con temáticas distintas y no contribuían a la resolución del problema de investigación. Estos 9 artículos se centraban en áreas como Wearable Devices y Wearable Technology (2), Brain (1), Daily Lives (1), Economic And Social Effects y Economic Level (1), Economics (1), Energy Industry y Energy Utilization (1), Ideological And Political Educations (1), e Immutability (1).

Como resultado, se obtuvo un número total de 24 artículos que cumplieron con los criterios de inclusión y que serán utilizados en el análisis. Este valor corresponde al número de estudios que se incluirán en la síntesis, como se muestra en la Figura 3.2.

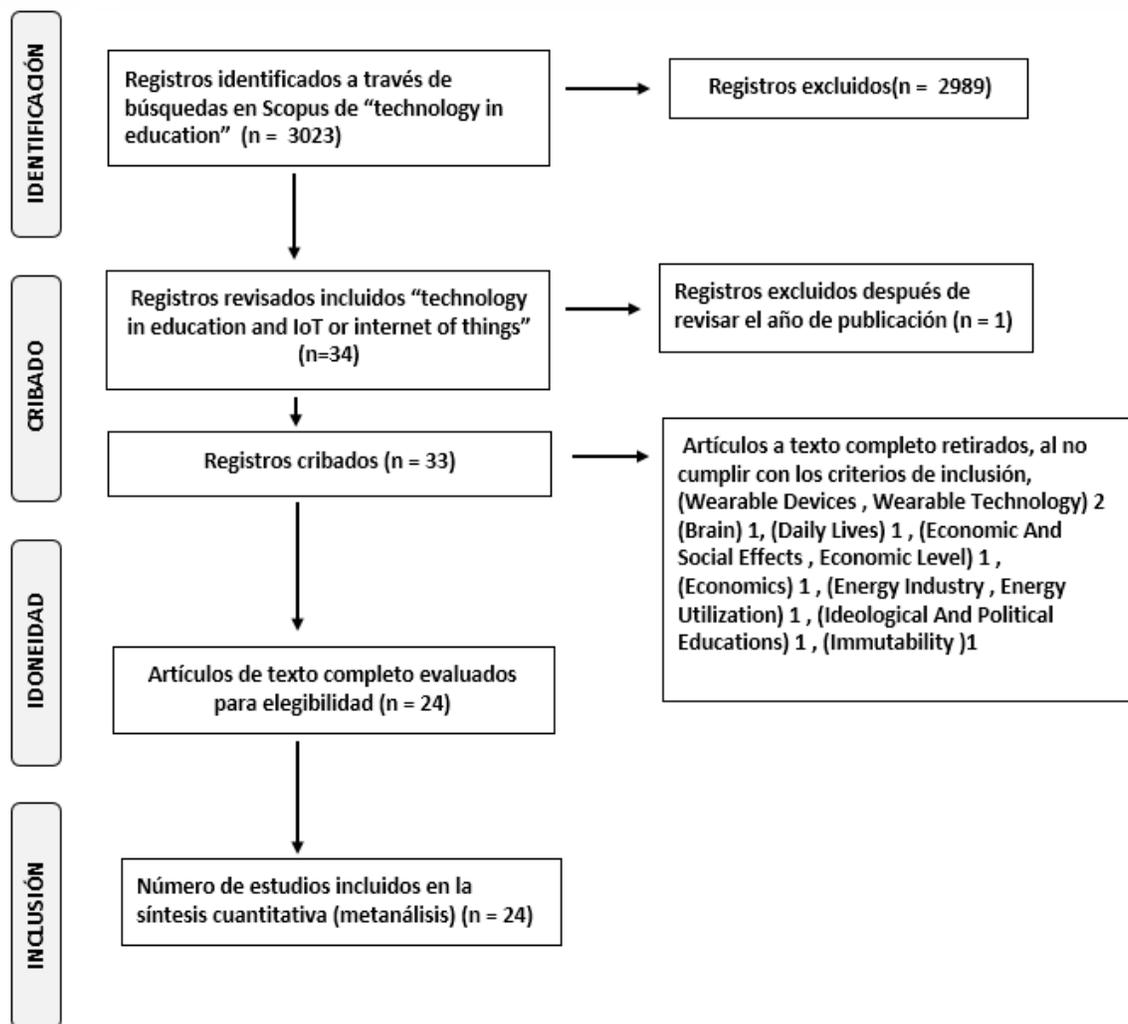


Figura 3.2: Diagrama de flujo de la Metodología Prisma en 4 niveles

Capítulo 4

Resultados

En este capítulo, se detallan los resultados del estudio de vigilancia científica, según los indicadores especificados en el diseño metodológico, que incluyen el análisis de la producción científica anual, fuentes relevantes, documentos más citados y producción por autores. También se examina la producción por áreas del conocimiento y la estructura conceptual. Se presenta la producción científica por país y la colaboración entre países, además de un análisis de las tecnologías más utilizadas en los documentos estudiados. Este capítulo ofrece una visión completa de los hallazgos de la vigilancia científica a través del análisis bibliométrico.

4.1. Análisis de la Producción Científica Anual

Según el análisis realizado utilizando Biblioshiny, que al ser un software libre, ayuda al procesamiento y visualización de datos bibliométricos, se determinó una tasa de crecimiento anual del 34.8%. Esto refleja un aumento en la producción de artículos relacionados con tecnología y educación durante el período de 2013 a 2022.

La tendencia en la producción de estos artículos no fue uniforme a lo largo de los años. Se observa que en 2013 se publicó 1 artículo, en 2014 no hubo publicaciones, en 2015 se registraron 2 artículos, en 2018 se publicaron 3 artículos, en 2019 se registraron 3 artículos, en 2020 se publicaron 5 artículos, en 2021 se registraron 4 artículos y en 2022 se publicaron 6 artículos. Esta tendencia irregular sugiere fluctuaciones en la producción a lo largo de los años, como se ilustra en la Figura 4.1.

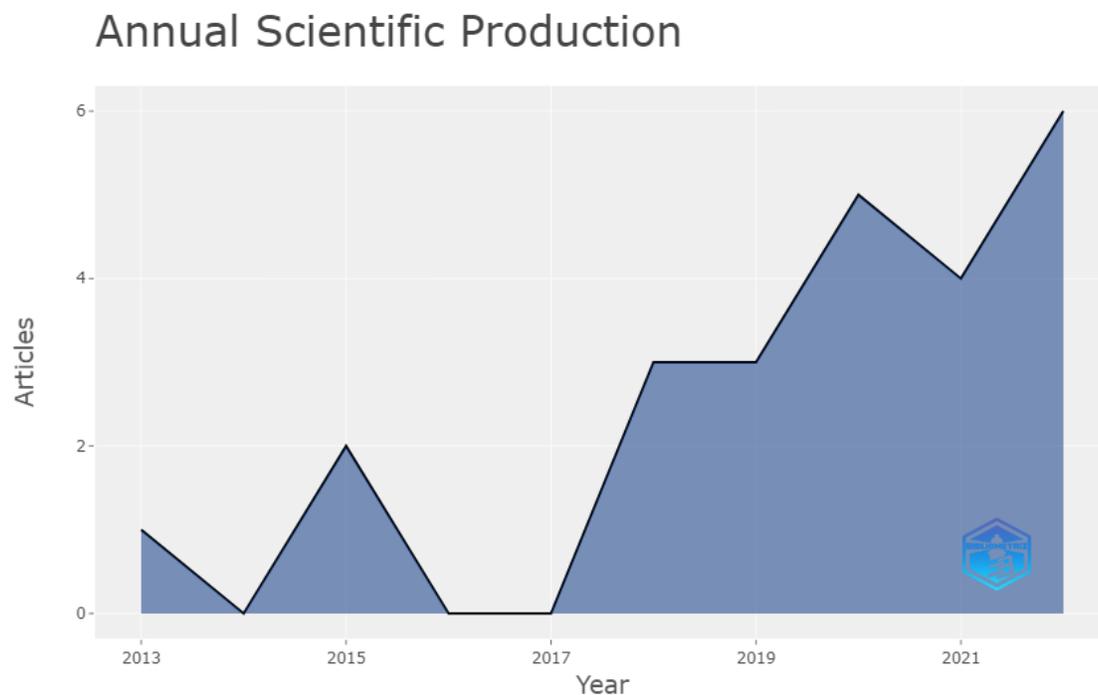


Figura 4.1: Producción anual de "Technology in Education and IoT"

