



GESTIÓN DE OPERACIONES INDUSTRIALES

Revista de Ingeniería Industrial con enfoque en la Industria 4.0



Vol. 01, N.º 02, Julio - Diciembre 2022

GESTIÓN DE OPERACIONES INDUSTRIALES

Revista de Ingeniería Industrial con enfoque en la Industria 4.0

Vol. 01, N° 02, Julio - Diciembre 2022

Editado en diciembre 2022

ISSN: 2810-8914 (En línea)

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

Email: goi4.0@unitru.edu.pe


© Universidad Nacional de Trujillo


Facultad de Ingeniería, Trujillo

Escuela Profesional de Ingeniería Industrial














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

EDITORES:

Dr. Luis Alberto Benites Gutiérrez 
Universidad Nacional de Trujillo
Av. Juan Pablo II, km 4.6 - 13011
Trujillo (Perú)
Correo-e: lbenites@unitru.edu.pe

Dr. Joe Alexis González Vásquez 
Universidad Nacional de Trujillo
Av. Juan Pablo II, km 4.6 - 13011
Trujillo (Perú)
Correo-e: jgonzalezv@unitru.edu.pe

COMITÉ EDITORIAL:

Dr. Claudio Ruff, Universidad Bernardo O'Higgins, Santiago (Chile) 
Dra. Purificación Galindo Villardón, Universidad de Salamanca, Salamanca (España) 
Dr. Rafael Espinosa Mosqueda, Universidad de Guanajuato, Guanajuato (México) 
Dr. Marcelo Ruiz Toledo, Universidad Bernardo O'Higgins, Santiago (Chile) 
Dr. Orivel Jackson Buchelli Perales, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo (Perú) 
Dr. Segundo Seijas Velásquez, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo (Perú) 
Dr. Alexis Matheu Pérez, Universidad Bernardo O'Higgins, Santiago (Chile) 
Dr. Iván Martín Olivares Espino, Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo (Perú) 
Dr. Joel David Vargas Sagastegui, Universidad San Martín de Porres, Lima (Perú) 
Dr. Alex Ruiz Torres, Universidad de Puerto Rico, San Juan (Puerto Rico) 
Dr. Segundo Castro Gonzáles, Universidad de Puerto Rico, San Juan (Puerto Rico) 
Dr. Edgar D. Ramos, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima (Perú) 
Dr. Jorge Luis Rojas Arce, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México (México) 



CRÉDITOS



REVISTA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL CON
ENFOQUE EN LA INDUSTRIA 4.0
GESTIÓN EN OPERACIONES INDUSTRIALES
VOL. 01, N° 02
2022

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

RECTOR

Dr. Carlos Alberto Vásquez Boyer

VICERRECTOR ACADÉMICO

Dr. Juan Amaro Villacorta Vásquez

VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN

Dr. Guillermo Arturo García Pérez

DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Dr. Miguel Armando Benites Gutiérrez

DIRECTOR DE LA INVESTIGACIÓN Y ÉTICA

Dr. Juan Carlos Rodríguez Soto

DIRECTOR DE DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Dr. Hermes Natividad Sifuentes Inostroza

DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Dr. Orivel Jackson Buchelli Perales





