

Estudio bibliométrico de nuevas tecnologías de mantenimiento en el periodo  
2010-2020

Alex Maximiliano Cárdenas Camargo

Trabajo de Grado para Optar al Título de Especialista en Gerencia de  
Mantenimiento

Director  
Jabid Eduardo Quiroga Méndez  
Doctorado en Ingeniería Civil

Universidad Industrial de Santander  
Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas  
Escuela de Ingeniería Mecánica  
Especialización en Gerencia de Mantenimiento  
Bucaramanga  
2022

## **Dedicatoria**

A mi familia por ser el ejemplo que seguir, por la guía, el amor y respeto infundido, por el acompañamiento y la unión, por ser la inspiración para avanzar en el éxito de este trabajo y en todos los aspectos de la vida, por sus consejos y palabras de ánimo.

A los docentes, por ser maestros de enseñanza y de experiencia, por todo su apoyo en el aprendizaje para lograr ser mejores personas y profesionales, por ofrecer su esfuerzo y compañía en este ciclo de preparación hacia un futuro mejor.

A los compañeros de clase que estuvieron participando en la construcción de las diferentes etapas del aprendizaje, por su confianza, amistad y compañía durante este tiempo.

## **Agradecimientos**

Agradezco a la Universidad Industrial de Santander por todo su apoyo, la disposición de siempre ayudar, el interés de enseñar de la mejor manera, por compartir toda información necesaria para el aprendizaje de los conocimientos, por su gestión tecnológica y equipos puestos a disposición para el correcto desarrollo de las actividades.

Agradezco a mi director de monografía Jabid Eduardo Quiroga Méndez por aportar los conocimiento y experiencia, por su disposición a ayudar, por su atención, asesoría, por su acompañamiento en todo el desarrollo de este trabajo, por su consejos y buen trato.

Agradezco a todo el equipo de docentes quienes aportaron sus conocimientos, a todo el equipo de gestión de Especialización en Gerencia de Mantenimiento de Santander y Bogotá.

## Contenido

Lista de Figuras .....	5
Lista de Tablas .....	6
Lista gráficos .....	7
Glosario .....	9
Resumen .....	11
Abstract .....	12
Introducción.....	13
1. Planteamiento del problema .....	13
2. Justificación del plan propuesto:.....	14
3. Objetivos .....	15
3.1 Objetivo General: .....	15
3.2 Objetivos Específicos:.....	15
4. Análisis de la literatura recopilada:.....	16
4.1 Marco teórico .....	16
4.1.1 Análisis bibliométrico de la producción de investigación realizada en la plataforma Sciencedirect aplicado a la revolución 4.0 en el período comprendido entre el año 2007 al 2017 .....	17
4.1.2 Análisis Bibliométrico de la Realidad Aumentada y su Relación con la Administración de Negocios .....	17
4.1.3 Detección y diagnóstico de fallas mediante técnicas de inteligencia artificial, un estado del arte .....	18
4.1.4 Realidad virtual y motivación en el contexto educativo: Estudio bibliométrico de los últimos veinte años de Scopus .....	18
4.1.5 Un enfoque conceptual para analizar los perfiles de las empresas manufactureras. sobre la Industria 4.0 en las economías emergentes .....	19
4.2 Marco conceptual .....	19
4.2.1 Bibliometría:.....	19
4.2.2 Leyes bibliométricas: .....	19
4.2.3 Indicadores bibliométricos:.....	20
4.2.4. Industria 4.0.....	21
4.2.5 Realidad virtual (VR):.....	21
4.2.6 Realidad Aumentada: .....	22
4.2.7 Inteligencia artificial: .....	22
4.3 Marco legal.....	23
5. Metodología .....	24
5.1 Procedimiento:.....	25

5.1.1 Tipo de análisis por coautoría y unidad de análisis por autor:.....	25
5.1.2 Tipo de análisis por coautoría y unidad de análisis por organizaciones:.....	28
5.1.3 Tipo de análisis por coautoría y unidad de análisis por países: .....	30
5.1.4 Tipo de análisis por co-ocurrencia y unidad de análisis por todas las palabreas claves:.....	33
5.1.5 Tipo de análisis por co-ocurrencia y unidad de análisis por todas las palabreas claves:.....	36
5.1.6 Tipo de análisis por citación y unidad de análisis por documentos: .....	39
5.1.7 Tipo de análisis por citación y unidad de análisis por fuente: .....	42
5.1.8 Tipo de análisis por citación y unidad de análisis por autor: .....	44
5.1.9 Tipo de análisis por citación y unidad de análisis por organización: .....	47
5.1.10 Tipo de análisis por citación y unidad de análisis por países: .....	50
6. Financiación 4.0 .....	52
7. Conclusiones .....	53
8. Recomendaciones.....	55
Bibliografía:.....	56

## Lista de Figuras

Figura 1. Clasificación de métodos de identificación y diagnóstico de falla con AI. Fuente (Hurtado Cortes, 2016).....	23
Figura 2. selección del tipo de análisis y método, fuente WOS. ....	25
Figura 3. registro de autores, fuente WOS .....	26
Figura 4. Visualización de la red de autores, fuente WOS.....	26
Figura 5. Visualización de organizaciones, fuente WOS .....	28
Figura 6. Visualización superposición red de organizaciones, fuente WOS	28
Figura 7. Visualización densidad de la red de organizaciones, fuente WOS	28
Figura 8. Visualización países, fuente WOS. ....	30
Figura 9. Visualización red, superposición y densidad de países respectivamente, fuente WOS .....	31
Figura 10. Visualización palabras clave, fuente WOS .....	33
Figura 11. Visualización palabras clave en red, superposición y densidad respectivamente, fuente WOS.....	34
Figura 12. Visualización palabras clave con ocurrencia .....	36
Figura 13. Visualización todas las palabras clave red, superposición y densidad respectivamente, fuente WOS.....	37
Figura 14. Visualización todas las citas y documentos, fuente WOS .....	39
Figura 15. Visualización todas las citas y documentos, red superposición y densidad respectivamente, fuente WOS.....	40
Figura 16. Visualización fuentes, citas y documentos, fuente WOS .....	42
Figura 17. Visualización densidad de fuentes, fuente WOS. ....	42
Figura 18. Visualización autores documentos y citas, fuente WOS...44	
Figura 19. Visualización autores documentos y citas, red superposición y densidad respectivamente, fuente WOS .....	45
Figura 20. Visualización organizaciones, documentos y citas, fuente WOS	47
Figura 21. Visualización organizaciones documentos y citas, red superposición y densidad respectivamente, fuente WOS .....	48
Figura 22. Visualización países, documentos y citas, fuente WOS ...	50
Figura 23. Visualización países documentos y citas, red superposición y densidad respectivamente, fuente WOS.....	50

## Lista de Tablas

Tabla 1.	Autores, fuente propia.....	27
Tabla 2.	Organizaciones, fuente propia.....	29
Tabla 3.	Países, fuente propia.....	32
Tabla 4.	Palabras clave, fuente propia.....	35
Tabla 5.	Todas las palabras clave, fuente propia.....	38
Tabla 6.	Citación por documentos, fuente propia .....	41
Tabla 7.	Citación por fuente, diseño propio .....	43
Tabla 8.	Citación por autor, fuente propia .....	46
Tabla 9.	Citación por organización, fuente propia .....	49
Tabla 10.	Citación por Países, fuente propia.....	51

## Lista gráficos

Gráfico 1.	Autores, fuente propia.....	27
Gráfico 2.	Organizaciones, fuente propia.....	29
Gráfico 3.	Países, fuente propia.....	32
Gráfico 4.	Palabras clave, fuente propia .....	35
Gráfico 5.	Todas las palabras clave, fuente propia .....	38
Gráfico 6.	Citación por documentos, fuente propia. ....	41
Gráfico 7.	Citación fuente, diseño propio .....	43
Gráfico 8.	Citación por autor, fuente propia .....	46
Gráfico 9.	Citación por organización .....	49
Gráfico 10.	Citación por Países, fuente propia.....	51

## **Lista de Apéndices**

“Los apéndices están adjuntos y puede visualizarlos en la base de datos de la biblioteca UIS”

## Glosario

Las siguientes definiciones se tomaron del libro de (Fernando Jiménez Raya, 2015):

**Conexiones:** dispositivos o elementos a través de los que se conectan los distintos aparatos.

**Proceso:** conjunto de operaciones realizadas con el fin de conseguir un propósito final.

**Repuesto:** pieza igual a otra susceptible de sustitución.

**Sensor:** dispositivo que capta la variación de una magnitud física.

Las siguientes definiciones se tomaron del libro de (Linares González, 2018)

**Automático:** que funciona en todo o en parte por sí solo.

**Comunicación:** transmisión de señales mediante un código común al emisor y al receptor.

**Costo:** cantidad que se da o se paga por algo.

**Dato:** información dispuesta de manera adecuada para su tratamiento por un ordenador.

**Detección:** acción y efecto de detectar.

**Digital:** señal a partir de valores discretos.

**Hardware:** conjunto de los componentes que integran la parte material de una computadora.

**Información:** comunicación o adquisición de conocimientos que permiten ampliar o precisar los que se poseen sobre una materia determinada.

Las siguientes definiciones se tomaron del libro del glosario de términos de mantenimiento en Colombia de ACIEM Rev. 2018, (*Auditoria Mantenimiento Industrial - Buscar Con Google*, 2018)

**Base de datos:** conjunto estructurado de datos pertenecientes a un mismo contexto y almacenados sistemáticamente para su posterior.

**Herramienta:** elementos que permiten hacer los trabajos de forma productiva, facilitando el desarrollo de tareas específicas.

**Investigación:** realización de actividades intelectuales y experimentales de modo sistemático con el propósito de aumentar los conocimientos sobre una determinada tarea. (RAE).

**Mantenimiento automático:** mantenimiento efectuado sin intervención humana.

**Mantenimiento:** conjunto de procesos técnicos y administrativos orientados a conservar o restaurar un equipo al estado en el cual pueda desempeñar la función requerida.

**Medición:** etapa del proceso de diagnóstico que consiste en hallar la dimensión, cantidad o calidad de una variable, pudiendo ser en términos cuantitativos o cualitativos.

**Presupuesto:** valoración estimada de los costos necesarios para la organización y/o proceso para un periodo determinado.

Las siguientes definiciones se tomaron de (*Diccionario / Definición / Diccionario de La Lengua Española / RAE - ASALE, n.d.*)

**Análisis:** distinción y separación de las partes de algo para conocer su composición.

**Coautoría:** participación como coautor en la realización de algo.

**Correlacionar:** establecer una correlación o correspondencia entre dos o más cosas.

**Cuantitativo:** perteneciente o relativo a la cantidad.

**Indicador:** que indica o sirve para indicar.

**Innovación:** creación o modificación de un producto, y su introducción en un mercado.

**Inteligencia artificial:** disciplina científica que se ocupa de crear programas informáticos que ejecutan operaciones comparables a las que realiza la mente humana, como el aprendizaje o el razonamiento lógico.

**Internet:** red informática mundial, descentralizada, formada por la conexión directa entre computadoras mediante un protocolo especial de comunicación.

**Realidad virtual:** representación de escenas o imágenes de objetos producida por un sistema informático, que da la sensación de su existencia real.

**Sistemático:** que sigue o se ajusta a un sistema.

**Tecnología:** conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico.

**Tendencia:** propensión o inclinación en las personas y en las cosas hacia determinados fines.

**Vanguardia:** en primera posición, en el punto más avanzado, adelantado a los demás.

## Resumen

**Título:** Estudio bibliométrico de nuevas tecnologías de mantenimiento en el periodo 2010-2020\*

**Autor:** Alex Maximiliano Cárdenas Camargo\*\*

**Palabras Clave:** Mantenimiento, Tecnologías, Realidad virtual, realidad aumentada, inteligencia artificial, industria 4.0.

El presente estudio bibliométrico detalla la recopilación realizada en la producción de la investigación científica de las nuevas tecnologías más relevantes o innovadoras usadas en mantenimiento, mediante herramientas sistemáticas como Web of Science donde se correlacionaron los registros de la colección principal de WOS y Vos Viewer en el periodo 2010 -2020.

Inicialmente se tomó una muestra de 1200 registros, para su análisis y medición se emplearon indicadores bibliométricos y se interpretaron los datos obtenidos mediante la creación de mapas de Coautoría donde se obtiene 612 autores de los cuales solo 14 están conectados, 275 fuentes organizacionales con 11 coautorías, citación de 1209 palabras con 152 coocurrencias, 48 países con 39 coautorías y 150 documentos con 65 ocurrencias. También se obtienen otros análisis por citación con resultados similares, de manera tal que se pudo identificar las tendencias de uso actuales, así:

A partir de este análisis bibliométrico se estableció que las tecnologías más prometedoras para incursionar en mantenimiento son la Industria 4.0 con 14 ocurrencias, realidad aumentada con 9 ocurrencias, internet de las cosas, machine learning, inteligencia artificial, realidad virtual y aumentada con 7 respectivamente. Así mismo se identificó que los países líderes son China, Italia, Inglaterra, Usa, Australia, India, Finlandia, Alemania, Brasil. De igual forma se pudo identificar las universidades líderes en el campo son: Western Sydney University, Delf University, Cranfield University, Hohai University.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Director: Jabid Eduardo Quiroga Méndez. Doctorado en Ingeniería Civil.

## Abstract

**Title:** Bibliometric study of new maintenance technologies in the period 2010-2020\*

**Author:** Alex Maximiliano Cárdenas Camargo\*\*

**Keywords:** Maintenance, Technologies, Virtual reality, augmented reality, artificial intelligence, industry 4.0.

The present bibliometric study details the compilation carried out in the production of scientific research of the most relevant or innovative new technologies used in maintenance, through systematic tools such as Web of Science where the records of the main collection of WOS and Vos Viewer were correlated in the period 2010 -2020.

Initially a sample of 1200 records was taken, for its analysis and measurement bibliometric indicators were used and the data obtained was interpreted by creating co-authorship maps where 612 authors are obtained, of which only 14 are connected, 275 organizational sources with 11 co-authorships, citation of 1209 words with 152 co-occurrences, 48 countries with 39 co-authorships and 150 documents with 65 occurrences. Other analyses by citation with similar results are also obtained, in such a way that current usage trends could be identified, as follows:

From this bibliometric analysis, it was established that the most promising technologies to venture into maintenance are Industry 4.0 with 14 occurrences, augmented reality with 9 occurrences, internet of things, machine learning, artificial intelligence, virtual and augmented reality with 7 respectively. Likewise, it was identified that the leading countries are China, Italy, England, USA, Australia, India, Finland, Germany, Brazil. Similarly, it was possible to identify the leading universities in the field: Western Sydney University, Delf University, Cranfield University, Hohai University.

---

\* Degree Work

\*\* School of Mechanical Engineering. Specialization in Maintenance Management. Director: Jabid Eduardo Quiroga Méndez. Doctorate in Civil Engineering

## **Introducción**

### **1. Planteamiento del problema**

Según (Campos Soto et al., 2019) las tecnologías de la información y comunicación han acontecido grandes cambios en todos los sectores de la sociedad actual, pero, especialmente en el ámbito educativo, promoviendo el desarrollo de nuevas metodologías. Algunas de estas tecnologías son la Realidad Virtual (VR), la Inteligencia Artificial (IA), entre otras. En ese estudio se encontró que en los últimos 20 años la VR ha tenido una gran trascendencia y crecimiento exponencial desde 0,27% en 1998 a 14,48% en 2018. Según estos datos nace el interés de continuar investigando su evolución como metodología para mejorar la calidad de enseñanza y aprendizaje no sólo en ámbito educativo si no también en el ámbito Industrial especialmente en el área de mantenimiento.