4.2. Análisis del Tipo de Fuente

En la Tabla 4.1, se presentan los tipos de fuentes más relevantes en las cuales se han publicado temas relacionados con "Technology in Education and IoT" o "Internet of Things". Este trabajo se basa en un enfoque descriptivo, utilizando los resultados obtenidos a través de la herramienta Biblioshiny de Bibliometrías, y considerando el período de los años 2013 a 2022.

Los resultados de esta investigación revelan un total de 24 documentos relevantes. Estos documentos se distribuyen en diversos tipos de publicaciones, que se detallan a continuación:

- 5 artículos
- 4 capítulos de libro
- 8 papers de conferencia

- 4 revisiones de conferencia
- 1 editorial
- 2 revisiones

Estos datos proporcionan una visión general de la variedad de fuentes y tipos de documentos que abordan los temas de interés en esta investigación.

Todos los documentos analizados en esta investigación utilizan un conjunto de 100 palabras clave y 68 palabras clave de autor para categorizar y contextualizar su contenido. Estos elementos son esenciales para comprender la temática y el enfoque de los documentos.

En total, los documentos fueron escritos por 53 autores diferentes. Es interesante destacar que solo 6 de los artículos son obra de un solo autor, lo que representa una minoría en el conjunto de documentos. Esto indica un alto grado de colaboración entre autores en la producción de los documentos.

Si calculamos la proporción de documentos por autor, obtenemos un valor de 0.264. Esto significa que, en promedio, casi dos autores han contribuido a la creación de cada documento. La colaboración entre autores es una característica destacada en esta investigación, lo que puede enriquecer la diversidad de perspectivas y enfoques en los documentos.

4.3. Fuentes Relevantes

En la Tabla 4.2, se presentan las 17 fuentes más relevantes relacionadas con el tema de estudio. Las dos revistas más destacadas son "Advances in Intelligent Systems and Computing" y "Acm international conference proceeding series", ambas con 3 artículos cada una. El detalle completo de las fuentes relevantes se encuentra en la tabla mencionada.

4.4. Documentos más Citados a Nivel Mundial

En esta sección, se presentan los documentos más citados a nivel mundial en el campo de las Tecnologías en Educación y IoT. Estos documentos representan contribuciones significativas en la investigación y han recibido un alto número de citas. A continuación, se enumeran los 5 documentos más citados, junto con el número de citas que han acumulado:

1. Al-Emran, M. (2020) - "Stud Comput Intell" con 78 citas.

Tabla 4.1: Información sobre el conjunto de datos bibliométricos

Descripción	Resultados
Timespan	2013 - 2022
Sources (journals, books, etc.)	20
Documents	24
Document Types	
Article	5
Book	0
Book chapter	4
Conference paper	8
Conference review	4
Editorial	1
Review	2
Document Contents	
Keywords Plus (ID)	100
Author's Keywords (DE)	68
Authors	
Authors	53
Author Appearances	58
Authors of single-authored documents	6
Authors of multi-authored documents	47
Authors Collaboration	
Single-authored documents	9
Documents per Author	0.453
Authors per Documents	2.21
Co-Authors per Documents	2.42
Collaboration Index	3.13

2. Pruet, P. (2015) - "ECTI-CON - Int Conf Electr Eng/Electron, Comput, Telecommun Inf Technol" con 29 citas.
3. Fenwick, M. (2021) - "Eur Bus Org Law Rev" con 25 citas.
4. Yakovenko, I. (2019) - "Int J Mech Eng Technol" con 16 citas.
5. Elkoubaiti, H. (2018) - "ACM Int Conf Proc Ser" con 8 citas.

Estos documentos reflejan la influencia y relevancia de sus investigaciones en la comunidad académica, así como, el resto de los documentos, como se detalla en la Tabla 4.3.

Tabla 4.2: Fuentes relevantes

Fuentes	Artículos
Advances in intelligent systems and computing	3
Acm international conference proceeding series	3
Bordon. Revista de pedagogía	2
Ecti-con 2015 - 2015 12th international conference on electrical engineering/electronics computer telecommunications and information technology	2
European business organization law review	2
Fostering communication and learning with underutilized technologies in higher education	1
Handbook of critical approaches to politics and policy of education	1
Interactive learning environments	1
International journal of mechanical engineering and technology	1
Journal of circuits systems and computers	1
Journal of theoretical and applied information technology	1
Lecture notes in networks and systems	1
Pertanika journal of science and technology	1
Proceedings of spie - the international society for optical engineering	1
Proceedings of the international conference on industrial 1 engineering and operations management	1
Smart innovation systems and technologies	1
Studies in computational intelligence	1

Tabla 4.3: Documentos mas citados a nivel mundial

Documentos	DOI	N. de citas
Al-emran m, 2020, stud comput intell	10.1007/978-3-030-24513-9_12	78
Pruet p, 2015, ecti-con - int conf electr eng/electron, comput, telecommun inf technol	10.1109/ECTICon.2015.7207125	29
Fenwick m, 2021, eur bus org law rev	10.1007/s40804-020-00194-9	25
Yakovenko i, 2019, int j mech eng technol		16
Elkoubaiti h, 2018, acm int conf proc ser	10.1145/3289100.3289131	8
Abualnaaj k, 2020, proc int conf ind eng oper manage		6
Lakshminarayanan v, 2015, proc spie int soc opt eng	10.1117/12.2223062	6
Chweya r, 2021, pertanika j sci technol	10.47836/pjst.29.1.26	3
Dehbi a, 2022, j theor appl inf technol		1
Madritsch c, 2019, lect notes networks syst	10.1007/978-3-319-95678-7_78	1

4.5. Autores más Destacados en el Uso de IoT y la Educación

La Tabla 4.4 presenta un análisis destinado a validar la búsqueda realizada, resaltando a los autores que han realizado las mayores contribuciones en relación al uso de la Tecnología de IoT en la educación. Los autores más destacados son:

1. Klinger T, con 2 artículos.
2. Madritsch C, con 2 artículos.

Además de estos autores destacados, otros autores han realizado contribuciones valiosas en este campo, cada uno con un artículo en la temática. Estos resultados resaltan la diversidad de autores y su compromiso con la investigación en la intersección de la tecnología de IoT y la educación.

4.6. Análisis de Producción por Palabras Claves

Utilizando el diagrama rectangular para validar las mejores opciones de búsqueda por tema, se tomó como referencia un conjunto de 20 palabras clave. Los resultados revelaron que "Internet of Things" obtuvo un 8%, con un total de 6 menciones, consolidándose como la mejor alternativa de búsqueda. Le siguen "e-learning" con un 4% y 3 búsquedas, "students" con un 4% y 4 búsquedas, "big data" con un 4% y 3 búsquedas, y "engineering education" también con un 4% y 3 búsquedas. De manera similar, "learning systems" arrojó un resultado del 4% equivalente a 3 búsquedas, como se ilustra en la Figura 4.2.

4.7. Análisis de la Estructura Conceptual

Este análisis posibilita el mapeo de estructuras conceptuales mediante la identificación de coincidencias de palabras clave. Para llevar a cabo este proceso, se emplea un método de reducción de dimensionalidad que se basa en las palabras clave más relevantes, como se ilustra en la Figura 4.3. Los resultados obtenidos permiten la extracción de términos que simplifican las palabras del título hasta su forma raíz o base, además de proporcionar una representación bidimensional que revela las ocurrencias comunes de estos términos.

Tabla 4.4: Autores Más Destacados en el Uso de la Tecnología de IoT y la Educación

Autores	Artículos
Klinger T	2
Madritsch c	2
Abualnaaj k	1
Ahmed v	1
Al-Emran m	1
Al-kabi mn	1
Ali mb	1
Ang cs	1
Atman uslu n	1
Bakhouyi a	1
Bizhanova k	1
Carrillo-rosúa j	1
Chaiwut n	1
Chen j	1
Chweya r	1
Dehbi a	1
Dehbi r	1
Elkoubaiti h	1
Farzin d	1
Fenwick m	1



Figura 4.2: Diagrama rectangular

4.8. Producción Científica por País

El análisis de los países que más contribuyen a la producción científica revela que China lidera con 7 artículos, seguido por Marruecos con 6 artículos, mientras que Austria, España y el Reino Unido cuentan con 5 artículos cada uno. Este conjunto de países contribuye en conjunto con el 60 % de la producción científica en relación con este tema, como se muestra en la tabla 4.5.

En la Figura 4.4, se presenta un mapa en el que los países se muestran en tonos de gris para representar una colaboración no activa y en azul oscuro para indicar una colaboración muy activa.

4.9. Colaboración entre Países

Se ha verificado la existencia de colaboraciones entre países, tal como se muestra en la Figura 4.4. Se observan colaboraciones entre Kenya y Malasia, Países Bajos y Japón, España y Chile, así como el Reino Unido y Tailandia.

Tabla 4.5: Producción científica por país

País	N. de publicaciones	Porcentaje Significativo
China	7	14.6
Marruecos	6	12.5
Austria	5	10.4
España	5	10.4
Reino Unido	5	10.4
Kazajstan	3	6.3
Turquía	3	6.3
USA	3	6.3
India	2	4.2
Paises Bajos	2	4.2
Oman	2	4.2
Chile	1	2.1
Japón	1	2.1
Kenia	1	2.1
Malasia	1	2.1
Thailandia	1	2.1
Total	48	

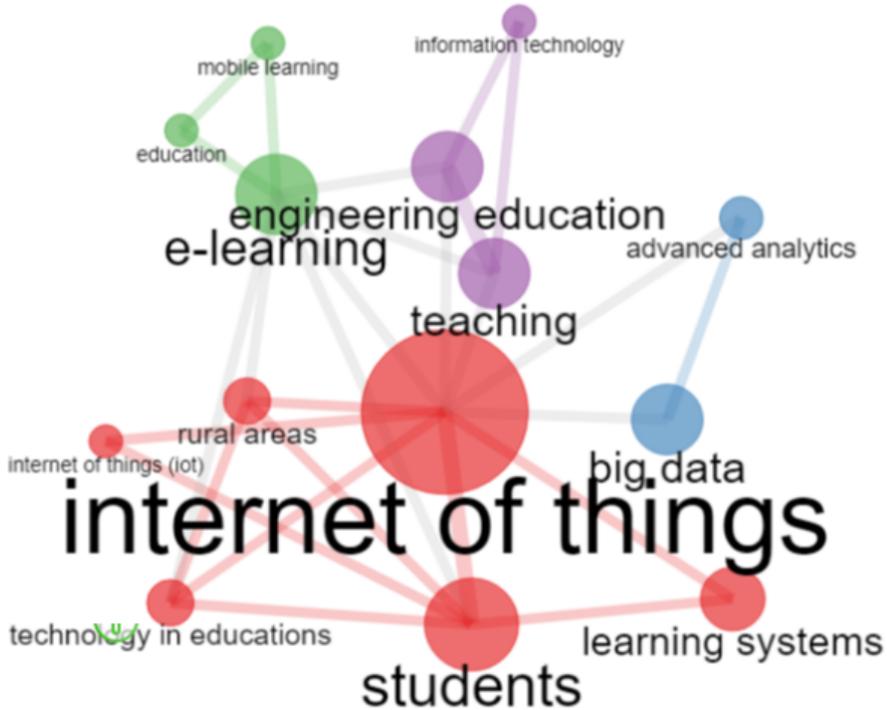


Figura 4.3: Estructura Conceptual

4.10. Palabras Claves

La Figura 4.5 exhibe una nube de palabras compuesta por las palabras clave utilizadas en el estudio. En esta representación, las palabras con una alta frecuencia en la literatura se presentan con un tamaño mayor. En el contexto de la investigación sobre IoT relacionado con la educación, se observa que "Students," "e-learning," "engineering education," "big data," y "learning systems" son las palabras con mayor frecuencia en la literatura.

Estas palabras clave se conectan directamente y se complementan con otros criterios relacionados con la educación, como "cloud computing," "embedded systems," "data mining," "education decision trees," y "high technology."

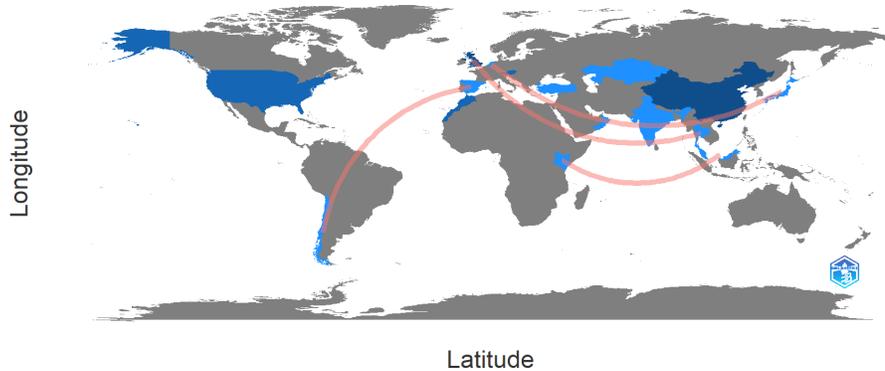


Figura 4.4: Mapa de colaboración entre países

4.11. Artículos Usados en la Investigación

Después de aplicar los criterios de la metodología PRISMA, se identificaron un total de 24 artículos que sirvieron de base para este estudio. En la Tabla 4.7 se presenta el trabajo de investigación analizado, con su referencia, y el análisis del resultado de estas investigaciones con el fin de comprender los nuevos conocimientos que han surgido.