Según (Castillo, 2019) la medición de las nuevas tecnologías (Industria 4.0) para la industria y mantenimiento son escasas debido a que es un tema nuevo que está surgiendo y su implementación está tomado camino como resultado del avance tecnológico de la cuarta revolución industrial. De acuerdo con esto Surge la necesidad de hacer investigación científica sobre la integración de las nuevas tecnologías digitales con la industria y en especial con el área de mantenimiento a través de un estudio bibliométrico, analizando la base de datos actuales en Web of Science durante la última década 2012 a 2020.

Basado en lo anterior se define la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo medir el uso actual de las nuevas tecnologías de mantenimiento a partir de un estudio bibliométrico sobre la producción de investigación científica?

Como solución a esta pregunta es necesario identificar los datos actuales en el marco de la investigación cuantitativa para conocer su desarrollo, limitantes, robustez y mayores aplicaciones.

## **2. Justificación del plan propuesto:**

Es importante conocer los datos actuales sobre la producción de investigación científica de las nuevas tecnologías usadas en el mantenimiento industrial, a través de la medición de la literatura y análisis de los datos, con el fin de conocer el panorama de su estado presente y su tendencia en cuanto a los beneficios y obstáculos que puede ofrecer su aplicación.

Los estudios bibliométricos permiten analizar la producción de investigación de manera cuantitativa de tal forma que podemos medir e identificar el impacto de las publicaciones en varios entornos como el académico e investigativo. La medición del estado del arte sobre las nuevas tecnologías en mantenimiento es escasa y se requiere hacer uso de mecanismos como los estudios bibliométricos para tener una visión global de la literatura existente.

Es necesario dar a conocer los resultados cuantitativos obtenidos de esta investigación porque servirán para saber la evolución, el impacto y la aplicación de las nuevas tecnologías en el mantenimiento, su estado actual y futuro además de generar estadísticas e indicadores y como se benefician las empresas con su uso ya que permitirán mejorar el desempeño del personal técnico, reducir tiempos de reparaciones, diagnóstico y reducción de costos entre otros beneficios.

El uso de indicadores bibliométricos “permite orientar a la planificación de inversiones y de carreras, evaluación de proyectos, justificación ante la sociedad de los presupuestos para investigación, está directamente relacionada con el desarrollo humano y social de un país” (Castillo, 2019)

Al obtener los resultados objeto de esta investigación se puede facilitar la toma de decisiones como por ejemplo identificar cual tecnología es la más adecuada y de mayor uso en la industria en especial en área de mantenimiento, se puede conocer cual es la tendencia a nivel mundial para estar en la vanguardia y esto a su vez permitiría a las empresas innovar en tecnología y crecer sostenidamente al igual que sustentablemente.

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo General:**

Emplear indicadores bibliométricos para análisis y medición de la información relacionada a las nuevas “tecnologías en mantenimiento” mediante herramientas sistemáticas como Web of Science y Vos Viewer en el periodo 2010 -2020.

#### **3.2 Objetivos Específicos:**

Realizar un análisis bibliométrico sobre las tecnologías utilizadas en mantenimiento en el periodo 2010 a 2020.

Identificar los tipos de análisis por coautoría, coocurrencia y citación que permitan medir la producción de la investigación científica en el tema de estudio “tecnologías en mantenimiento”.

Correlacionar los registros de la colección principal de WOS e Interpretar los datos obtenidos mediante la creación de mapas de Coautoría, coocurrencia y citación de palabras claves, autores, fuentes, organizaciones y países de manera tal que se pueda identificar las tendencias de uso actuales.

A partir del análisis de los resultados bibliométricos establecer que tecnologías son las más prometedoras para incursionar, que países son líderes, que universidades son líderes y cuales tienen mayor oportunidad de financiamiento.

## **4. Análisis de la literatura recopilada:**

### **4.1 Marco teórico**

Según (Garcia Rozo, 2020) los paradigmas de la forma de conversión de las industrias han sido modificados por las tecnologías emergentes a través de las revoluciones industriales desde la primera 1750-1840, la segunda a mediados del siglo XIX y principios del siglo XX, la tercera 1960-1990 y la cuarta actualmente, cambiando y enlazando relaciones hombre-máquina, proveedores, productores y consumidores. Es así como la evolución ha formado conceptos como el término Industria 4.0 el cual abarca a varias tecnologías hoy en día, por ejemplo inteligencia artificial (Lee et al., 2018) y sus aplicaciones industriales (*Artificial Intelligence in Industrial Applications*, 2021) como cadenas de suministro inteligentes que combinadas con el ciclo de vida del producto contribuyen a compartir e integrar datos en todas sus etapas de ciclo y aprendizaje automático (Rupali & Amit, 2017).

Otros conceptos como el Internet de las cosas robóticas que reúne sensores y objetos omnipresentes con sistemas robóticos y autónomos lo que mejorará capacidades y creará nuevos servicios (Simoens et al., 2018).

(Baquero Celis, 2018) expone conceptos de la realidad aumentada como una visión desde un dispositivo tecnológico del entorno físico real, combinaciones de objetos reales con virtuales.

En el estado del arte se indagó sobre las nuevas tecnologías en el mantenimiento industrial, la consulta de información se hace a través de la biblioteca UIS encontrando que la información es algo escasa en esta área y es así como se tuvieron en cuenta para la recopilación de información y datos algunos trabajos generales referentes en la Industria 4.0, la realidad virtual, la realidad aumentada, la inteligencia artificial.

Se hace uso de un estudio bibliométrico y los datos serán analizados a través de la clasificación de la información mediante los indicadores bibliométricos como lo son los de producción diacrónica, producción personal, indicadores de dispersión, indicadores de impacto y mapa bibliométrico. Se consultan algunos trabajos donde se relacionan los estudios bibliométricos que pueden

servir de referencia para nuestro propósito de investigación, entre los siguientes:

#### ***4.1.1 Análisis bibliométrico de la producción de investigación realizada en la plataforma Sciencedirect aplicado a la revolución 4.0 en el período comprendido entre el año 2007 al 2017***

*Autor: Angela Paola castillo Aguirre*

En este trabajo se hace uso de la base de datos Sciencedirect y Angela propone un análisis bibliométrico el cual permitió cuantificar y medir la producción de investigación científica para Industria 4.0 y conceptos similares donde encontró que la mayor investigación se hace en Alemania, consecuente a esto el mayor numero de citas es de Estados Unidos con 838 y se destaca el artículo A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems (Lee et al., 2015).

En esta investigación la autora aporta al estudio bibliométrico y evidencia que aún hay limitaciones por la falta de información lo que revela el menester de ampliar la información en futuras investigaciones de acuerdo con la evolución de esta.

#### ***4.1.2 Análisis Bibliométrico de la Realidad Aumentada y su Relación con la Administración de Negocios***

*Autores: Alejandro Álvarez Marín, Mauricio Castillo Vergara y Cristian Geldes González*

En este estudio se analiza la relación de la realidad aumentada con la administración de negocios con el foco técnico y el foco entre la tecnología y las personas, hace uso de la base de datos Web of Science. Destaca que la realidad aumentada tuvo un crecimiento en el año 2013 en cuanto a cantidad de citas y artículos además de mencionar algunos ejemplos de temas de impacto como: un sistema para asistir a técnicos de mantenimiento (Zhu et al., 2013), uso en procesos manufactureros (Wang et al., 2016), uso en manuales de operación (Re, G., Oliver, 2016)

El aporte de los autores contribuye a clasificar algunos de los usos de la realidad aumenta lo que permite guiar las investigaciones para trabajos futuros y como poco a poco se están adoptando esta tecnología.

#### ***4.1.3 Detección y diagnóstico de fallas mediante técnicas de inteligencia artificial, un estado del arte***

*Autores: Luini Leonardo Hurtado Cortés, Edwin Villarreal López, Luís Villarreal López*

En este artículo los autores relacionan la inteligencia artificial con la detección y diagnóstico de fallas partiendo de una comparación de las metodologías existentes y teniendo en cuenta las características deseables en un sistema de detección de fallas.

Los autores aportan al conocimiento y concluyen que las estrategias deberán enfocarse en mejorar la robustez y adaptabilidad de estos sistemas que a su vez posibilite el desarrollo de esta técnica. Métodos basados en modelos cuantitativos y cualitativos (Venkatasubramanian, Rengaswamy, & Kavuri, 2003; Venkatasubramanian, Rengaswamy, Kavuri, et al., 2003; Venkatasubramanian, Rengaswamy, Yin, et al., 2003)

#### ***4.1.4 Realidad virtual y motivación en el contexto educativo: Estudio bibliométrico de los últimos veinte años de Scopus***

*Autores: María Natalia Campos Soto, Magdalena Navas Parejo, Antonio José Moreno Guerrero.*

Analiza la situación de las investigaciones en la base de datos de Scopus sobre la realidad virtual en el ámbito educativo y del cual evidencia un crecimiento del 14,48% para el año 2018. Finalmente plantea llevar a cabo más estudios con características similares en futuras investigaciones

Los autores aportan a la investigación con datos relevantes según los indicadores bibliométricos y proponen continuar indagando en este campo con el objetivo de seguir midiendo y como se fomenta la motivación y la mejora del aprendizaje con el uso de esta tecnología. Finalmente “En estos próximos años aumentará la tendencia y producción sobre todo en este tipo de

tecnología aplicada a la educación a partir de la utilización de los smartphones” (Aznar Díaz et al., 2018)

#### ***4.1.5 Un enfoque conceptual para analizar los perfiles de las empresas manufactureras. sobre la Industria 4.0 en las economías emergentes***

*Autores: Djerdj Horvata, Thomas Stahleckera, Andrea Zenkera, Christian Lercha, Marko Mladineob*

Los autores proponen una base conceptual que contribuye a comprender la evolución de la Industria 4.0 y su tendencia en las economías emergentes donde existe posibilidad de adopción tecnológica y también halla un entorno favorable de desarrollo en la industria. (Horvat et al., 2018)

Este artículo ayuda a tener una idea de como es la preparación del sector manufacturero hacia la Industria 4.0 en las economías emergentes bajo un modelo operativo.

## **4.2 Marco conceptual**

Los principales conceptos utilizados en este proyecto fueron a través de palabras claves objeto de este estudio como Industria 4.0, realidad virtual, realidad aumentada, inteligencia artificial, tecnología, industria, mantenimiento. Se hizo uso de un estudio bibliométrico como medio cuantitativo del análisis de datos según sus indicadores bibliométricos correspondientes.

### ***4.2.1 Bibliometría:***

Se basa en el cálculo y análisis de los datos cuantificables en la producción y la información científica (King, 2020)“La cuantificación de las publicaciones es el elemento básico de la mayor parte de los estudios bibliométricos” (Tomás-Górriz & Tomás-Casterá, 2018).

### ***4.2.2 Leyes bibliométricas:***

La búsqueda de los comportamientos a través del tiempo en la producción y consumo de la producción científica a permitido clasificarse en leyes

bibliométricos como la ley de productividad de los autores (Ley de Lotka), la ley de dispersión de la bibliografía científica (Ley de Bradford), ley de crecimiento exponencial (Ley de Price), ley de obsolescencia de la bibliografía científica. (Ardanuy, 2012).

#### **4.2.3 Indicadores bibliométricos:**

Son datos numéricos calculados que sirven para expresar cuantitativamente las características bibliográficas de un documento y sus relaciones a través del tiempo con otros conjuntos de documentos en distintas ubicaciones, institutos, materias, banco de datos (Ardanuy, 2012).

**4.2.3.1 Indicadores personales.** Corresponden al autor y sus características como edad, sexo, profesión, país de origen entre otras y se obtiene la distribución porcentual de los trabajos publicados en serie. (pág. 16).

**4.2.3.2 Indicadores de producción.** Resultan del número de publicaciones científicas producidas por un autor, un área específica, una academia, un país y a través del tiempo. Este indicador se basa en el logaritmo decimal del número de producciones publicadas y se puede obtener relaciones entre número medio de trabajos por autor o viceversa (pág. 17).

**4.2.3.3 Indicadores de dispersión.** Permiten verificar la ley de Bradford de la bibliografía científica Según Álvarez estos indicadores describen la relación cuantitativa entre el número de revistas y artículos científicos en función del área de publicación (Alvarez-Marin et al., 2017). Lo que correspondería a tener un número de documentos indexados y distribuidos en un número de zonas y un núcleo.

**4.2.3.4 Indicadores de impacto.** Estos indicadores relacionan la producción científica en función de la tipología de los documentos y país de publicación (entre otras relaciones) localizando geográficamente las instituciones que más investigan sobre un tema relacionado en las bases de datos existentes. (pág. 55).

#### **4.2.4. Industria 4.0**

De acuerdo con (Cavanillas et al., 2016) el termino de Industria 4.0 apareció en año 2011 en la feria de Hannover y se fue expandiendo a través del tiempo principalmente en Europa y resto de países.

La Industria 4.0 o también conocida como la cuarta revolución industrial inicia sus albores en Alemania al ser un país desarrollado y precursor de la tecnología en el ámbito industrial. A través del tiempo este concepto se ha expandido en otras regiones y va de la mano con el desarrollo y competitividad mundial mediante la aplicación o integración de varias tecnologías entre las que se puede mencionar el internet de las cosas (IoT) y servicios (IoS), sistemas cibernéticos (CPS), Big data, realidad virtual (VR), realidad aumentada (AR), inteligencia artificial (AI) (Basco et al., 2018)

La industria 4.0 reúne el aprendizaje automático, la nube y el Internet de cosas para crear soluciones más inteligentes (Bromage, 2018). Es así como esta tecnología permite aumentar la productividad, mejorar la calidad de los productos, reducir los costos de operación, en general aumentar la rentabilidad de una empresa.

La realidad virtual, la inteligencia artificial y aprendizaje automático en un ambiente industrial permiten adelantarse a los fallos, identificar repuestos, hacer reparaciones de mantenimiento de forma remota y guiada sin tener que estar en sitio un experto, llevar análisis de datos y visualización en tiempo real de la mano con la toma de decisiones proactivas sobre el proceso.

#### **4.2.5 Realidad virtual (VR):**

La realidad virtual se define como diversas secuencias multimedia que simulan la realidad de forma casi fidedigna, generado por seres humanos mediante el uso de las tecnologías de la información y comunicación, siendo requisito para su utilización hardware específico (Díaz Arancibia et al., 2018)

Las tecnologías de vanguardia ayudan a conectar el personal de planta como por ejemplo los técnicos y operarios ubicados In-situ con el personal especialista Ingenieros y fabricantes ubicados en cualquier parte del mundo, lo que reduce costos de desplazamiento, reduce tiempos de diagnóstico e intervención y por ende los tiempos de falla se minimizan permitiendo hacer parte de las nuevas tecnologías que fomentan la motivación para el aprendizaje y se encuentra en auge

(Reynolds, 2019) destaca la aplicación y las herramientas de uso para esta tecnología por ejemplo las gafas como medio visual, los auriculares como medio auditivo, menciona que actualmente los auriculares AR / VR se implementan en toda la industria, incluida desde la del petróleo y del gas hasta la de los videojuegos.

#### ***4.2.6 Realidad Aumentada:***

Según (Farronato et al., 2019) la primera aplicación de realidad aumentada fue desarrollada por Ivan Edward Sunderland en 1968 con un binocular “efecto cinético de profundidad” compuesto por 2 tubos de rayos catódicos y la primera definición fue escrita por Tom Caudell de la industria Boeing.(Billinghurst et al., 2014), (Ong et al., 2008).

La Realidad Aumentada es accesible, por diversos medios, entre ellos el teléfono móvil (Innocenti et al., 2019) lo que la hace ser personalizable, accesible e interactiva (Nijman et al., 2019). Esta evolución a través de los dispositivos móviles posibilita relacionar las imágenes en tiempo real y la posición geográfica del usuario, con metadatos asociados y almacenados en un equipo informático (Fombona Cadavieco et al., 2012). Esto ha permitido que el usuario tenga una mayor motivación, concentración y enfoque con las actividades que está desarrollando lo que se traduce en la mejora de resolución de problemas.

#### ***4.2.7 Inteligencia artificial:***

“La IA tiene por objeto que los ordenadores hagan la misma clase de cosas que puede hacer la mente”(Boden & Pérez Parra, n.d.). Esto significa que los procesadores puedan hacer lo que nosotros los humanos hacemos con nuestros sentidos como razonar o pensar y poder tomar decisiones para alcanzar las metas. Hoy en día la IA se puede encontrar en robots el hogar, coches sin conductor, hospitales, oficinas, bancos, inclusive en el internet de las cosas ya que permite conectar los sensores con las redes

Las principales técnicas de inteligencia artificial son redes neuronales artificiales, sistemas de inferencia difusa y neuro difusa y los sistemas inmunes (Hurtado Cortes, 2016), es así como las redes neuronales y la lógica difusa tiene uso en la detección y diagnóstico de fallas en un ambiente industrial entre otros

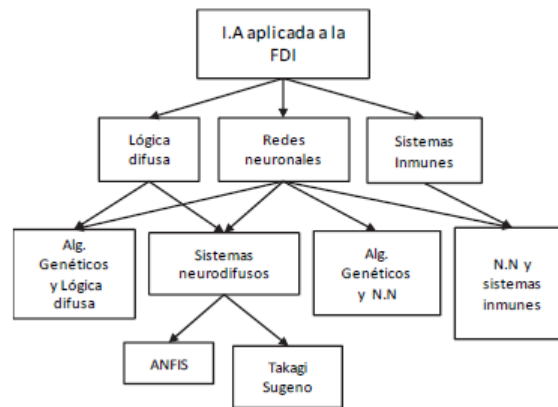


Figura 1. Clasificación de métodos de identificación y diagnóstico de falla con AI. Fuente (Hurtado Cortes, 2016).

Hoy en día la IA sigue en las áreas de investigación y se puede clasificar en categorías estratégicas orientadas a residuos como también al análisis de datos de entrada y salida de un determinado proceso en condiciones de operación normales con comparaciones para identificar los estados actuales en busca de fallas.

### 4.3 Marco legal

Uso de las normas APA 7th edición en referencias bibliográficas.

## 5. Metodología

Paso 1, adquirir información sobre cómo hacer un estudio bibliométrico, (Moreno Guerrero, 2019) relacionado con el uso de las tecnologías en el mantenimiento como la Industria 4.0, realidad virtual, realidad aumentada, inteligencia artificial.

Paso 2, a través de las bases de datos de la Universidad y con el conocimiento adquirido iniciar con el proceso de recopilación de información en el periodo de 2010 a 2020.

Paso 3, usar Software especializado para agrupar y visualizar la información de mejor forma. Se utilizará gestores de datos como Web of Science v5.35, biblioteca UIS, Mendeley, Google Scholar para recolectar referencias bibliográficas y citas de publicaciones en el periodo 2010 a 2020 y el Software VOSviewer Versión 1.6.17 como herramienta para construir y visualizar las redes bibliométricas.

La búsqueda se realizará utilizando palabras claves principalmente como mantenimiento (maintenance), Industria 4.0 (Industry) y tecnologías (technology) y relacionadas con realidad virtual, realidad aumentada, inteligencia artificial, las cuales atienden a las definiciones objeto de este estudio.

Se tomará una muestra de los artículos, revistas, autores, países y citas arrojados por la base de datos y serán clasificados por medio de indicadores bibliométricos para su correspondiente medición visualización y análisis de datos. De acuerdo con esto se podrá identificar.

La búsqueda de la información tiene lugar en el mes de octubre de 2021 y se ha tomado como guía otros estudios similares referentes a la temática en cuestión con estudios bibliométricos (Campos Soto et al., 2019), (Alvarez-Marin et al., 2017), (Hurtado Cortes, 2016), (Castillo, 2019)

Paso 4, a partir de los resultados obtenidos hacer análisis bibliométrico donde se señalen las tendencias y alternativas de investigación.

## 5.1 Procedimiento:

Se ingresa a la biblioteca virtual de la UIS y se accede a la base de datos Web of Science versión clásica y se inicia la búsqueda con las siguientes palabras claves: technology and maintenance and industry utilizando un filtro por periodo de tiempo de 10 años desde 2010 a 2020 y se obtiene un resultado de 1200 registros de la colección principal de WOS.

De esta lista se agregan los 150 primeros (correspondientes al 2020) a la lista de registros marcados y se continua con la extracción de estos a través del paso 1 donde se seleccionan todos los registros luego en el paso 2 selección de contenido se marcan todos los campos y en paso 3 se selecciona el destino “exportar a otros formatos de archivo” con formato de archivo “otro software de referencia” y se obtiene el archivo .txt para ser abierto mediante VOSviewer

En WOS se hace la interpretación de los datos eligiendo la opción para crear un mapa de Coautoría, co-ocurrencia de palabras clave, cita, acoplamiento bibliográfico o co-cita basado en datos bibliográficos.

### 5.1.1 Tipo de análisis por coautoría y unidad de análisis por autor:

Se obtiene 612 autores de los cuales solo 14 están conectados:

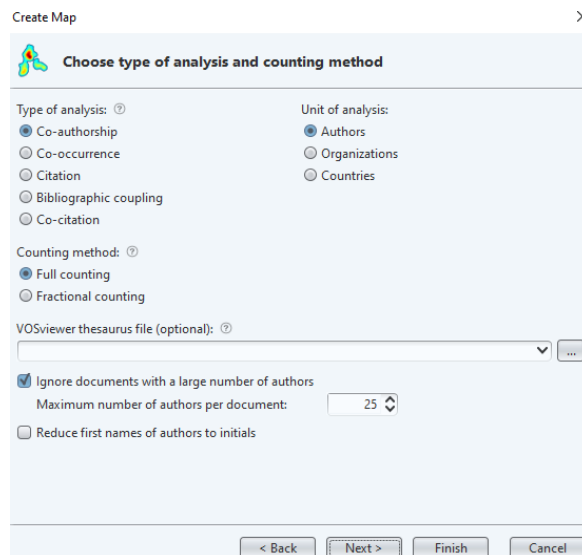



Figura 2. selección del tipo de análisis y método, fuente WOS.

Create Map ×

 **Verify selected authors**

Selected	Author	Documents	Citations	Total link strength <span style="font-size: small;">▼</span>
<input checked="" type="checkbox"/>	balthazar, celso f.	1	16	13
<input checked="" type="checkbox"/>	coutinho, nathalia m.	1	16	13
<input checked="" type="checkbox"/>	cruz, adriano g.	1	16	13
<input checked="" type="checkbox"/>	delorme, mariana m.	1	16	13
<input checked="" type="checkbox"/>	duart, maria carmela k. h.	1	16	13
<input checked="" type="checkbox"/>	freitas, monica q.	1	16	13
<input checked="" type="checkbox"/>	granato, daniel	1	16	13
<input checked="" type="checkbox"/>	guimaraes, jonas t.	1	16	13
<input checked="" type="checkbox"/>	margalho, larissa p.	1	16	13
<input checked="" type="checkbox"/>	pimentel, tatiana c.	1	16	13
<input checked="" type="checkbox"/>	rocha, ramon s.	1	16	13
<input checked="" type="checkbox"/>	sant'ana, anderson s.	1	16	13
<input checked="" type="checkbox"/>	silva, marcia c.	1	16	13
<input checked="" type="checkbox"/>	silva, ramon	1	16	13
<input checked="" type="checkbox"/>	abbas, zohaib	1	5	10
<input checked="" type="checkbox"/>	afzal, muhammad	1	5	10
<input checked="" type="checkbox"/>	ali, shafaqat	1	5	10
<input checked="" type="checkbox"/>	alnusairi, ghalia s. h.	1	5	10
<input checked="" type="checkbox"/>	el-esawi, mohamed a.	1	5	10
<input checked="" type="checkbox"/>	khan, aziz	1	5	10

Figura 3. registro de autores, fuente WOS

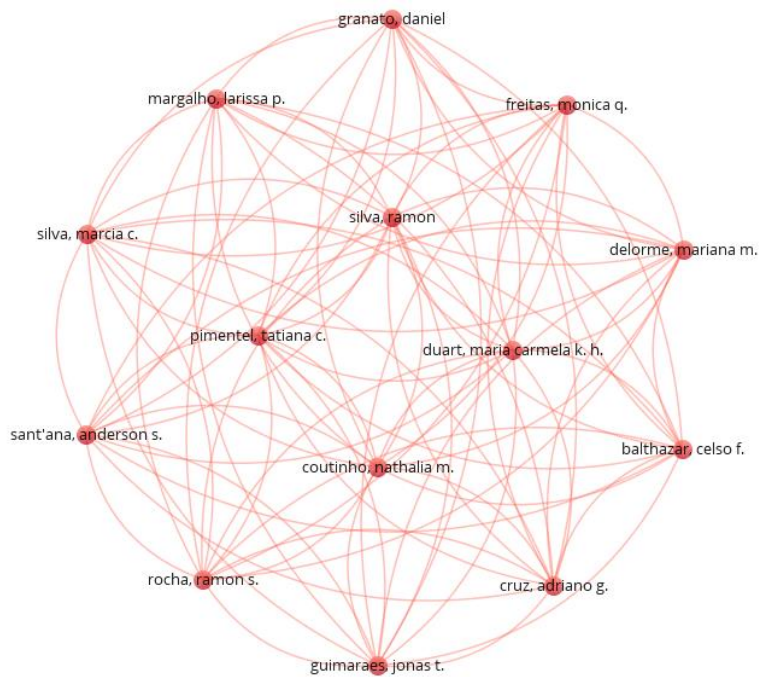


Figura 4. Visualización de la red de autores, fuente WOS

Autor	Citaciones	Documentos	Total	% De participación
Balthazar, Celso F.	16	1	16	6%
Coutinho, Nathalia m.	16	1	16	6%
Cruz, Adriano G.	16	1	16	6%
Delorme, Mariana M.	16	1	16	6%
Duart, Maria Carmela K. H.	16	1	16	6%
Freitas, monica Q.	16	1	16	6%
Granato, Daniel	16	1	16	6%
Guimaraes, Jonas T.	16	1	16	6%
Margalho, Larissa P.	16	1	16	6%
Pimentel, Tatiana C.	16	1	16	6%
Rocha, Ramon S.	16	1	16	6%
Santána, Anderson S.	16	1	16	6%
Silva, Marcia C.	16	1	16	6%
Silva, Ramon	16	1	16	6%
Abbas, Zohaib	5	1	5	2%
Afzal, Muhammad	5	1	5	2%
Ali, Shafagat	5	1	5	2%
Alnusairi, Ghalia S. H.	5	1	5	2%
El-Esawi, Mohamed A.	5	1	5	2%
Khan, Aziz	5	1	5	2%
Total general	254	20	254	100%

Tabla 1. Autores, fuente propia

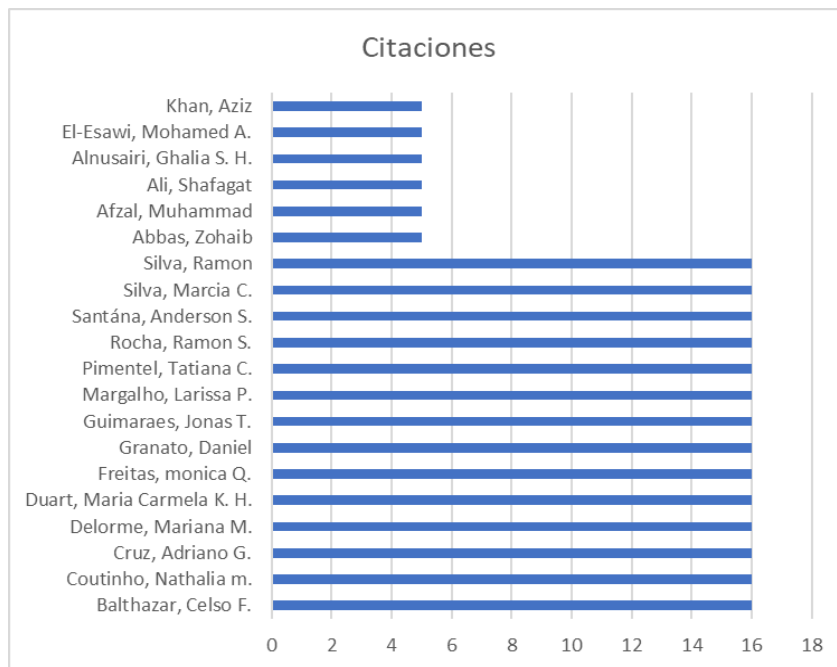


Gráfico 1. Autores, fuente propia

**Análisis:** En la figura 4 obtenida en WOS se visualiza la red de autores por coautoría, se puede observar un conglomerado de color rojo los cuales son de mayor relevancia por coautoría e influencia o mayor número de aportes, donde se obtiene 612 autores de los cuales solo 14 son centrales y con mayor número de artículos (16), conectados con una participación del 6%.

### 5.1.2 Tipo de análisis por coautoría y unidad de análisis por organizaciones:

Se obtienen 275 organizaciones con 11 coautorías:

Create Map

Verify selected organizations

Selected	Organization	Documents	Citations	Total link strength
<input checked="" type="checkbox"/>	delft univ technol	2	18	10
<input checked="" type="checkbox"/>	fudan univ	1	6	7
<input checked="" type="checkbox"/>	hohai univ	2	10	7
<input checked="" type="checkbox"/>	hong kong polytech univ	1	6	7
<input checked="" type="checkbox"/>	lamar univ	1	6	7
<input checked="" type="checkbox"/>	natl univ singapore	3	4	7
<input checked="" type="checkbox"/>	robert bosch gmbh	1	6	7
<input checked="" type="checkbox"/>	signify	1	6	7
<input checked="" type="checkbox"/>	wollo univ	1	6	7
<input checked="" type="checkbox"/>	abb corp res ctr	1	4	6
<input checked="" type="checkbox"/>	case western reserve univ	1	4	6
<input checked="" type="checkbox"/>	china med univ	1	5	6
<input checked="" type="checkbox"/>	cranfield univ	3	35	6
<input checked="" type="checkbox"/>	creaah	1	1	6
<input checked="" type="checkbox"/>	govt coll univ	1	5	6
<input checked="" type="checkbox"/>	guangxi bot garden med plants	1	5	6
<input checked="" type="checkbox"/>	huazhong univ sci & technol	1	4	6
<input checked="" type="checkbox"/>	imperial coll london	1	4	6
<input checked="" type="checkbox"/>	inst natl patrimoine paris	1	1	6
<input checked="" type="checkbox"/>	jouf univ	1	5	6