Como se evidencia en el artículo [Al-Emran et al. \[2020\]](#), se lleva a cabo un análisis exhaustivo sobre la aplicación de IoT en el ámbito educativo y en la formación médica. Además, en el trabajo de [Pruet et al. \[2015\]](#), se destaca que el uso de tabletas posibilita el acceso a aplicaciones como OBSY, las cuales contribuyen al avance de las ciencias aplicadas. Por otro lado, diversas instituciones educativas han implementado la tecnología blockchain en sus procesos educativos, como la autenticación de certificados o la verificación de las entidades emisoras, como se describe en el artículo [Yakovenko et al. \[2019\]](#). Asimismo, se ha recurrido a la realidad virtual y la realidad aumentada para enriquecer el proceso de construcción del conocimiento, como se expone en [Elkoubaiti and Mrabet \[2018\]](#).

En el contexto de las instituciones educativas que aspiran a convertirse en campus inteligentes, es esencial considerar múltiples aspectos tecnológicos, como tarjetas electrónicas, aulas digitales, gestión de la energía, seguridad electrónica, optimización y análisis de datos, así como instalaciones y servicios inteligentes, tal como se menciona en [AbuAlnaaj et al. \[2020\]](#).

En lo que respecta a la integración de las ciencias y la interdisciplinariedad

Tabla 4.6: Artículos utilizados para el análisis de la investigación

Ref.	Resumen del análisis de los Resultados
Al-Emran et al. [2020]	IoT en la educación y formación médica, IoT en la Educación y Formación Profesional, IoT verde y tecnologías portátiles en la educación
Pruet et al. [2015]	El estudio investiga el uso de tabletas entre estudiantes de primaria en áreas subdesarrolladas, presentando una plataforma de aprendizaje móvil diseñada para dispositivos WiFi económicos y aplicaciones amigables para niños.
Fenwick et al. [2021]	Mediante tres ejemplos se evidencia la experimentación forzada con tecnologías digitales en la educación y la salud .
Yakovenko et al. [2019]	El uso de blockchain a permitido automatizar la autenticación de certificados digitales, sino también recibir una firma digital de la organización que los acreditó
Elkoubaiti and Mrabet [2018]	El uso de la realidad artificial y realidad virtual a permitido mejorar los procesos de construcción del conocimiento
AbuAlnaaj et al. [2020]	El campus inteligente debe operarse bajo los siguientes criterios, Tarjeta electrónica, Aulas, Energia / gestión, Transporte, Seguridad, Optimización y Datos analíticos Instalaciones inteligentes Servicios .
Lakshminarayanan and McBride [2015]	Se propone el uso de Realidad Virtual, Sistemas de respuesta electrónica personal “Clickers”, Aprendizaje móvil, Cursos on-line masivos y abiertos, Computación en la nube, como herramientas de para el desarrollo de la interdisciplinaridad .
Chweya and Ibrahim [2021]	El estudio ha examinado el bajo uso de IoT en el aprendizaje, se destacan los pocos modelos y metodologías que se han utilizado.
DEHBI et al. [2022]	Proporciona una descripción de los datos recopilados y los análisis realizados sobre el uso de la interoperabilidad en la educación inteligente desde el análisis bibliométrico.
Madritsch et al. [2019]	Desarrollo del sistema CUAS, donde se utiliza diferentes arquitecturas IoT, y sus aplicaciones exigen diferentes niveles de complejidad, velocidad compatibilidad y interoperabilidad. .
Diaz et al. [2022]	Predominio de la realidad virtual y la robótica educativa como las tecnologías preferidas para el desarrollo de la educación científica. .
Garrison [2022]	Consideradas como tecnologías algorítmicas intensivas en datos, estos incluyen inteligencia artificial IA, aprendizaje automático, blockchain e IoT
Gökçearslan et al. [2022]	Llevar a cabo la prueba en docentes, de un modelo estructurado para analizar la aceptación de la tecnología IoT en los procesos de educación
Sahu and Samantaray [2022]	Proponer los desafíos de la inserción de las tecnologías en los procesos educativos de las zonas rurales de la India.
Chen [2020]	Este documento expone el concepto de minería de datos en la toma de decisiones en la gestión educativa.
Ali [2021]	Se determino que el IoT como una estrategia de TI potencial pero pondría riesgos como la privacidad, seguridad de datos y problemas de interoperabilidad
Qiu [2020a]	Este artículo explica las ventajas en la educación del curso básico de la especialización en electromecánica masterización acoplando al máximo las tecnología de la información.
Sun et al. [2022]	Esta investigación trata sobre big data educativo, revisó tres aspectos principales (análisis predictivo, análisis de aprendizaje y sistemas de recomendación).

Tabla 4.7: Artículos utilizados para el análisis de la investigación (continuación)

Ref.	Resumen del Análisis de los Resultados
in Information and Technology [2019]	Este documento aborda la comprensión de la IA a nivel humano en la nueva era del aprendizaje automático.
Byrne et al. [2017]	Este estudio explora el impacto de un modelo de aprendizaje constructivista del siglo XXI implementado a través de un taller de "hackathon" en estudiantes preuniversitarios irlandeses, revelando un aumento en la motivación y la autoeficacia en ciencias de la computación, programación y tecnologías emergentes como dispositivos portátiles e IoT. Los hallazgos sugieren la eficacia de este enfoque para ampliar las perspectivas y la confianza de los estudiantes en el campo.
Mendes et al. [2023]	Estos documentos analizan el uso de plataformas FPGA para implementar soluciones de IoT en algunos proyectos educativos, utilizando VHDL y una combinación de otros lenguajes de alto nivel.
Sahu and Samantaray [2022]	Este documento explora cómo tecnologías emergentes como la IA y el IoT están transformando el sistema educativo e influyendo en la participación de los jóvenes en el aprendizaje en línea. También profundiza en el potencial de la India rural para adoptar estos cambios, destacando desafíos y proponiendo soluciones para una implementación efectiva.
Fernández-Caramés and Fraga-Lamas [2019]	Este artículo examina el estado actual de implementación de las tecnologías clave más recientes en el avance de campus y universidades inteligentes.
Turkanović et al. [2018]	El documento presenta una implementación de prototipo de un entorno utilizando la plataforma de blockchain de código abierto Ark. EduCTX, operando en una red global peer-to-peer, gestiona tokens ECTX que representan créditos estudiantiles por cursos completados.
Akbar et al. [2018]	El documento propone un sistema de aprendizaje basado en tecnología para IoT diseñado para laboratorios de control dirigido a estudiantes de pregrado y posgrado. Ofrece una solución rentable utilizando un controlador estándar industrial adecuado para prototipos en aplicaciones industriales y empresariales.



Figura 4.5: Palabras Claves

en la educación, tecnologías como la realidad virtual, sistemas de respuesta electrónica personal ("Clickers"), aprendizaje móvil (m-Learning), cursos en línea masivos y abiertos (MOOC), y la computación en la nube han desempeñado un papel fundamental en el desarrollo de la educación actual, como se destaca en [Lakshminarayanan and McBride \[2015\]](#).

Por otro lado, las diferentes arquitecturas de IoT son empleadas por CUAS (sistemas de adquisición y control universales), donde las aplicaciones requieren diversos niveles de complejidad, velocidad, compatibilidad e interoperabilidad, según [Madritsch et al. \[2019\]](#).

El uso de big data se presenta como un recurso de gran importancia en el tratamiento de información proveniente de sensores, bases de datos, sistemas de vigilancia y equipos médicos, como se señala en [Garrison \[2022\]](#).

La gestión eficiente de los datos en el sistema educativo involucra una serie de pasos, que incluyen el preprocesamiento y el establecimiento, así como el mantenimiento de la base de datos. Estos procesos se apoyan en algoritmos como el árbol de decisiones, como se explica en [Chen \[2020\]](#).

El análisis de la aceptación de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en el proceso educativo se aborda en el artículo [Gökçearsan et al. \[2022\]](#). Además, se exponen los desafíos, ventajas y desventajas del uso de la tecnología en zonas rurales de la India en [Sahu and Samantaray \[2022\]](#). Del mismo modo, en [Ali \[2021\]](#) se lleva a cabo un análisis de los riesgos asociados al uso de herramientas TIC, como la privacidad, la seguridad de datos y los problemas de interoperabilidad.

La realidad que enfrentamos después de la pandemia ya no es la misma, y

esto se refleja especialmente en los sectores de educación y salud, donde la tecnología ha ocupado un lugar central. Esto se explica claramente a través de tres ejemplos, como se detalla en [Fenwick et al. \[2021\]](#). Además, los cursos actuales aprovechan al máximo las tecnologías de la información para obtener ventajas en la educación. Un ejemplo de esto es el curso básico de la especialización en electromecánica, cuyo enfoque se detalla en [Qiu \[2020a\]](#).

4.12. Tecnologías Utilizadas

En el desarrollo de la educación, intervienen numerosos factores tecnológicos que abarcan diversas áreas, como la metodología de enseñanza, la infraestructura, la seguridad, el emprendimiento, las energías renovables y los aspectos relacionados con las tecnologías emergentes y el medio ambiente. Cada uno de los trabajos resumidos en el presente estudio se basa en una tecnología específica que fundamenta su operación, junto con elementos electrónicos de diferente escala que respaldan su funcionamiento. Una muestra de estas tecnologías y sus componentes de operación se detalla en la Tabla [4.8](#).

Es importante destacar que las principales tecnologías en las que se fundamentan los diversos proyectos están relacionadas con el Internet de las Cosas (IoT), Big Data (BD), Blockchain (BC), sistemas embebidos (SE), inteligencia artificial (IA), cámara (Cam), Cloud, WiFi y realidad virtual (RV).

Estas tecnologías desempeñan un papel fundamental en la transformación y mejora del entorno educativo.

Tabla 4.8: Used technologies.

Ref.	IoT (24)	BD (7)	BC (5)	SE (7)	IA (9)	Cam (2)	Cloud (11)	WiFi (7)	RV (7)
Al-Emran et al. [2020]	✓								
Pruet et al. [2015]	✓			✓		✓		✓	
Fenwick et al. [2021]	✓						✓		
Yakovenko et al. [2019]	✓		✓		✓				✓
Elkoubaiti and Mrabet [2018]	✓								✓
AbuAlnaaj et al. [2020]	✓						✓	✓	
Lakshminarayanan and McBride [2015]	✓						✓		✓
Chweya and Ibrahim [2021]	✓	✓					✓		
DEHBI et al. [2022]	✓	✓	✓		✓		✓		✓
Madritsch et al. [2019]	✓			✓				✓	
Diaz et al. [2022]	✓			✓	✓				✓
Garrison [2022]	✓	✓	✓		✓				
Gökçearslan et al. [2022]	✓	✓			✓		✓		✓
Chen [2020]	✓				✓			✓	
Ali [2021]	✓	✓					✓	✓	
Qiu [2020b]	✓						✓		
Sun et al. [2022]	✓	✓							
in Information and Technology [2019]	✓				✓				
Byrne et al. [2017]	✓			✓		✓			
Mendes et al. [2023]	✓			✓					
Sahu and Samantaray [2022]	✓				✓		✓		✓
Fernández-Caramés and Fraga-Lamas [2019]	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	
Turkanović et al. [2018]	✓		✓						
Akbar et al. [2018]	✓			✓			✓	✓	

Capítulo 5

Conclusiones

Se logró realizar un estudio de vigilancia científica sobre los factores claves en el desarrollo de dispositivos de IoT para aplicaciones en educación bajo los parámetros establecidos.

El uso de herramientas de bibliometría como biblioshiny, ayudan a analizar diferentes criterios relacionados a la producción científica de un tema en particular y aplicar la metodología PRISMA, ha permitido seleccionar 24, documentos científicos adecuado para hacer el análisis del tema.

Se demostró un incremento progresivo de la actividad científica, en el uso de la tecnología en el sistema educativos y en aplicaciones en educación. La producción de artículos relacionados al tema de IoT y educación, tuvo una tendencia creciente del 2013 al 2022 en un 34.8 %.

Los resultados indican que la fuente más relevante, es la revista *Advances in intelligent systems and computing*, con tres artículos, el artículo más citado a nivel mundial es de Al-emran m, 2020, *stud comput intell* con 78 citas y en la producción por autores se encuentran Klinger T y Madritsch c, con dos artículos cada uno.

El diagrama de rectangular permitió validar las mejores opciones de búsqueda por tema, se tomó como referencia un número de 20 palabras clave, dando como resultado que internet of things tiene el mayor porcentaje con un 8 %.

El país con más publicaciones y conexiones en redes académicas sobre IoT en educación es China. Esto se debe a las políticas públicas que el país está implementando en el uso de tecnologías en el ámbito educativo, con el objetivo de reducir las brechas educativas entre las zonas rurales y urbanas.

Los resultados muestran que de las nueve tecnologías utilizadas, IoT se emplea en los 24 documentos, seguido por la nube e inteligencia artificial

con 11 y 9 respectivamente. Sin embargo, la tecnología preferida para las comunicaciones es el wifi, y la elegida por varios investigadores para la adquisición de datos son los sistemas embebidos.

5.0.1. Trabajos Futuros

Fomentar el análisis de metadatos utilizando otras herramientas bibliométricas como vosviewer , pueden dar otra visión del desarrollo del IoT enfocado a la educación.

5.0.2. Recomendaciones

Se recomienda hacer uso adecuado de la metodología PRISMA, para seleccionar, la documentación científica, adecuada en el análisis de un tema en particular.

Se recomienda el uso de otras herramientas de bibliometria como vosviewer, para analizar diferentes criterios relacionados a la producción científica de un tema en particular.

Bibliografía

- R. A. Abdelouahid, O. Debauche, and A. Marzak. Internet of things: a new interoperable iot platform. application to a smart building. *Procedia Computer Science*, 191:511–517, 2021.
- K. AbuAlnaaj, V. Ahmed, and S. Saboor. A strategic framework for smart campus. In *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, number March, pages 790–798, 2020.
- E. Ahmed, I. Yaqoob, A. Gani, M. Imran, and M. Guizani. Internet-of-things-based smart environments: state of the art, taxonomy, and open research challenges. *IEEE Wireless Communications*, 23(5): 10–16, 2016.
- M. A. Akbar, M. M. Rashid, et al. Technology based learning system in internet of things (iot) education. In *2018 7th International Conference on Computer and Communication Engineering (ICCCCE)*, pages 192–197. IEEE, 2018.
- M. Al-Emran, S. I. Malik, and M. N. Al-Kabi. A survey of internet of things (iot) in education: Opportunities and challenges. *Toward social internet of things (SIoT): Enabling technologies, architectures and applications: Emerging technologies for connected and smart social objects*, pages 197–209, 2020.
- H. Aldowah, S. U. Rehman, S. Ghazal, and I. N. Umar. Internet of things in higher education: a study on future learning. In *Journal of Physics: Conference Series*, volume 892, page 012017. IOP Publishing, 2017.
- M. B. Ali. Internet of things (iot) to foster communication and information sharing: a case of uk higher education. *Fostering Communication and Learning With Underutilized Technologies in Higher Education*, pages 1–20, 2021.