< Back   Next >   Finish   Cancel

Figura 5. Visualización de organizaciones, fuente WOS



Figura 6. Visualización superposición red de organizaciones, fuente WOS

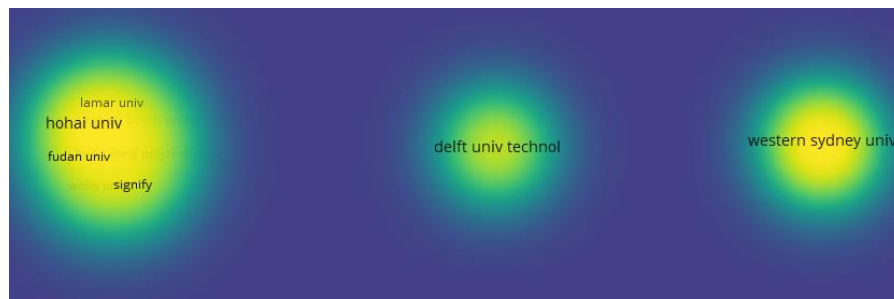


Figura 7. Visualización densidad de la red de organizaciones, fuente WOS

Organización	Citaciones	Documentos	Total	% De participación
Delft Univ. Technol	18	2	18	13%
Fundan Univ.	6	1	6	4%
Hohai Univ.	10	2	10	7%
Hong Kong Polytech Univ.	6	1	6	4%
Lamar Univ.	6	1	6	4%
Natl Univ. Singapore	4	3	4	3%
Robert bosch GMBH	6	1	6	4%
Signify	6	1	6	4%
Wollo Univ.	6	1	6	4%
Abb Corp. Res. Ctr.	4	1	4	3%
Case Western Reserve Univ.	4	1	4	3%
China Med. Univ.	5	1	5	4%
Cranfield Univ.	35	3	35	25%
Creaah	1	1	1	1%
Govt Coll Univ.	5	1	5	4%
Guangxi bot Garden Med plants	5	1	5	4%
Huazhong univ. Sci. & Technol	4	1	4	3%
Imperial Coll London	4	1	4	3%
Inst Natl Patrimoine Paris	1	1	1	1%
Jouf univ	5	1	5	4%
Total general	141	26	141	100%

Tabla 2. Organizaciones, fuente propia

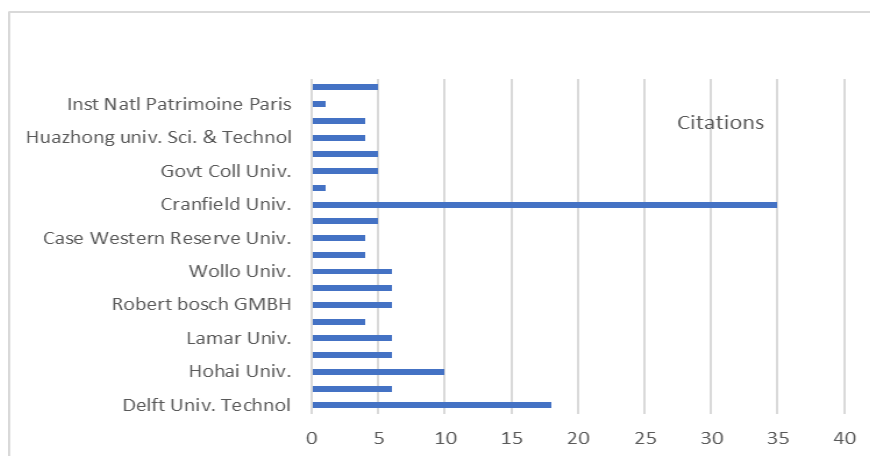



Gráfico 2. Organizaciones, fuente propia

**Análisis:** En la figura 6 y 7 obtenida se visualiza la red de autores por organizaciones, se puede observar el nodo de color verde y amarillo con mayor frecuencia, los cuales son de mayor coautoría e influencia o mayor número de aportes, donde se obtiene 275 organizaciones con 11 coautorías principales en cabeza la Universidad Cranfield en un 25%, siguiente de Delft Univ. Technol. 13%, Hohai Univ. 7% de participación, otras 10 Universidades con el 4%, 5 con el 3% y 1 %. Lo que indica participación del UK, países bajos, China, entre otros.

### 5.1.3 Tipo de análisis por coautoría y unidad de análisis por países:

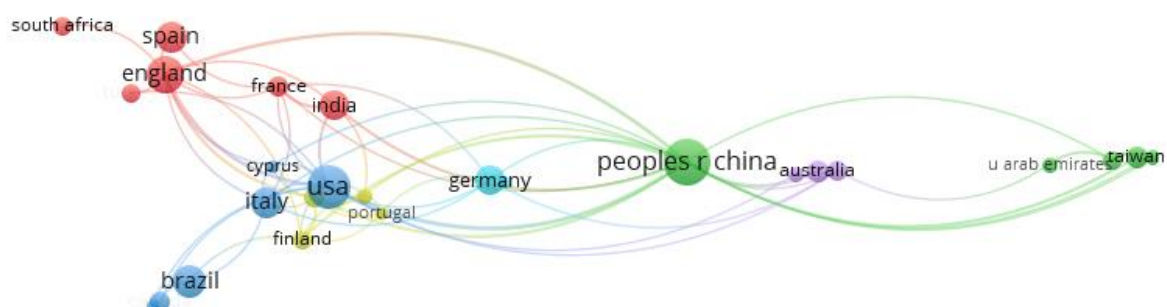
Se obtienen 48 países con 39 coautorías:

Create Map ×

 **Verify selected countries**

Selected	Country	Documents	Citations	Total link strength
<input checked="" type="checkbox"/>	peoples r china	25	159	29
<input checked="" type="checkbox"/>	italy	12	113	8
<input checked="" type="checkbox"/>	england	17	93	19
<input checked="" type="checkbox"/>	usa	22	87	25
<input checked="" type="checkbox"/>	australia	6	68	6
<input checked="" type="checkbox"/>	india	10	61	8
<input checked="" type="checkbox"/>	finland	4	57	10
<input checked="" type="checkbox"/>	brazil	13	53	3
<input checked="" type="checkbox"/>	france	5	43	9
<input checked="" type="checkbox"/>	spain	12	42	4
<input checked="" type="checkbox"/>	germany	10	32	8
<input checked="" type="checkbox"/>	canada	5	25	3
<input checked="" type="checkbox"/>	netherlands	5	22	7
<input checked="" type="checkbox"/>	south korea	5	22	1
<input checked="" type="checkbox"/>	sweden	5	20	13
<input checked="" type="checkbox"/>	cyprus	2	17	5
<input checked="" type="checkbox"/>	taiwan	6	16	5
<input checked="" type="checkbox"/>	norway	3	16	1
<input checked="" type="checkbox"/>	iran	3	15	3
<input checked="" type="checkbox"/>	saudi arabia	4	13	6

Figura 8. Visualización países, fuente WOS.



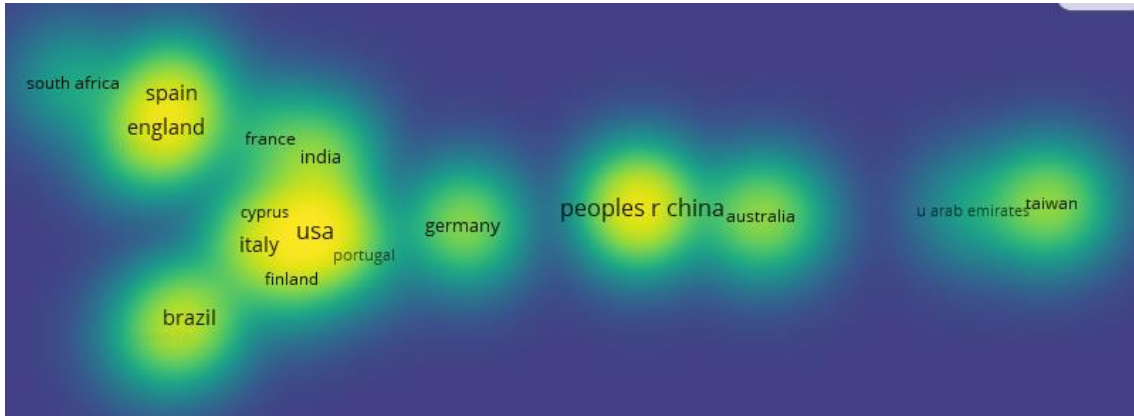
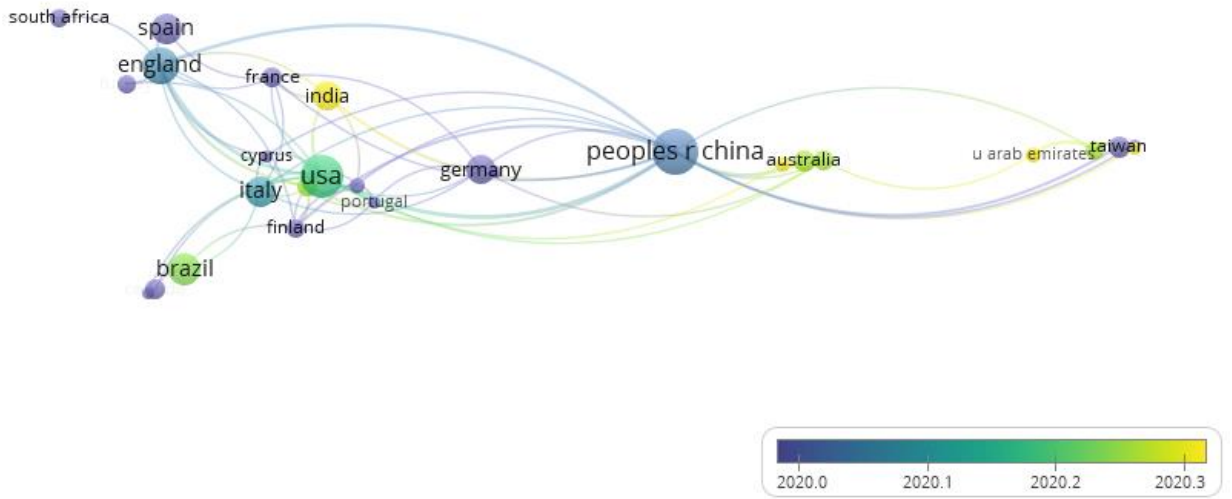


Figura 9. Visualización red, superposición y densidad de países respectivamente, fuente WOS

País	Citaciones	Documentos	Total	% De participación
Peoples R. China	159	25	159	16%
Italy	113	12	113	12%
England	93	17	93	10%
USA	87	22	87	9%
Australia	68	6	68	7%
India	61	10	61	6%
Finland	57	4	57	6%
Brazil	53	13	53	5%
France	43	5	43	4%
Spain	42	12	42	4%
Germany	32	10	32	3%
Canada	25	5	25	3%
Netherlands	22	5	22	2%
South Korea	22	5	22	2%
Sweden	20	5	20	2%
Cyprus	17	2	17	2%
Taiwan	16	6	16	2%
Norway	16	3	16	2%
Iran	15	3	15	2%
Saudi Arabia	13	4	13	1%
Total general	974	174	974	100%

Tabla 3. Países, fuente propia

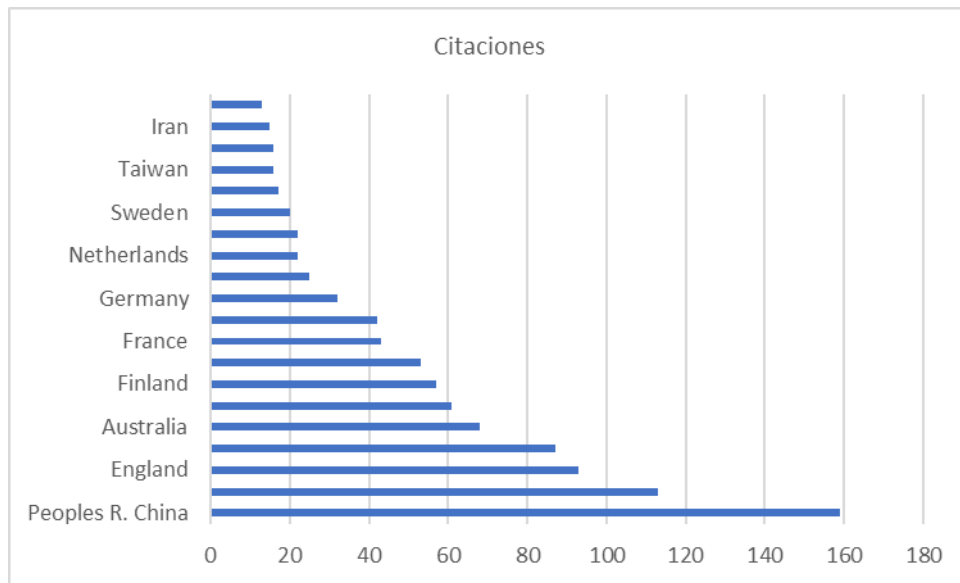


Gráfico 3. Países, fuente propia

**Análisis:** En la figura 9 muestra la red por países, los nodos de mayor frecuencia son verde, azul y naranja, países como china 16%, Italia 12%, Inglaterra 10%, USA 9%, Australia 7% y Alemania sitúan la mayoría de las citaciones, se evidencia que la mayor participación es de China con el 16% contribuyendo al desarrollo mundial, en general se obtienen 48 Países con 39 coautorías. En América latina Brasil 5%.





Palabra Clave	Ocurrencias	Total	% De participación
Maintenance	24	24	13%
Industry 4.0	14	14	8%
O	11	11	6%
Industry 4	11	11	6%
Big Data	9	9	5%
Management	9	9	5%
Future	9	9	5%
Frame work	9	9	5%
Desing	9	9	5%
Augmented Reality	8	8	4%
Predictive maintenance	8	8	4%
Simulation	8	8	4%
Technology	7	7	4%
Internet	7	7	4%
Internet of things	7	7	4%
Optimization	7	7	4%
Technologies	7	7	4%
Machine learning	7	7	4%
Systems	7	7	4%
IOT	7	7	4%
Total general	185	185	100%

Tabla 4. Palabras clave, fuente propia

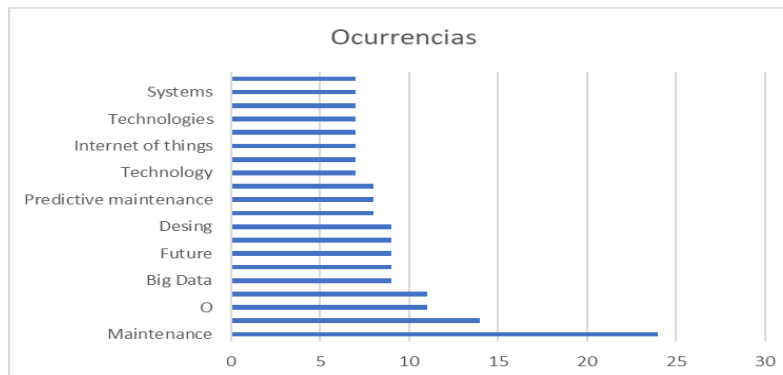


Gráfico 4. Palabras clave, fuente propia

**Análisis:** En la figura 11 muestra la red por palabras claves, los nodos de mayor frecuencia corresponde a “maintenance” 13%, “Industry 4.0” 8%, “Big Data” 5%, “Augmented Reality” 4%, en general se obtienen 1209 palabras con 152 co-ocurrencias.