- V. Alvear-Puertas, P. Rosero-Montalvo, D. Peluffo-Ordonez, and J. Pijal-Rojas. Internet de las cosas y visión artificial, funcionamiento y aplicaciones: Revisión de literatura. *Enfoque UTE*, 8:244–256, 2017.
- M. Aria and C. Cuccurullo. bibliometrix: An r-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4):959–975, 2017. ISSN 1751-1577. doi: <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>. URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751157717300500>.
- F. Arifin, M. Hariadi, and M. Anshari. Extracting value and data analytic from social networks: big data approach. *Advanced Science Letters*, 23(6): 5286–5288, 2017.
- H. Arruda, E. R. Silva, M. Lessa, D. Proenca Jr, and R. Bartholo. Vosviewer and bibliometrix. *Journal of the Medical Library Association: JMLA*, 110(3):392, 2022.
- O. S. Asfour and A. M. Alkharoubi. Challenges and opportunities in online education in architecture: Lessons learned for post-pandemic education. *Ain Shams Engineering Journal*, page 102131, 2023.
- J. P. J. S. R. B. Velasco, J. Eiros. La utilización de los indicadores bibliométricos para evaluar la actividad investigadora. *ICE. Universidad de Oviedo*, 40(2):75–84, apr 2012.
- G. O. F. Bucheli G, V. Technology monitoring software tool. *Revista Avances en Sistemas e Informática*, page 117, apr 2007.
- J. M. Budd. A bibliometric analysis of higher education literature. *Research in Higher Education*, 28:180–190, 1988.
- J. R. Byrne, K. O’Sullivan, and K. Sullivan. An iot and wearable technology hackathon for promoting careers in computer science. *IEEE Transactions on Education*, 60(1):50–58, 2017. doi: 10.1109/TE.2016.2626252.
- I. G. Caridad and M. Bordons. Limitaciones en el uso de los indicadores bibliométricos para la evaluación científica, 1996.
- K. Castañeda, O. Sánchez, R. F. Herrera, and G. Mejía. Highway planning trends: A bibliometric analysis. *Sustainability*, 14(9):5544, 2022.
- J.-I. Castillo-Velazquez, R.-B. Silva-Lopez, and M.-K. Huerta. Advnetlab methodology: how to improve quality in software development and engineering projects. In *2020 IEEE ANDESCON*, pages 1–6. IEEE, 2020.

- J.-I. Castillo-Velazquez, M. K. Huerta, and R.-B. Silva-Lopez. Analysis of the capabilities for research, development, and innovation in telecommunications engineering careers. In *2022 IEEE ANDESCON*, pages 1–6. IEEE, 2022.
- A. G. Castro Sančan. Análisis de herramientas de vigilancia tecnológicas basadas en web para el control y funcionamiento lógico de los dispositivos del laboratorio de telecomunicaciones de la carrera de ingeniería en computación y redes. B.S. thesis, Jipijapa-UNESUM, 2019.
- J. Chen. Horizontal model of higher education management policy support system based on data mining. In *The 2020 International Conference on Machine Learning and Big Data Analytics for IoT Security and Privacy: SPIoT-2020, Volume 2*, pages 836–840. Springer, 2020.
- R. Chweya and O. Ibrahim. Internet of things (iot) implementation in learning institutions: A systematic literature review. *Pertanika Journal of Science & Technology*, 29(1), 2021.
- A. Cicognani. Concept mapping as a collaborative tool for enhanced online learning. *Journal of Educational Technology & Society*, 3(3):150–158, 2000.
- R. A. Corporan, J. J. Nagata, A. M. García, and A. H. Martín. Perception of teachers on collaborative tools knowledge level mediated by ict and their experience with students. *International Journal Of Emerging Technologies In Learning (IJET)*, 15(11):137–161, 2020.
- O. M. de Frascati. Guía para la recopilación y presentación de información sobre la investigación y el desarrollo experimenta, 2015.
- A. DEHBI, R. DEHBI, A. BAKHOUYI, and M. TALEA. Interoperability in smart education: A systemic review based on bibliometric and content analysis methods. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 100(24), 2022.
- F. S. Diaz, G. F. Ferrer, M. M. V. Vilchez, C. F. Ferrada, R. Narvaez, and J. C. Rosua. Tecnologías emergentes en la educación stem: Analisis bibliometrico de publicaciones en scopus y wos (2010-2020). *Bordon: Revista de pedagogia*, 74(4):25–44, 2022.
- M. Díaz Pérez. Situación de las metodologías para la medición de la ciencia, la tecnología y la innovación en américa latina. *Acimed*, 19(4):0–0, 2009.

- N. Donthu, S. Kumar, D. Mukherjee, N. Pandey, and W. M. Lim. How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of business research*, 133:285–296, 2021.
- B. Dorsemayne, J.-P. Gaulier, J.-P. Wary, N. Kheir, and P. Urien. Internet of things: a definition & taxonomy. In *2015 9th International Conference on Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies*, pages 72–77. IEEE, 2015.
- H. Elkoubaiti and R. Mrabet. How are augmented and virtual reality used in smart classrooms? In *Proceedings of the 2nd International Conference on Smart Digital Environment*, pages 189–196, 2018.
- N. Elmqaddem. Augmented reality and virtual reality in education. myth or reality? *International journal of emerging technologies in learning*, 14(3), 2019.
- P. Escorsa, R. Maspons, and J. Llibre. *De la vigilancia tecnológica a la inteligencia competitiva*. Financial Times, 2001.
- M. A. C. Espinosa, E. R. Romero, L. Y. Flórez, and C. D. Guerrero. Dandelion: Propuesta metodológica para recopilación y análisis de información de artículos científicos. un enfoque desde la bibliometría y la revisión sistemática de la literatura. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, (E28):110–122, 2020.
- X. Fan, F. Susan, W. Long, and S. Li. Security analysis of zigbee. *MWR InfoSecurity*, 2017:1–18, 2017.
- M. Fenwick, J. A. McCahery, and E. P. Vermeulen. Will the world ever be the same after covid-19? two lessons from the first global crisis of a digital age. *European Business Organization Law Review*, 22:125–145, 2021.
- T. M. Fernández-Caramés and P. Fraga-Lamas. Towards next generation teaching, learning, and context-aware applications for higher education: A review on blockchain, iot, fog and edge computing enabled smart campuses and universities. *Applied Sciences*, 9(21):4479, 2019.
- A. Fink. *Conducting research literature reviews: From the internet to paper*. Sage publications, 2019.
- M. Fonnegra, P. Gisela, E. Cuervo, H. Jacobo, A. Gallo, and M. Sandra. Estudio cuantitativo y bibliométrico como instrumento de análisis de

tendencias en educación superior. caso ingeniería industrial y programas afines. *Revista ESPACIOS. ISSN*, 798:1015.

- L. F. GarcÉS-Giraldo, K. Neyra-Aleman, O. Patiño-Toro, A. Valencia-Arias, G. M. López, J. Valencia, and M. Benjumea-Arias. Tendencias alrededor de la investigación sobre el internet de las cosas en colombia: un enfoque bibliométrico. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, (E43):15–27, 2021.
- L. García, E. D. C. Burbano, A. R. T. Gómez, F. E. S. Bohórquez, and J. D. A. Moreno. Internet de las cosas: Hacia una educación inteligente. *Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/329104805_Internet_de_las_Cosas_Hacia_una_educacion_inteligente*, 2018.
- M. Garrison. Confronting the digital leviathan in education: On cybernetic pedagogy and data-intensive algorithmic technologies. In *Handbook of Critical Approaches to Politics and Policy of Education*, pages 229–240. Routledge, 2022.
- N. German, R. Niño, F. Li, and O. Serquén. A didactic model for virtual education leading to the development of competences in higher education at universities. In *2021 IEEE 1st International Conference on Advanced Learning Technologies on Education Research (ICALTER)*, pages 1–4, 2021. doi: 10.1109/ICALTER54105.2021.9675115.
- Ş. Gökçearslan, H. Yildiz Durak, and N. Atman Uslu. Acceptance of educational use of the internet of things (iot) in the context of individual innovativeness and ict competency of pre-service teachers. *Interactive Learning Environments*, pages 1–15, 2022.
- J. Gómez, J. F. Huete, O. Hoyos, L. Perez, and D. Grigori. Interaction system based on internet of things as support for education. *Procedia Computer Science*, 21:132–139, 2013.
- K. Gomez, R. Riggio, T. Rasheed, and F. Granelli. Analysing the energy consumption behaviour of wifi networks. In *2011 IEEE Online Conference on Green Communications*, pages 98–104. IEEE, 2011.
- S. M. Gonzalez. Entendiendo el internet de las cosas. *Investiga. Tec*, (24): ágina–22, 2015.

- J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, and M. Palaniswami. Internet of things (iot): A vision, architectural elements, and future directions. *Future generation computer systems*, 29(7):1645–1660, 2013.
- S. Gul, M. Asif, S. Ahmad, M. Yasir, M. Majid, M. S. A. Malik, and S. Arshad. A survey on role of internet of things in education. *International Journal of Computer Science and Network Security*, 17(5):159–165, 2017.
- A. A. Hadwer, D. Gillis, and D. Rezanía. Big data analytics for higher education in the cloud era. In *2019 IEEE 4th International Conference on Big Data Analytics (ICBDA)*, pages 203–207, 2019. doi: 10.1109/ICBDA.2019.8713257.
- M. L. HAMZAH, Y. DESNELITA, A. A. PURWATI, E. RUSILAWATI, R. KASMAN, and F. RIZAL. A review of near field communication technology in several areas. *Revista Espacios*, 40(32), 2019.
- M. K. Huerta, A. García-Cedeño, J. C. Guillermo, and R. Clotet. Wireless sensor networks applied to precision agriculture: A worldwide literature review with emphasis on latin america. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, 9(4):209–222, 2021.
- I. A. in Information and C. Technology. Artificial intelligence for knowledge managementeducación. *Springer Cham*, (1):1 – 107, aug 2019.
- A. Jovanović and A. Milosavljević. Vortex metaverse platform for gamified collaborative learning. *Electronics*, 11(3):317, 2022.
- E. Karagianni and A. Drigas. Using new technologies and mobiles for students with disabilities to build a sustainable inclusive learning and development ecosystem. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 17(1), 2023.
- M. Kassab, J. DeFranco, and P. Laplante. A systematic literature review on internet of things in education: Benefits and challenges. *Journal of computer Assisted learning*, 36(2):115–127, 2020.
- V. Kumar, P. Yadav, and L. S. Indrusiak. Resilient edge: Building an adaptive and resilient multi-communication network for iot edge using lpwan and wifi. *IEEE Transactions on Network and Service Management*, 2023.

- V. Lakshminarayanan and A. C. McBride. The use of high technology in STEM education. In *Education and Training in Optics and Photonics: ETOP 2015*, volume 9793, page 97930C. International Society for Optics and Photonics, SPIE, 2015. doi: 10.1117/12.2223062. URL <https://doi.org/10.1117/12.2223062>.
- H. Landaluze, L. Arjona, A. Perallos, F. Falcone, I. Angulo, and F. Muralter. A review of iot sensing applications and challenges using rfid and wireless sensor networks. *Sensors*, 20(9):2495, 2020.
- P. Leitner, M. Khalil, and M. Ebner. Learning analytics in higher education—a literature review. *Learning analytics: Fundamentals, applications, and trends: A view of the current state of the art to enhance E-learning*, pages 1–23, 2017.
- J. H. Littell, J. Corcoran, and V. Pillai. *Systematic reviews and meta-analysis*. Pocket Guide to Social Work Re, 2008.
- Z.-Y. Liu, N. Lomovtseva, and E. Korobeynikova. Online learning platforms: Reconstructing modern higher education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 15(13):4–21, 2020.
- A. M. Lonzetta, P. Cope, J. Campbell, B. J. Mohd, and T. Hayajneh. Security vulnerabilities in bluetooth technology as used in iot. *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 7(3):28, 2018.
- A. Lucent. Internet de las cosas en educación. *Alcatel - Lucent Enterprice*, pages 2 – 7, 2016.
- S. Madakam, V. Lake, V. Lake, V. Lake, et al. Internet of things (iot): A literature review. *Journal of Computer and Communications*, 3(05):164, 2015.
- C. Madritsch, T. Klinger, and A. Pester. Work in progress: pocket labs in iot education. In *Smart Industry & Smart Education: Proceedings of the 15th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation 15*, pages 707–713. Springer, 2019.
- G. Mao, N. Huang, L. Chen, and H. Wang. Research on biomass energy and environment from the past to the future: A bibliometric analysis. *Science of the Total Environment*, 635:1081–1090, 2018.

- E. G. Mendes, T. F. A. C. Sigahi, J. d. S. Pinto, D. da Silva, R. Anholon, and J. D. Adriano. Teaching electronics in the context of industry 4.0: A survey on the brazilian scenario in the areas of reconfigurable logic and microcontrollers. *IEEE Transactions on Education*, pages 1–9, 2023. doi: 10.1109/TE.2023.3315203.
- V. Mkrttchian, L. Gamidullaeva, A. Finogeev, S. Chernyshenko, V. Chernyshenko, D. Amirov, and I. Potapova. Big data and internet of things (iot) technologies' influence on higher education: current state and future prospects. *International Journal of Web-Based Learning and Teaching Technologies (IJWLTT)*, 16(5):137–157, 2021.
- N. M. Modak, J. M. Merigó, R. Weber, F. Manzor, and J. de Dios Ortúzar. Fifty years of transportation research journals: A bibliometric overview. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 120:188–223, 2019.
- A. Moises Barrio. Internet de las cosas. *Madrid: Reus*, feb 2018.
- F. T. Moreira, A. Magalhaes, F. Ramos, and M. Vairinhos. The power of the internet of things in education: an overview of current status and potential. In *Citizen, Territory and Technologies: Smart Learning Contexts and Practices: Proceedings of the 2nd International Conference on Smart Learning Ecosystems and Regional Development-University of Aveiro, Portugal, 22-23, June 2017 2*, pages 51–63. Springer, 2018.
- A. N. Nambiar. Rfid technology: A review of its applications. In *Proceedings of the world congress on engineering and computer science*, volume 2, pages 20–22. International Association of Engineers Hong Kong, China, 2009.
- OECD and S. O. of the European Communities. *Oslo Manual*. 2005. doi: <https://doi.org/https://doi.org/10.1787/9789264013100-en>. URL <https://www.oecd-ilibrary.org/content/publication/9789264013100-en>.
- M. J. Page, J. E. McKenzie, P. M. Bossuyt, I. Boutron, T. C. Hoffmann, C. D. Mulrow, L. Shamseer, J. M. Tetzlaff, E. A. Akl, S. E. Brennan, et al. Declaración prisma 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española de Cardiología*, 74(9):790–799, 2021.
- A. Pan, J. Raposo, M. Álvarez, P. Montoto, V. Orjales, J. Hidalgo, L. Ardao, A. Molano, and Á. Viña. The denodo data integration platform. In *VLDB'02: Proceedings of the 28th International Conference on Very Large Databases*, pages 986–989. Elsevier, 2002.