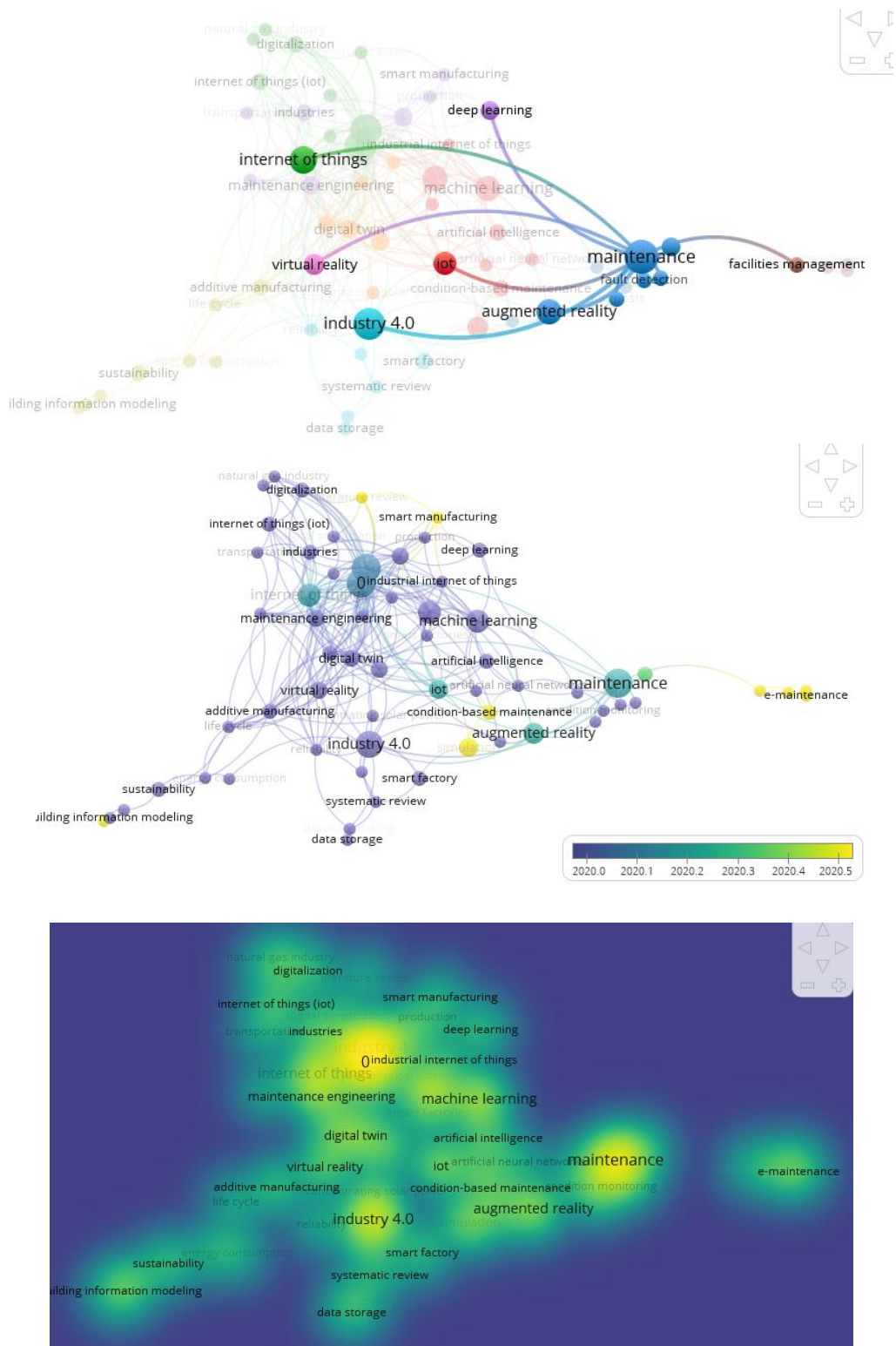


Figura 13. Visualización todas las palabras clave red, superposición y densidad respectivamente, fuente WOS.

Todas Palabras Clave	Ocurrencias	Total	% De participación
Industry 4	11	11	10%
maintenance	11	11	10%
Industry 4.0	11	11	10%
Internet of things	10	10	9%
Predictive maintenance	7	7	6%
Machine learning	7	7	6%
Augmented Reality	7	7	6%
IOT	6	6	5%
Simulation	5	5	4%
Digital Twin	5	5	4%
Monitoring	4	4	3%
maintenance engineering	4	4	3%
Sensors	4	4	3%
Virtual Reality	4	4	3%
Big Data	4	4	3%
Additive Manufacturing	3	3	3%
Internet of things	3	3	3%
Artificial Intelligence	3	3	3%
Digitalization	3	3	3%
O	3	3	3%
Total general	115	115	100%

Tabla 5. Todas las palabras clave, fuente propia

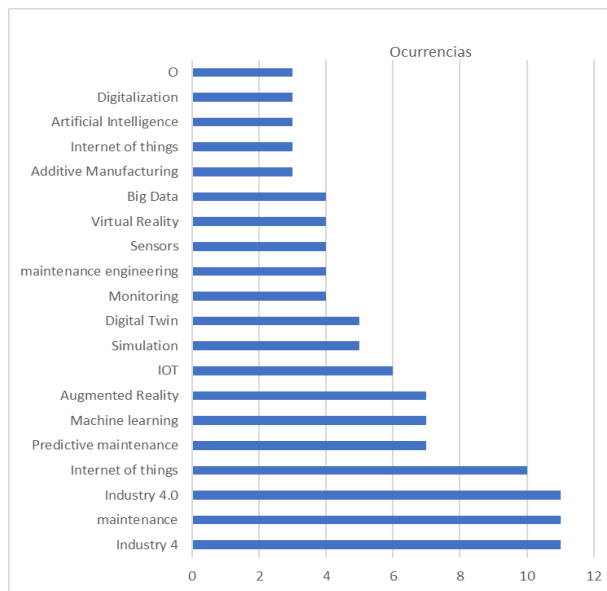


Gráfico 5. Todas las palabras clave, fuente propia

**Análisis:** la figura 13 muestra la red de todas las palabras claves, los nodos azules de mayor frecuencia corresponde a “maintenance” 10%, “Industry 4.0” 10% con 11 ocurrencias respectivamente, “Internet of things” 9%, “predictive maintenance”, “machine learnig” y “Augmented Reality” con un 6%, otras palabras que también influyen con menor frecuencia tienen gran importancia ya que influyen en el desarrollo del tema objeto de estudio y en la búsqueda de la información donde se obtienen 725 palabras con 69 ocurrencias.



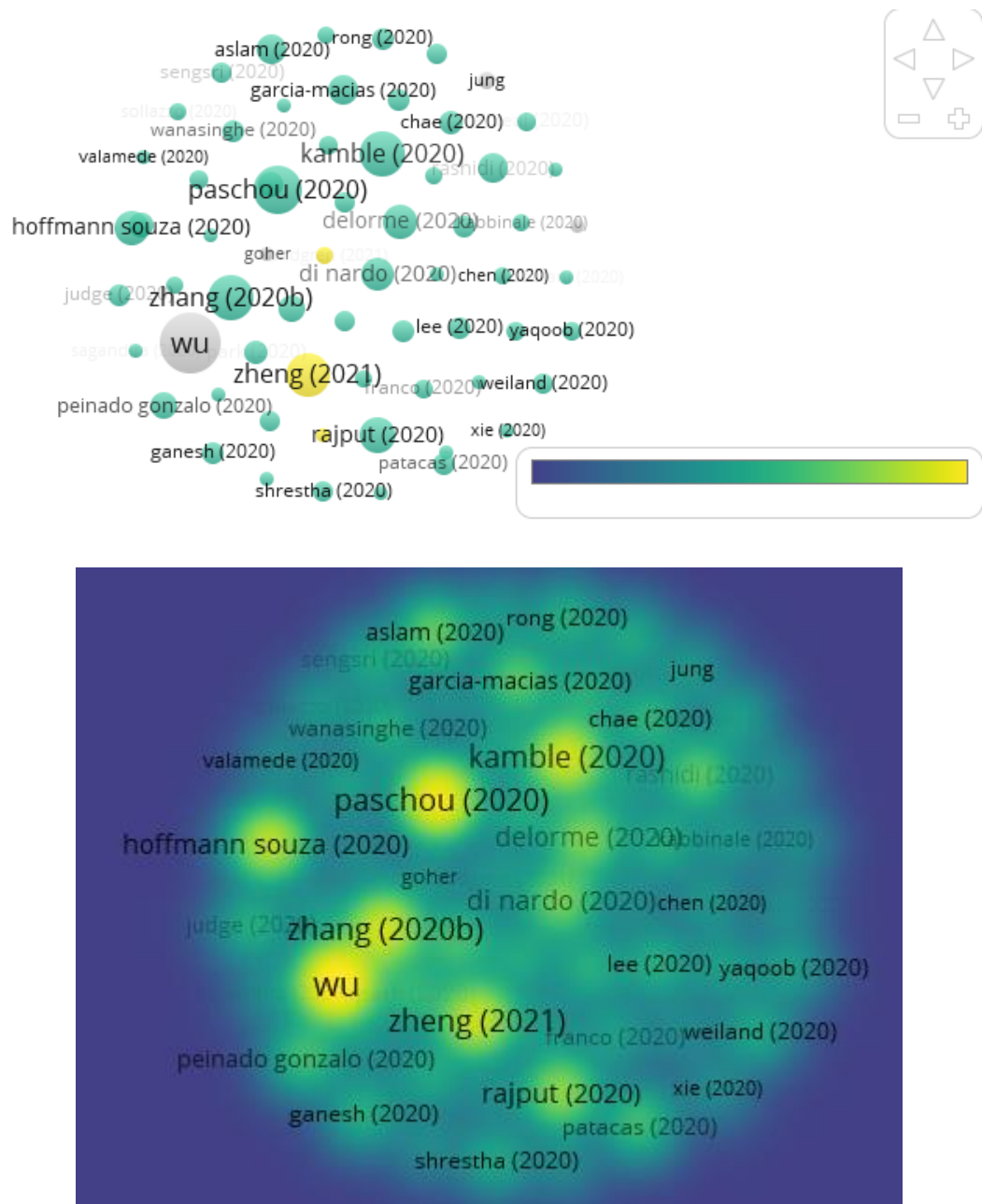


Figura 15. Visualización todas las citas y documentos, red superposición y densidad respectivamente, fuente WOS

Documentos	Citas	Total	% De participación
Wu	51	51	15%
Paschou (2020)	32	32	9%
Kamble (2020)	29	29	9%
Zhang (2020b)	29	29	9%
Zheng (2021)	27	27	8%
Rajput (2020)	18	18	5%
Hoffmann (2020)	17	17	5%
Delorme (2020)	16	16	5%
Di Nardo (2020)	15	15	4%
Aslam (2020)	13	13	4%
Rashidi (2020)	12	12	4%
Garcia-Macias (2020)	12	12	4%
Wang (2020)	10	10	3%
Peinado Gonzalo (2020)	10	10	3%
Pirola (2020)	9	9	3%
Guo (2020)	9	9	3%
Park (2020)	8	8	2%
Chae (2020)	8	8	2%
Patacas (2020)	7	7	2%
Jimenez (2020)	7	7	2%
Total general	339	339	100%

Tabla 6. Citación por documentos, fuente propia

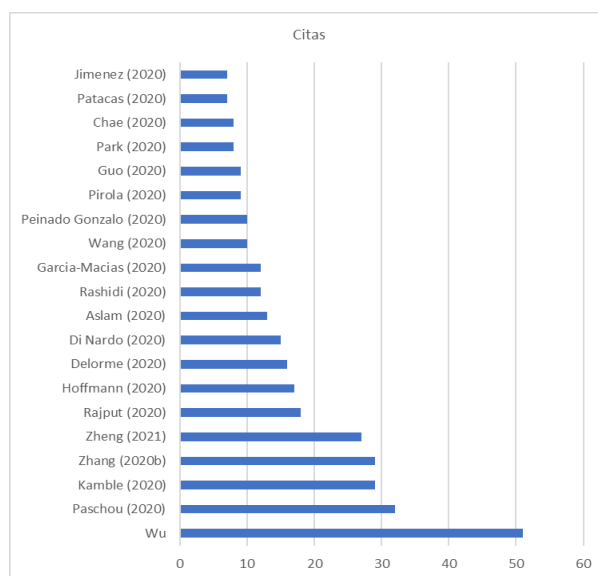
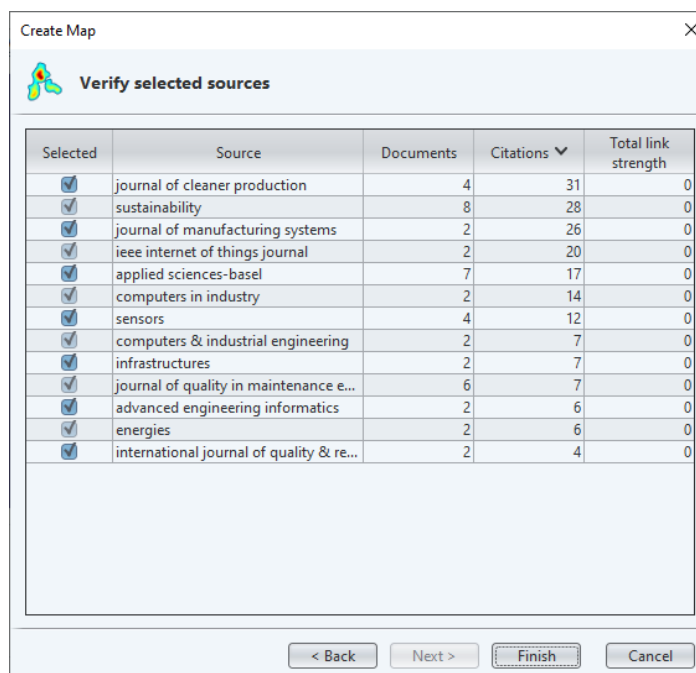


Gráfico 6. Citación por documentos, fuente propia.

**Análisis:** En la figura 15 muestra la red de documentos y citas, los nodos de mayor frecuencia corresponden al violeta, rojo, azul y gris, se evidencia mayor participación de Wu con 15% en 51 citas, seguido por 3 documentos con 9% entre 29 a 32 documentos, otros del 8%, 5%, 4%, 3%, 2% con menor participación. se obtienen 150 documentos con 65 ocurrencias y un mínimo número de citas de 3 y máximo de 51.

### 5.1.7 Tipo de análisis por citación y unidad de análisis por fuente:

Se obtienen 118 fuentes con 13 relaciones y mínimo número de documentos de una fuente de 2.



Selected	Source	Documents	Citations	Total link strength
<input checked="" type="checkbox"/>	journal of cleaner production	4	31	0
<input checked="" type="checkbox"/>	sustainability	8	28	0
<input checked="" type="checkbox"/>	journal of manufacturing systems	2	26	0
<input checked="" type="checkbox"/>	ieee internet of things journal	2	20	0
<input checked="" type="checkbox"/>	applied sciences-basel	7	17	0
<input checked="" type="checkbox"/>	computers in industry	2	14	0
<input checked="" type="checkbox"/>	sensors	4	12	0
<input checked="" type="checkbox"/>	computers & industrial engineering	2	7	0
<input checked="" type="checkbox"/>	infrastructures	2	7	0
<input checked="" type="checkbox"/>	journal of quality in maintenance e...	6	7	0
<input checked="" type="checkbox"/>	advanced engineering informatics	2	6	0
<input checked="" type="checkbox"/>	energies	2	6	0
<input checked="" type="checkbox"/>	international journal of quality & re...	2	4	0

Figura 16. Visualización fuentes, citas y documentos, fuente WOS

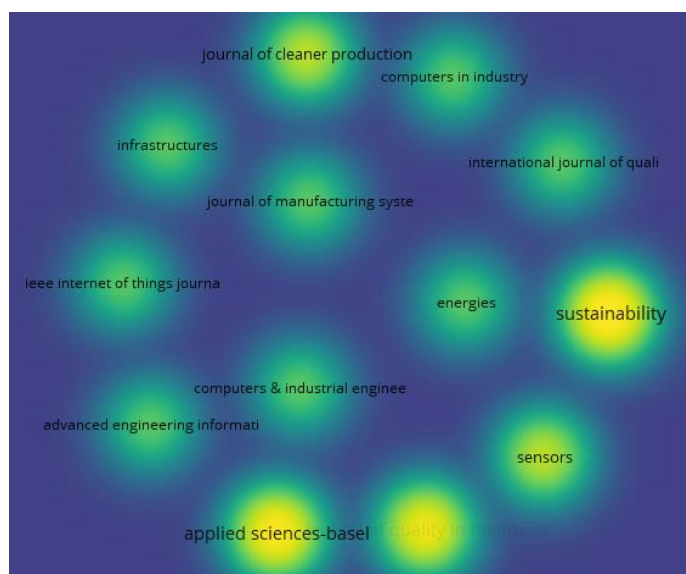


Figura 17. Visualización densidad de fuentes, fuente WOS.

Fuente	Citaciones	Docu	% De participación
Journal of cleaner production	31	4	9%
Sustainability	28	8	18%
Journal of manufacturing systems	26	2	4%
IEEE internet of things journal	20	2	4%
Applied sciences-basel	17	7	16%
computers in industry	14	2	4%
Sensors	12	4	9%
Computers & industrial engineering	7	2	4%
Infrastructures	7	2	4%
Journal of quality in maintenance	7	6	13%
Advanced engineering informatics	6	2	4%
Energies	6	2	4%
International Journal of Quality & R.	4	2	4%
Total general	185	45	100%

Tabla 7. Citación por fuente, diseño propio

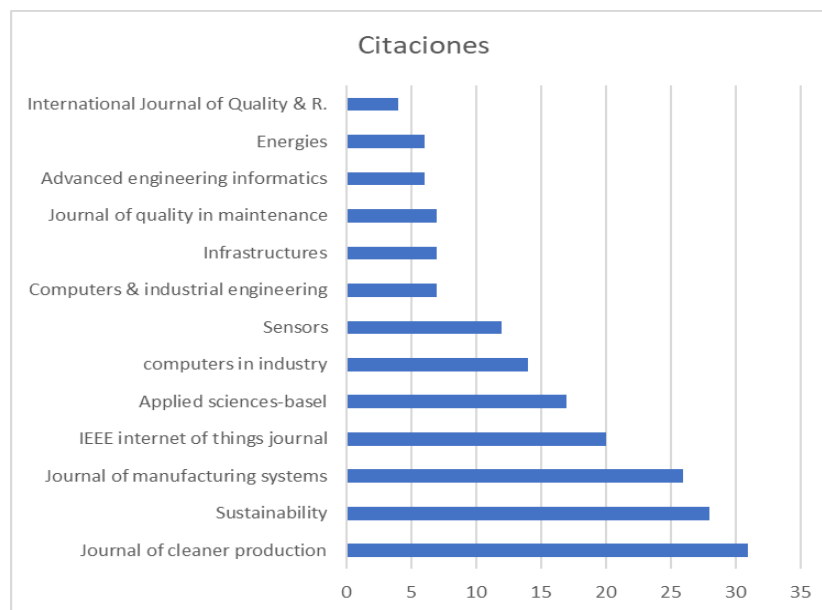



Gráfico 7. Citación fuente, diseño propio

**Análisis:** En la figura 17 muestra la densidad de fuentes, los nodos de mayor frecuencia amarillos corresponden al 18%, (Sustainability), Applied Sciences Basel 16%, Journal of Quality in maintenance 13%, y otras menores participaciones del 9% y 4%, se obtienen 118 fuentes con 13 relaciones y un mínimo número de documentos de 2 y máximo de 8.

### 5.1.8 Tipo de análisis por citación y unidad de análisis por autor:

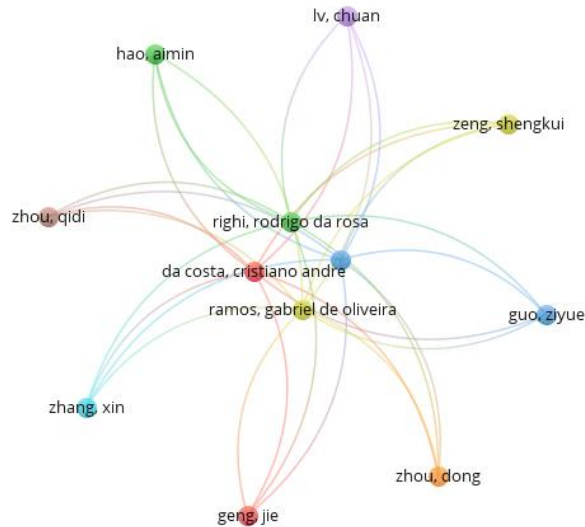
Se obtienen 612 autores con 391 relaciones y mínimo número de citaciones de un autor de 2.

Create Map ×

 **Verify selected authors**

Selected	Author	Documents	Citations ▾	Total link strength
<input checked="" type="checkbox"/>	chen, mengcheng	1	51	0
<input checked="" type="checkbox"/>	jiang, rui	1	51	0
<input checked="" type="checkbox"/>	wang, jun	1	51	0
<input checked="" type="checkbox"/>	wang, xiangyu	1	51	0
<input checked="" type="checkbox"/>	wu, chengke	1	51	0
<input checked="" type="checkbox"/>	wu, peng	1	51	0
<input checked="" type="checkbox"/>	adrodegari, f.	1	32	4
<input checked="" type="checkbox"/>	paschou, t.	1	32	4
<input checked="" type="checkbox"/>	rapaccini, m.	1	32	4
<input checked="" type="checkbox"/>	saccani, n.	1	32	4
<input checked="" type="checkbox"/>	ghadge, abhijeet	1	29	0
<input checked="" type="checkbox"/>	gunasekaran, angappa	1	29	0
<input checked="" type="checkbox"/>	kamble, sachin s.	1	29	0
<input checked="" type="checkbox"/>	raut, rakesh	1	29	0
<input checked="" type="checkbox"/>	yao, houjie	1	29	0
<input checked="" type="checkbox"/>	zhang, di	1	29	0
<input checked="" type="checkbox"/>	zhang, kai	1	29	0
<input checked="" type="checkbox"/>	zhang, mingyang	1	29	0
<input checked="" type="checkbox"/>	ardolino, marco	1	27	0
<input checked="" type="checkbox"/>	bacchetti, andrea	1	27	0

Figura 18. Visualización autores documentos y citaciones, fuente WOS



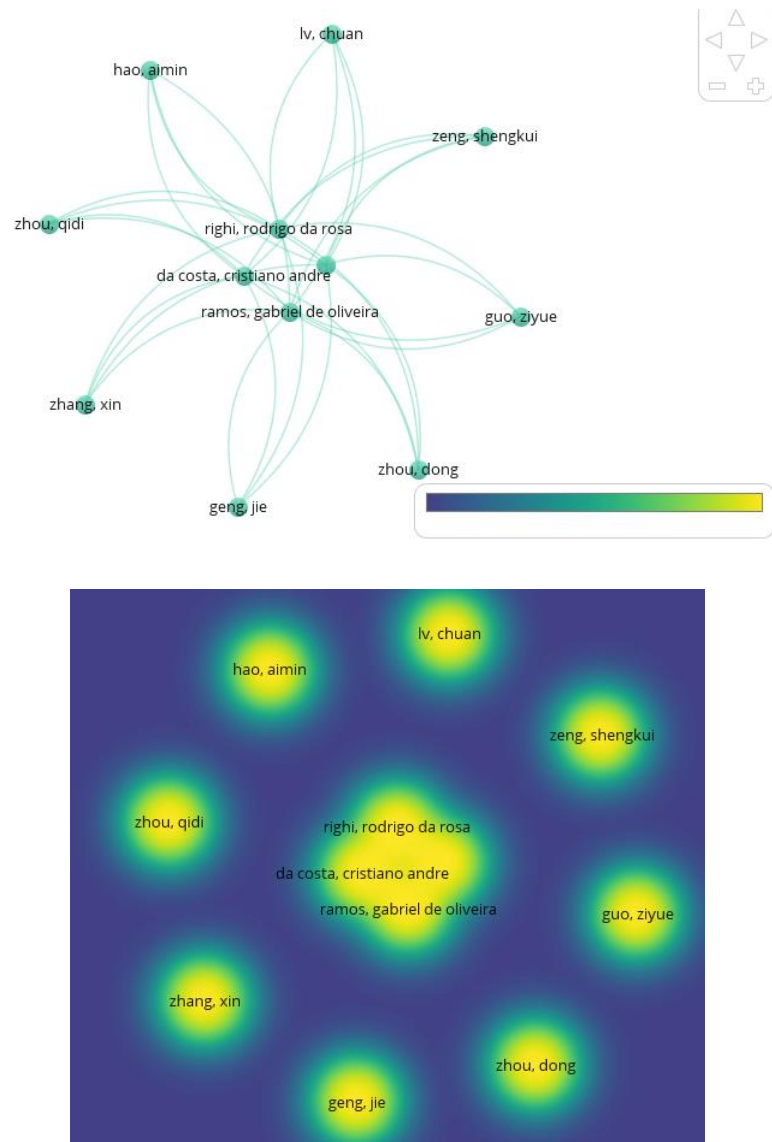


Figura 19. Visualización autores documentos y citas, red superposición y densidad respectivamente, fuente WOS

Autor	Docu	Citaciones	% De participación
Chen, Mengcheng	1	51	7%
Jiang, rui	1	51	7%
Wang, Jun	1	51	7%
Wang, Xiangyu	1	51	7%
Wu, Chengke	1	51	7%
Wu, Peng	1	51	7%
Adrodegari, F.	1	32	4%
Paschou, T.	1	32	4%
Rapaccini, M.	1	32	4%
Saccani, N.	1	32	4%
Ghadge, Abhijeet	1	29	4%
Gunasekaran, Angappa	1	29	4%
Kamble, Sachin S.	1	29	4%
Raut, Rakesh	1	29	4%
Yao, Houjie	1	29	4%
Zhang, Di	1	29	4%
Zhang, Kai	1	29	4%
Zhang, Mingyang	1	29	4%
Ardolino, Marco	1	27	4%
Bacchetti, Andrea	1	27	4%
Total general	20	720	100%

Tabla 8. Citación por autor, fuente propia

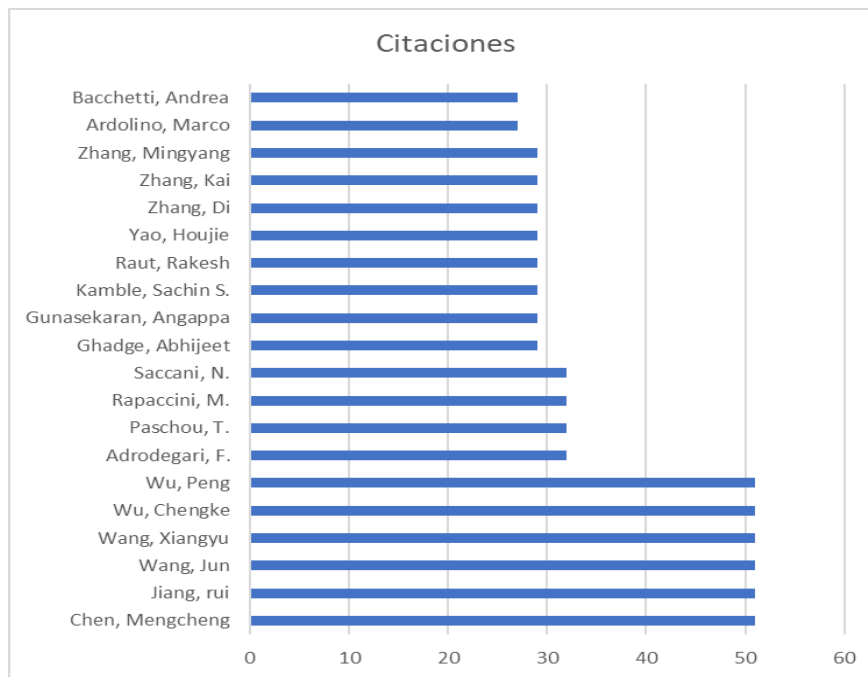


Gráfico 8. Citación por autor, fuente propia

**Análisis:** En la figura 19 muestra la citación por autor, los nodos de mayor frecuencia centrales corresponden a 6 autores con el 7% de citaciones, seguido de 14 con el 4% de participación, en general se obtienen 612 autores, con 391 relaciones y un mínimo número de citaciones de autor de 2 y máximo de 51.

### 5.1.9 Tipo de análisis por citación y unidad de análisis por organización:

Se obtienen 275 organizaciones con 21 relaciones y mínimo número de documentos de una organización de 2.

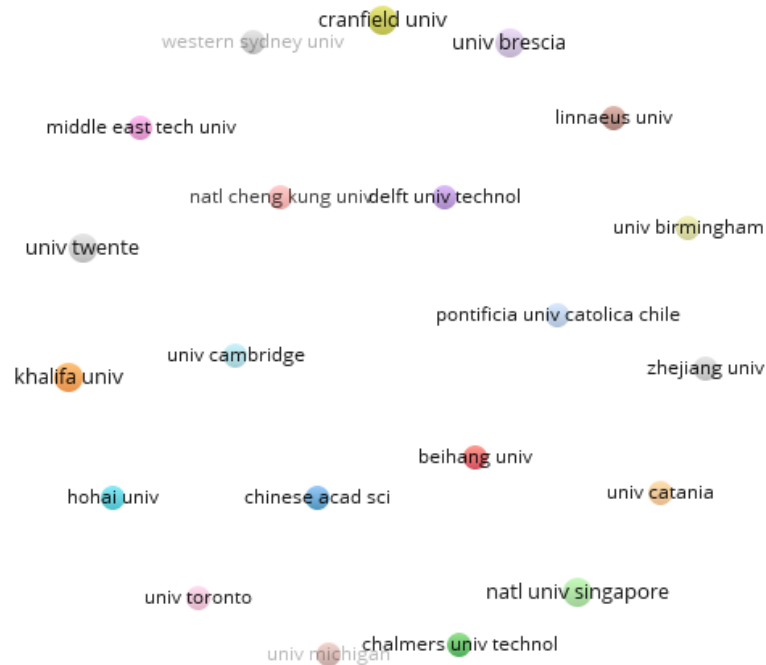
Create Map

Verify selected organizations

Selected	Organization	Documents	Citations	Total link strength
<input checked="" type="checkbox"/>	univ brescia	3	61	0
<input checked="" type="checkbox"/>	cranfield univ	3	35	0
<input checked="" type="checkbox"/>	delft univ technol	2	18	0
<input checked="" type="checkbox"/>	beihang univ	2	16	0
<input checked="" type="checkbox"/>	univ birmingham	2	16	0
<input checked="" type="checkbox"/>	univ toronto	2	14	0
<input checked="" type="checkbox"/>	western sydney univ	2	13	0
<input checked="" type="checkbox"/>	hohai univ	2	10	0
<input checked="" type="checkbox"/>	zhejiang univ	2	10	0
<input checked="" type="checkbox"/>	khalifa univ	3	8	0
<input checked="" type="checkbox"/>	univ cambridge	2	7	0
<input checked="" type="checkbox"/>	univ michigan	2	7	0
<input checked="" type="checkbox"/>	chinese acad sci	2	5	0
<input checked="" type="checkbox"/>	chalmers univ technol	2	4	0
<input checked="" type="checkbox"/>	natl univ singapore	3	4	0
<input checked="" type="checkbox"/>	pontificia univ catolica chile	2	4	0
<input checked="" type="checkbox"/>	univ twente	3	4	0
<input checked="" type="checkbox"/>	univ catania	2	3	0
<input checked="" type="checkbox"/>	linnaeus univ	2	2	0
<input checked="" type="checkbox"/>	middle east tech univ	2	2	0