- E. Park, Y. Cho, J. Han, and S. J. Kwon. Comprehensive approaches to user acceptance of internet of things in a smart home environment. *IEEE Internet of Things Journal*, 4(6):2342–2350, 2017.
- R. S. Peres, X. Jia, J. Lee, K. Sun, A. W. Colombo, and J. Barata. Industrial artificial intelligence in industry 4.0-systematic review, challenges and outlook. *IEEE Access*, 8:220121–220139, 2020.
- V. Podolskiy, Y. Ramirez, A. Yenel, S. Mohyuddin, H. Uyumaz, A. N. Uysal, M. Assali, S. Drugalev, M. Gerndt, M. Friessnig, et al. Practical education in iot through collaborative work on open-source projects with industry and entrepreneurial organizations. In *2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, pages 1–9. IEEE, 2018.
- K. Pozos-Pérez, G. Herrera-Urizar, P. Rivera-Vargas, and C. Alonso-Cano. Use of mobile phones in classrooms and digitalisation of educational centres in barcelona. *Education Sciences*, 13(1):21, 2022.
- P. Pruet, C. S. Ang, D. Farzin, and N. Chaiwut. Exploring the internet of “educational things”(ioet) in rural underprivileged areas. In *2015 12th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)*, pages 1–5. IEEE, 2015.
- M. Qiu. Discussion on application of informatization in mcu course. In M. Atiquzzaman, N. Yen, and Z. Xu, editors, *Big Data Analytics for Cyber-Physical System in Smart City*, pages 16–21, Singapore, 2020a. Springer Singapore.
- M. Qiu. Discussion on application of informatization in mcu course. In *Big Data Analytics for Cyber-Physical System in Smart City: BDCPS 2019, 28-29 December 2019, Shenyang, China*, pages 16–21. Springer, 2020b.
- S. Ray, Y. Jin, and A. Raychowdhury. The changing computing paradigm with internet of things: A tutorial introduction. *IEEE Design & Test*, 33(2):76–96, 2016.
- K. Rose, S. Eldridge, and L. Chapin. The internet of things: An overview. *The internet society (ISOC)*, 80:1–50, 2015.
- A. Sahu and S. Samantaray. Digitalization of education: Rural india’s potential to adapt to the digital transformation as new normality. In *Biologically Inspired Techniques in Many Criteria Decision Making: Proceedings of BITMDM 2021*, pages 377–388. Springer, 2022.

- A. Scavarelli, A. Arya, and R. J. Teather. Virtual reality and augmented reality in social learning spaces: a literature review. *Virtual Reality*, 25: 257–277, 2021.
- P. Sethi, S. R. Sarangi, et al. Internet of things: architectures, protocols, and applications. *Journal of electrical and computer engineering*, 2017, 2017.
- C. Shi, J. Liu, H. Liu, and Y. Chen. Smart user authentication through actuation of daily activities leveraging wifi-enabled iot. In *Proceedings of the 18th ACM international symposium on mobile ad hoc networking and computing*, pages 1–10, 2017.
- J. Silva, L. d. C. V. Pacheco, K. P. Negrete, J. C. Niño, O. B. P. Lezama, and N. Varela. Design and development of a custom system of technology surveillance and competitive intelligence in smes. *Procedia Computer Science*, 151:1231–1236, 2019.
- R. Silva-López, H. P. Leyva, J. C. Velazquez, and J. F. Chávez. Personalized learning, a response to the discouragement of students to learn. In *ICERI2019 Proceedings*, pages 11336–11340. IATED, 2019.
- R. Sivapriyan, K. M. Rao, and M. Harijyothi. Literature review of iot based home automation system. In *2020 Fourth International Conference on Inventive Systems and Control (ICISC)*, pages 101–105. IEEE, 2020.
- X. Sun, Y. Fu, W. Zheng, Y. Huang, and Y. Li. Big educational data analytics, prediction and recommendation: A survey. *Journal of Circuits, Systems and Computers*, 31(09):2230007, 2022.
- J. Tague-Sutcliffe. An introduction to informetrics. *Information Processing Management*, 28(1):1–3, 1992. ISSN 0306-4573. doi: [https://doi.org/10.1016/0306-4573\(92\)90087-G](https://doi.org/10.1016/0306-4573(92)90087-G). URL <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/030645739290087G>.
- A. K. Thakkar and V. Ukani. Iot-based smart doorbell: A review on technological developments. *Next Generation of Internet of Things: Proceedings of ICNGIoT 2022*, pages 219–229, 2022.
- P. Thornton and C. Houser. Using mobile phones in education. In *The 2nd IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education, 2004. Proceedings.*, pages 3–10. IEEE, 2004.

- A. Tiol-Carrillo. Aplicación de las tecnologías en la educación en odontología durante la pandemia por covid-19. *Revista de la Asociación Dental Mexicana*, 78(3):155–161, 2021.
- M. Turkanović, M. Hölbl, K. Košič, M. Heričko, and A. Kamišalić. Eductx: A blockchain-based higher education credit platform. *IEEE access*, 6: 5112–5127, 2018.
- J. G. Veintimilla, J. F. ULLOA, and M. A. Veintimilla. Transformación de la educación superior por medio del surgimiento del internet de las cosas (iot). In *CISCI 2017-Decima Sexta Conferencia Iberoamericana En Sistemas, Cibernética e Informatica, Decimo Cuarto Simposium Iberoamericano En Educacion, Cibernética e Informatica, SIECI 2017-Memorias*, pages 278–282, 2017.
- K. Williamson and R. Kizilcec. A review of learning analytics dashboard research in higher education: implications for justice, equity, diversity, and inclusion. In *LAK22: 12th International Learning Analytics and Knowledge Conference*, pages 260–270, 2022.
- I. Yakovenko, L. Kulumbetova, I. Subbotina, G. Zhanibekova, and K. Bizhanova. The blockchain technology as a catalyst for digital transformation of education. *Technology*, 10(01):886–897, 2019.
- G. Yascaribay, M. Huerta, M. Silva, and R. Clotet. Performance evaluation of communication systems used for internet of things in agriculture. *Agriculture*, 12(6):786, 2022.