< Back   Next >   Finish   Cancel

Figura 20. Visualización organizaciones, documentos y citaciones, fuente WOS



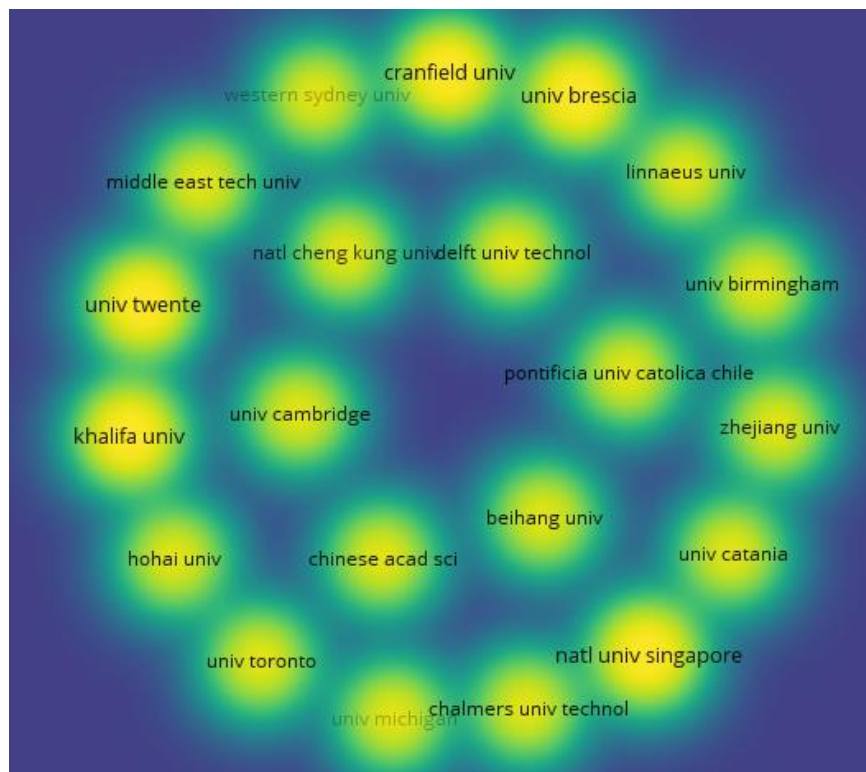
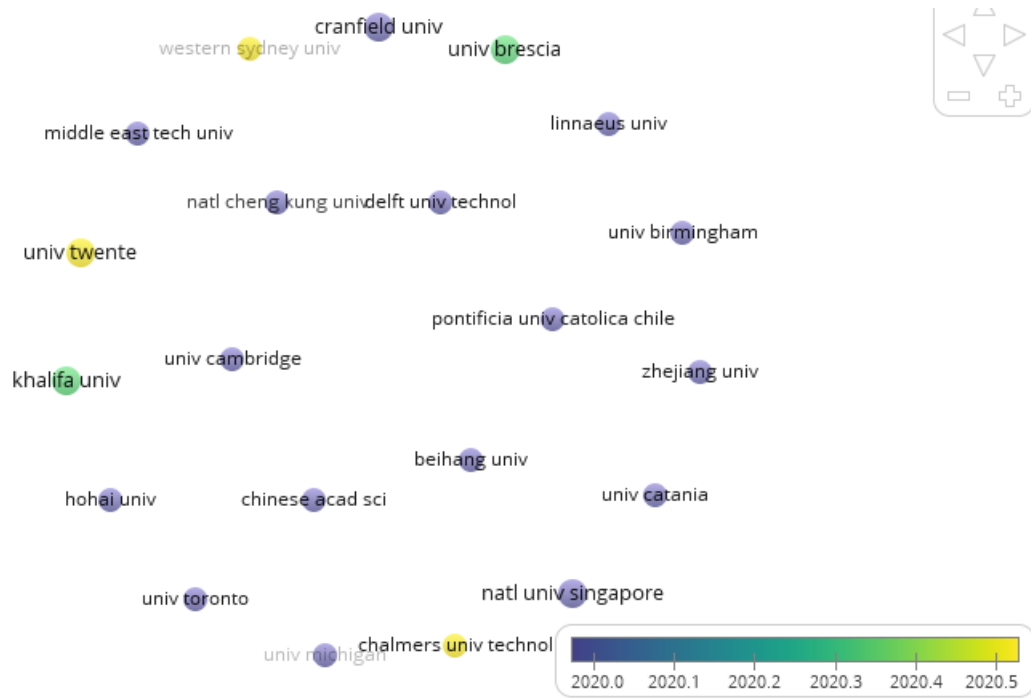


Figura 21. Visualización organizaciones documentos y citas, red superposición y densidad respectivamente, fuente WOS

Organización	Docu	Citaciones	% De participación
Univ. Brescia	3	51	7%
Cranfield Univ.	3	51	7%
Deft Univ Technol	2	51	7%
Beihang Univ.	2	51	7%
Univ. Brimingham	2	51	7%
Univ. Toronto	2	51	7%
Western Sydney Univ.	2	32	4%
Hohai Univ.	2	32	4%
Zhejiang Univ.	2	32	4%
Khalifa Univ.	3	32	4%
Univ. Cambridge	2	29	4%
Univ. Michigan	2	29	4%
Chinese Acad Sci.	2	29	4%
Chalmers Univ. Technol.	2	29	4%
Nalt Univ. Singapore	3	29	4%
Pontificia Univ. Catolica Chile	2	29	4%
Univ. Twente	3	29	4%
Univ. Catania	2	29	4%
Linnaeus Univ	2	27	4%
Middle East Tech Univ	2	27	4%
Total general	45	720	100%

Tabla 9. Citación por organización, fuente propia

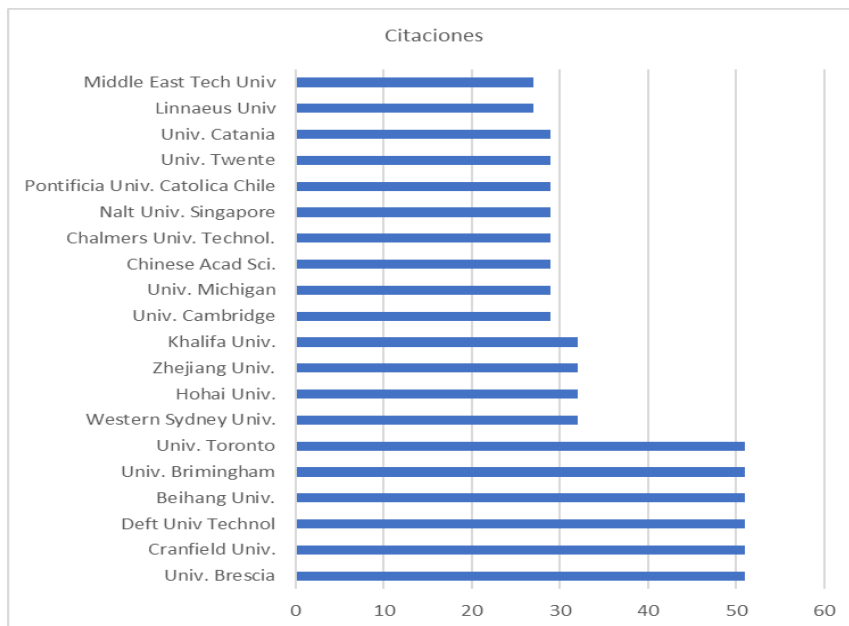


Gráfico 9. Citación por organización

**Análisis:** En la figura 21 muestra la densidad por organización, los nodos de mayor frecuencia en amarillo intenso corresponden a 6 Univ. con 51 citas y el 7% de participación, se obtienen 275 organizaciones, con 21 relaciones y un mínimo número de documentos de una organización de 2 y máximo de 3.

### 5.1.10 Tipo de análisis por citación y unidad de análisis por países:

Se obtienen 48 países con 23 relaciones y mínimo número de documentos de un país de 3.

Create Map ×

Verify selected countries

Selected	Country	Documents	Citations	Total link strength
<input checked="" type="checkbox"/>	peoples r china	25	159	1
<input checked="" type="checkbox"/>	italy	12	113	2
<input checked="" type="checkbox"/>	england	17	93	0
<input checked="" type="checkbox"/>	usa	22	87	0
<input checked="" type="checkbox"/>	australia	6	68	0
<input checked="" type="checkbox"/>	india	10	61	0
<input checked="" type="checkbox"/>	finland	4	57	0
<input checked="" type="checkbox"/>	brazil	13	53	1
<input checked="" type="checkbox"/>	france	5	43	1
<input checked="" type="checkbox"/>	spain	12	42	1
<input checked="" type="checkbox"/>	germany	10	32	1
<input checked="" type="checkbox"/>	canada	5	25	0
<input checked="" type="checkbox"/>	netherlands	5	22	0
<input checked="" type="checkbox"/>	south korea	5	22	0
<input checked="" type="checkbox"/>	sweden	5	20	0
<input checked="" type="checkbox"/>	taiwan	6	16	1
<input checked="" type="checkbox"/>	norway	3	16	0
<input checked="" type="checkbox"/>	iran	3	15	0
<input checked="" type="checkbox"/>	saudi arabia	4	13	0
<input checked="" type="checkbox"/>	u arab emirates	3	8	0

< Back Next > Finish Cancel

Figura 22. Visualización países, documentos y citasiones, fuente WOS

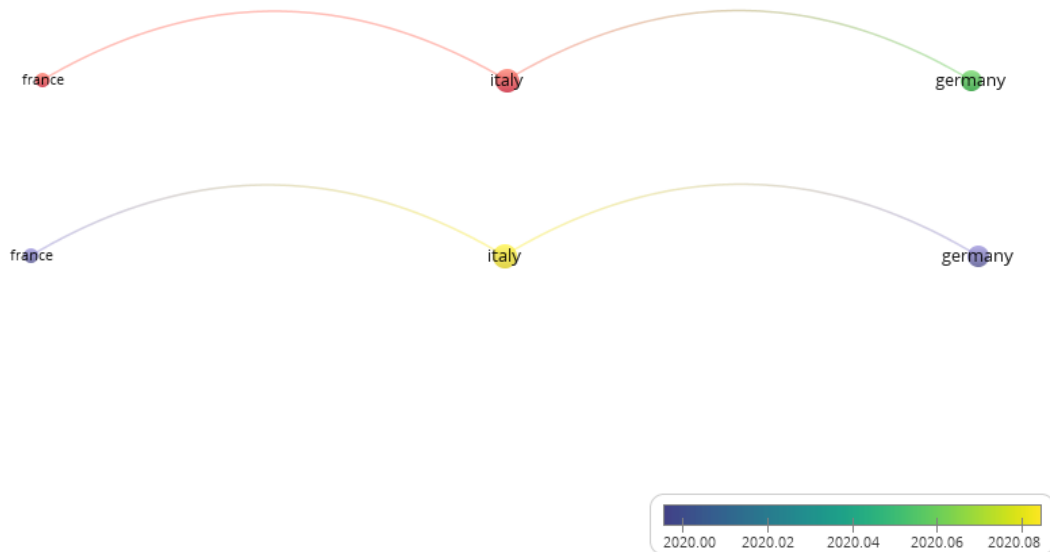


Figura 23. Visualización países documentos y citasiones, red superposición y densidad respectivamente, fuente WOS.

País	Docu	Citaciones	% De participación
People R. China	25	159	16%
Italy	12	113	12%
England	17	93	10%
USA	22	87	9%
Australia	6	68	7%
India	10	61	6%
Finland	4	57	6%
Brazil	13	53	5%
France	5	43	4%
Spain	12	42	4%
Germany	10	32	3%
Canada	5	25	3%
Netherlands	5	22	2%
South Korea	5	22	2%
Sweden	5	20	2%
Taiwan	6	16	2%
Norway	3	16	2%
Iran	3	15	2%
Saudi Arabia	4	13	1%
U Arab Emirates	3	8	1%
Total general	175	965	100%

Tabla 10. Citación por Países, fuente propia

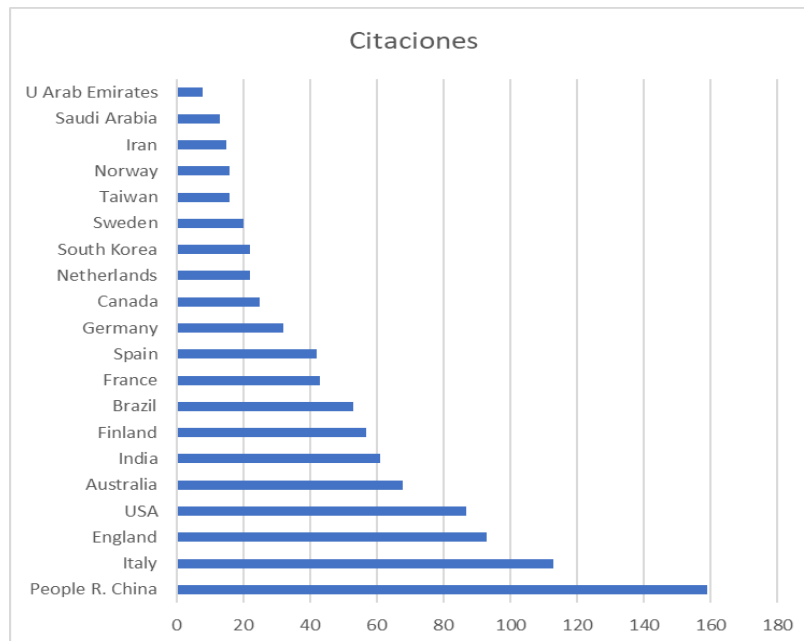


Gráfico 10. Citación por Países, fuente propia

**Análisis:** En la figura 23 muestra la red por países, las mayores participaciones corresponden a China con 25 documentos citados 159 veces y con una participación del 16%, se evidencian otras participaciones importantes de Italia 12%, Inglaterra 10%, USA 9%, y otras de países europeos, se obtienen 48 países, con 23 relaciones y un mínimo número de documentos por país de 2 y máximo de 25.

## 6. Financiación 4.0

Según Siemens en su artículo (Por Qué La Financiación 4.0 Te Ayudará a Digitalizar Tu Empresa, n.d.) la financiación 4.0 ayudará a digitalizar la empresa en especial en el sector con gran potencial de alimentos y bebidas, de acuerdo a un estudio de mercado por Siemens PLM donde habrá 3.000 millones de nuevos consumidores los cuales generaran 8.000 millones de dólares más para la industria lo que sugiere que las empresas deben acelerar su proceso de transformación digital para continuar siendo competitivas. En Reino Unido la conversión tecnológica podría generar ganancias de productividad entre 7.4 y 11.5 mil millones para el sector de alimentos y bebidas.

Algunos beneficios que ofrecen los grandes representantes de la tecnología son entre otros la presencia geográfica, marca de confianza, conocimientos de equipos y tecnologías de fabricación, soluciones financieras personalizadas como por ejemplo arrendamiento financiero, préstamos, acuerdos con servicios y puede ir desde adquirir un único equipo hasta una fábrica nueva.

Según un artículo de la revista el Empaque + Conversión (RutaN, 2019) a nivel de Colombia existen líneas de financiación para las empresas que quieran innovar, como por ejemplo en Medellín a través de alianzas como el “Centro para la cuarta revolución Industrial Colombia” donde se pagarán el 50% de intereses por montos hasta 8 millones y empresas que hallan facturado mas de 200 millones de pesos en los últimos 12 meses.

Es así como El Gobierno de Colombia va de la mano con los emprendimientos de la Industria 4.0, a través de la Inteligencia artificial (IA) para mejorar procesos, políticas y seguridad, internet de las cosas (IoT) para mejorar la movilidad. Existen acuerdos del MinCIT para nuevas fuentes de financiamiento con Softbanck, iNNpuls Colombia, Bancóldex a través de su programa “Fondos de Fondos”, SENA, Colciencias.

Según (Méndez-Morales, 2019) las empresa Colombianas innovadoras presentan una tendencia a financiar sus emprendimientos sobre innovación a través de la estructura de capital según el POT.

## 7. Conclusiones

Dando respuesta a los objetivos planteados, se emplearon indicadores bibliométricos y se obtuvieron resultados recolectados cuantitativamente a través de una muestra de 1200 registros, se interpretaron los datos obtenidos mediante la creación de mapas de Coautoría donde se obtuvieron 612 autores donde se destacan Chen Mengcheng (2020), Wu (2020), Paschou (2020), Kamble (2020) entre otros, 275 fuentes organizacionales con 11 coautorías, citación de 1209 palabras destacando Industria 4.0 y realidad aumentada, 48 países destacando China, y 150 documentos en correlación a ciencias aplicadas, sensores y sustentabilidad entre otros.

Mediante el uso de indicadores bibliométrico se pudo establecer una orientación marcada o tendencia hacia la Industria 4.0, en especial con el uso de la realidad aumentada, lo que demuestra que las inversiones están en auge en este campo a nivel industrial y social.

Así mismo se identificó que los países líderes son China, Italia, Inglaterra, Usa, Australia, India, Finlandia, Alemania, Brasil, y las Universidades líderes son: Western Sydney University, Delf University, Cranfield University, Hohai University, entre otras.

A través de la medición cuantitativa de la literatura y análisis de los datos de la producción científica sobre las nuevas tecnologías usadas en mantenimiento, se pudo establecer que estas tecnologías están en proceso de formación en varios ámbitos de la vida humana y el panorama de su estado presente en el área de mantenimiento está en crecimiento y evolución.

Este trabajo resalta un análisis bibliométrico en un periodo determinado lo que puede contribuir a identificar las tendencias y permite entender un grado de actualización de datos con una vida determinada.

Debido a que los datos cambian rápidamente y el avance tecnológico también, se recomienda profundizar más en este campo puesto que se va generando una obsolescencia con el tiempo y la literatura científica va cambiando de acuerdo con las nuevas invenciones y desarrollos tecnológicos. Se sugiere el análisis bibliométrico de nuevas tecnologías y de estudios más

recientes en el área de mantenimiento frente a la innovación, sostenibilidad y sustentabilidad.

El análisis presentado en este estudio ayudará a posibles interesados en el tema a identificar y explorar la bibliografía relacionada como un recurso de aprendizaje a nivel educativo y de interés particular o general, puede ser un punto de partida para otra investigación futura y se puede adaptar de acuerdo con los nuevos avances tecnológicos por lo que la información es susceptible de cambios y actualizaciones respectivas.

Las empresas innovadoras colombianas se estructuran financieramente según el POT y se limitan a las barreras políticas y estratégicas propias del país por lo que es un diferenciador respecto a los países más desarrollados.

## **8. Recomendaciones**

Es importante mantener los datos actualizados para poder entender como está avanzando la tecnología y ayudar a tomar decisiones correctas minimizando los riesgos, de acuerdo a esto mi recomendación es analizar de manera periódica toda la información frente a la investigación científica relacionada con las nuevas tecnologías usadas en el área de mantenimiento, con posibilidad de abrir nuevos estudios frentes a otros campos importantes y otras tecnologías que también interactúan como lo son gemelos digitales, IoT, robótica, blockchain, sistemas ciberfísicos (CPS) y la evolución del mantenimiento digital global, entre otros.

Se propone continuar con estudios bibliométricos relacionados con las nuevas tecnologías aplicadas en mantenimiento, puesto que hay poca información al respecto, así podría servir para investigaciones futuras, expandir el conocimiento, generar nuevo interés y aportar a la comunidad científica.

A nivel Colombia se sugiere involucrar con mayor participación a las entidades de financiamiento, a las instituciones educativas y a la industria en general, puesto que la tecnología esta creciendo y avanzando rápidamente, esto será un resultado de la participación de varias entidades gubernamentales y privadas, el cambio es continuo y es global.

Por último, es conveniente fortalecer los estudios refrentes al tema en nuestras Universidades locales enfocados hacia la Industria 4.0, realidad aumentada, inteligencia artificial y otras tecnologías relacionadas, con el fin de concebir los conceptos desde el aprendizaje para interpretarlos y aplicarlos en un mundo moderno y cambiante que va de la mano con la tecnología.

## Bibliografía:

- Alvarez-Marin, A., Castillo-Vergara, M., & Geldes-González, C. (2017). Análisis Bibliométrico de la Realidad Aumentada y su Relación con la Administración de Negocios. *Informacion Tecnologica*, 28(4), 57–66. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000400008>
- Ardanuy, J. (2012). Breve introducción a la bibliometría. *Diposit.Ub.Edu*, 25. [http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/30962/1/breve\\_introduccion\\_bibliometria.pdf](http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/30962/1/breve_introduccion_bibliometria.pdf)
- Artificial Intelligence in Industrial Applications*. (2021). 60–62. <https://doi.org/10.1109/indin45582.2020.9442137>
- auditoria mantenimiento industrial - Buscar con Google*. (2018). Glosario Términos de Mantenimiento ACIEM. <https://www.google.com/search?q=glosario+mantenimiento+industrial&q=glosario+mante&aqs=chrome.1.69i57j0i512l2j0i22i30l7.8459j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8>
- Aznar Díaz, I., Romero Rodríguez, J. M., & Rodríguez García, A. M. (2018). La tecnología móvil de Realidad Virtual en educación: una revisión del estado de la literatura científica en España. *EDMETIC*, 7(1), 256. <https://doi.org/10.21071/edmetic.v7i1.10139>
- Baquero Celis, Sarmiento Leon, E. A., Rojas Torres, V., & Universidad Industrial de Santander. Escuela de Diseño Industrial. Tesis. (2018). Propuesta de ayuda didactica tecnologica basada en la realidad aumentada para la enseñanza y aprendizaje de la perspectiva (proyeccion conica) en diseñadores industriales [recurso electronico]. UIS.
- Basco, A. I., Beliz, G., Coatz, D., & Garnero, P. (2018). Industria 4.0: Fabricando el Futuro. In *Industria 4.0: Fabricando el Futuro*. <https://doi.org/10.18235/0001229>
- Billinghurst, M., Clark, A., & Lee, G. (2014). A survey of augmented reality. In *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction* (Vol. 8, Issues 2–3, pp. 73–272). <https://doi.org/10.1561/11000000049>
- Boden, M. A., & Pérez Parra, I. (n.d.). *Inteligencia artificial*. 191.
- Bromage, A. (2018). Instalar la tecnología Industry 4.0. *Industria Alimenticia*, 29(8), 23–25.
- Campos Soto, N., Ramos Navas-Parejo, M., & Moreno Guerrero, A. J. (2019). Realidad virtual y motivación en el contexto educativo: Estudio bibliométrico de los últimos veinte años de Scopus. *Alteridad*, 15(1), 47–60. <https://doi.org/10.17163/alt.v15n1.2020.04>

- Castillo, A. (2019). *Análisis bibliométrico de la producción de investigación realizada en la plataforma Scencedirect aplicado a la revolución 4.0 en el período comprendido entre el año 2007 al 2017*. <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/1440>
- Cavanillas, J. M., Curry, E., & Wahlster, W. (2016). New Horizons for a Data-Driven Economy: A Roadmap for Usage and Exploitation of Big Data in Europe. In *New Horizons for a Data-Driven Economy: A Roadmap for Usage and Exploitation of Big Data in Europe*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-21569-3>
- Díaz Arancibia, S. A., Díaz Arancibia, J. I., & Arango López, J. (2018). Clases de Historia en mundos virtuales: ¿cómo podemos mejorarlo? *Campus Virtuales: Revista Científica Iberoamericana de Tecnología Educativa*.
- diccionario | Definición | Diccionario de la lengua española | RAE - ASALE*. (n.d.). Retrieved April 6, 2022, from <https://dle.rae.es/diccionario>
- Farronato, M., Maspero, C., Lanteri, V., Fama, A., Ferrati, F., Pettenuzzo, A., & Farronato, D. (2019). Current state of the art in the use of augmented reality in dentistry: A systematic review of the literature. *BMC Oral Health, 19*(1), 135–135. <https://doi.org/10.1186/s12903-019-0808-3>
- Fernando Jiménez Raya. (2015). *Mantenimiento preventivo de sistemas de automatización industrial. ELEM0311 - Fernando Jiménez Raya - Google Libros*. [https://books.google.com.pe/books/about/Mantenimiento\\_preventivo\\_de\\_sistemas\\_de.html?id=fkwpEAAAQBAJ&printsec=frontcover&source=kp\\_read\\_button&hl=es-419&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books/about/Mantenimiento_preventivo_de_sistemas_de.html?id=fkwpEAAAQBAJ&printsec=frontcover&source=kp_read_button&hl=es-419&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- Fombona Cadavieco, J., Pascual Sevillano, M., & Madeira Ferreira, A. (2012). Realidad aumentada, una evolución de las aplicaciones de los dispositivos móviles. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación, 41*, 197–210.
- García Roza, F. (2020). Revisión de las tecnologías presentes en la industria 4.0 | Revista UIS Ingenierías. *Revista UIS Ingenierías, 19*(2), 177–192. <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistausingenierias/article/view/10720/10491>
- Horvat, D., Stahlecker, T., Zenker, A., Lerch, C., & Mladineo, M. (2018). A conceptual approach to analysing manufacturing companies' profiles concerning Industry 4.0 in emerging economies. *Procedia Manufacturing, 17*, 419–426. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.065>
- Hurtado Cortes, L. L. (2016). Detección y diagnóstico de fallas mediante técnicas de inteligencia artificial, un estado del arte. *Dyna (Medellín, Colombia), 83*(199), 19–28.

- Innocenti, E. D., Geronazzo, M., Vescovi, D., Nordahl, R., Serafin, S., Ludovico, L. A., & Avanzini, F. (2019). Mobile virtual reality for musical genre learning in primary education. *Computers and Education*, *139*, 102–117. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.04.010>
- King, L. S. (2020). El Análisis Estadístico y Sociométrico de la Literatura Científica. JOSE M. LOPEZ PINERO. Centro de Documentación Informática Médica, Valencia, 1972, 82 pp., 11 illus. In *Clio Medica. Acta Academiae Internationalis Historiae Medicinae. Vol. 10* (pp. 248–249). [https://doi.org/10.1163/9789004418226\\_050](https://doi.org/10.1163/9789004418226_050)
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H. A. (2015). A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, *3*, 18–23. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001>
- Lee, J., Davari, H., Singh, J., & Pandhare, V. (2018). Industrial Artificial Intelligence for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, *18*, 20–23. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2018.09.002>
- Linares González, V. (2018). *Diagnosis de averías y mantenimiento correctivo de sistemas de automatización industrial. ELEM0311*. <https://books.google.com.pe/books?id=6VEpEAAAQBAJ&pg=PT81&dq=Mantenimiento+correctivo&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiihsf7n9HxAhUVqpUCHfQGCq4Q6AEwBHoECACQAg#v=onepage&q=Mantenimiento+correctivo&f=false>
- Méndez-Morales, A. (2019). Show me the money: Pecking order and funding sources for innovative firms in colombia. *Cuadernos de Administracion*, *32*(59), 19. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cao32-59.stmpo>
- Moreno Guerrero, A. J. (2019). Bibliometric study of scientific production on educational inspection. *REICE. Revista Iberoamericana Sobre Calidad, Eficacia y Cambio En Educacion*, *17*(3), 23–40. <https://doi.org/10.15366/reice2019.17.3.002>
- Nijman, S. A., Veling, W., Greaves-Lord, K., Vermeer, R. R., Vos, M., Zandee, C. E. R., Zandstra, D. C., Geraets, C. N. W., & Pijnenborg, G. H. M. (2019). Dynamic Interactive Social Cognition Training in Virtual Reality (DiSCoVR) for social cognition and social functioning in people with a psychotic disorder: study protocol for a multicenter randomized controlled trial. *BMC Psychiatry*, *19*(1), 272. <https://doi.org/10.1186/s12888-019-2250-0>
- Ong, S. K., Yuan, M. L., & Nee, A. Y. C. (2008). Augmented reality applications in manufacturing: A survey. *International Journal of Production Research*, *46*(10), 2707–2742. <https://doi.org/10.1080/00207540601064773>

- Por qué la financiación 4.0 te ayudará a digitalizar tu empresa.* (n.d.). Retrieved April 7, 2022, from <https://ciudadesdelfuturo.es/porque-financiacion-40-ayudara-digitalizar-tu-empresa.php>
- Re, G., Oliver, J. y B. (2016). *Primo de Ex Libris - Re G. Oliver J. y Bordegoni M. Impact of Monitor-based Augmented Reality for On-site Industrial Manual Operations. Cognition Technology & Work* 18(2): 379-392 (2016). <https://uids-primo.hosted.exlibrisgroup.com/primo-explore/search?institution=57UIDS&vid=UIDS&mode=Basic&displayMode=full&bulkSize=10&highlight=true&dum=true&query=any,contains,> Re G. Oliver J. y Bordegoni M. Impact of Monitor-based Augmented Reality fo
- Reynolds, M. (2019). Cumbre Top to Top: Sigue creciendo la curva de adopción de realidad aumentada / virtual. *Packaging World (Chicago, Ill.)*.
- Rupali, M., & Amit, P. (2017). A Review Paper on General Concepts of “Artificial Intelligence and Machine Learning.” *IARJSET*, 4(4), 79–82. <https://doi.org/10.17148/iarjset/nciarcse.2017.22>
- RutaN. (2019). *Gobierno colombiano se compromete a impulsar emprendimientos de Industria 4.0.* El Empaque. <https://www.eempaques.com/temas/Gobierno-colombiano-se-compromete-a-impulsar-emprendimientos-de-Industria-40+130263>
- Simoens, P., Dragone, M., & Saffiotti, A. (2018). The Internet of Robotic Things: A review of concept, added value and applications. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 15(1). <https://doi.org/10.1177/1729881418759424>
- Tomás-Górriz, V., & Tomás-Casterá, V. (2018). La Bibliometría en la evaluación de la actividad científica. *Hospital a Domicilio*, 2(4), 145. <https://doi.org/10.22585/hospdomic.v2i4.51>
- Venkatasubramanian, V., Rengaswamy, R., & Kavuri, S. N. (2003). A review of process fault detection and diagnosis part II: Qualitative models and search strategies. *Computers and Chemical Engineering*, 27(3), 313–326. [https://doi.org/10.1016/S0098-1354\(02\)00161-8](https://doi.org/10.1016/S0098-1354(02)00161-8)
- Venkatasubramanian, V., Rengaswamy, R., Kavuri, S. N., & Yin, K. (2003). A review of process fault detection and diagnosis part III: Process history based methods. *Computers and Chemical Engineering*, 27(3), 327–346. [https://doi.org/10.1016/S0098-1354\(02\)00162-X](https://doi.org/10.1016/S0098-1354(02)00162-X)
- Venkatasubramanian, V., Rengaswamy, R., Yin, K., & Kavuri, S. N. (2003). A review of process fault detection and diagnosis part I: Quantitative model-based methods. *Computers and Chemical Engineering*, 27(3), 293–

311. [https://doi.org/10.1016/S0098-1354\(02\)00160-6](https://doi.org/10.1016/S0098-1354(02)00160-6)

Wang, X., Ong, S. K., & Nee, A. Y. C. (2016). A comprehensive survey of augmented reality assembly research. *Advances in Manufacturing*, 4(1), 1–22. <https://doi.org/10.1007/s40436-015-0131-4>

Zhu, J., Ong, S. K., & Nee, A. Y. C. (2013). An authorable context-aware augmented reality system to assist the maintenance technicians. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 66(9–12), 1699–1714. <https://doi.org/10.1007/s00170-012-4451-2>