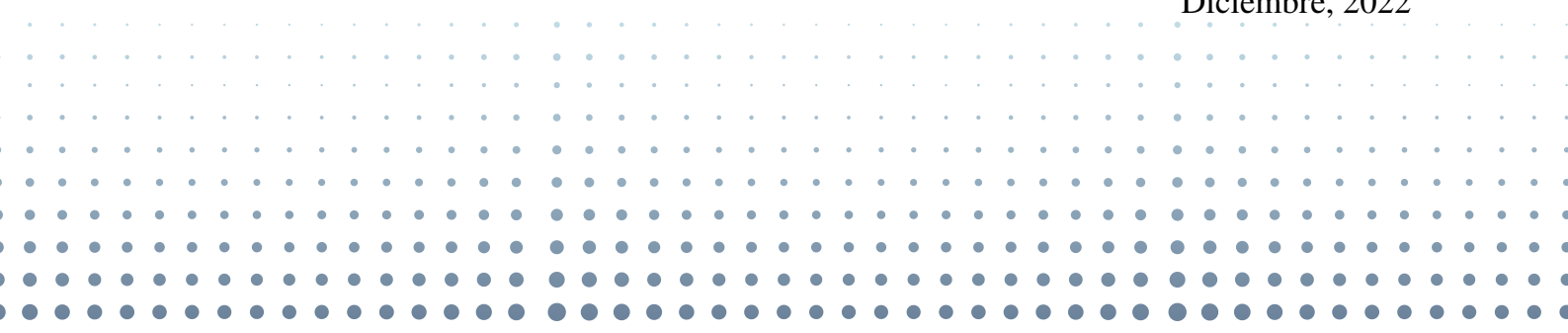
PRÓLOGO

Este segundo número de la revista **Gestión de las Operaciones Industriales**, constituye la consolidación de un gran y ambicioso proyecto de una transformación radical en la doctrina de la Ingeniería Industrial que, se complementa con el **Sistema de Vigilancia Tecnológica e Inteligencia Competitiva**, este proyecto se inició financiado con los fondos del CANON en su tercera convocatoria por el Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Nacional de Trujillo (año 2014). Se prevé que la presente revista sea de publicación cuatrimestral de manera continua, dedicada a la investigación y su aplicación práctica para la solución de los problemas de nuestra sociedad actual, iniciando por aquellos presentados en nuestra región, abordando temas fundamentalmente en la Dirección de las Operaciones de la Cadena de Valor de las Empresas del sector manufactura y en la Gestión de la Innovación y Desarrollo Tecnológico, haciendo especial hincapié en las **Tecnologías de la Industria 4.0**; enfatizando en todos aquellos aspectos, factores contextuales y elementos críticos que favorecen su implementación para de esta forma contribuir en la competitividad sostenible a los largo de la evolución espacio temporal de las empresas y de la satisfacción plena de las necesidades de la sociedad

La Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Trujillo con el equipo de profesores de su Departamento Académico, todos registrados en el directorio de investigadores nacionales, de los cuales dos de ellos están calificados como investigadores RENACYT del CONCYTEC y en alianza estratégica con nueve renombrados y reconocidos profesores investigadores internacionales se proponen el desarrollo de publicaciones de alto nivel científico y lograr que las investigaciones de nuestros alumnos de pregrado y posgrado logren el impacto científico y tecnológico en favor del sector empresarial industrial y del bienestar pleno basado en la mejora continua en el nivel de calidad de vida de la sociedad del país.

Para este segundo número de nuestra revista nos hemos enfocado en core de toda PyMe que busca alinearse con la Industria 4.0: El Área de Operaciones, con sus principales actividades que basan su estructura y doctrina de funcionamiento: La cadena de suministro, las máquinas autónomas, el ERP y el CRM para Pymes manufactureras; de esta forma estamos dando el primer paso para lograr impulsar la filosofía de la Sociedad 5.0; en la que el ser humano es el centro y principal beneficiario con un enfoque de soporte con la aplicación de la creatividad y el uso libre de la tecnología en todo su esplendor y potencialidad.

Los editores
Diciembre, 2022



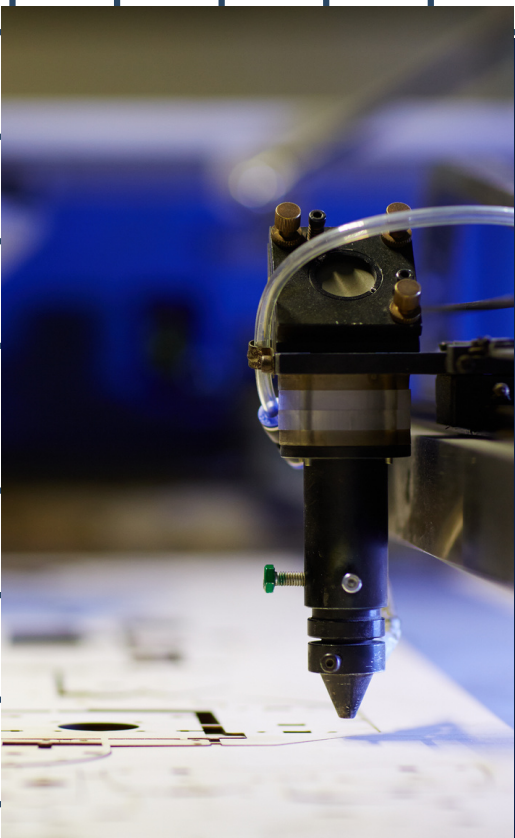


TABLE OF CONTENTS

IMPACT OF LEAN MANAGEMENT ON THE QUALITY OF SERVICE OF AN INFORMATION SYSTEMS TECHNICAL SUPPORT COMPANY: A SYSTEMATIC REVIEW

PGS. 09 - 24

Autores

Margarita Grisell Benites Castillo; Denis Joel Diego Chinchayhuara; Joel Elías Sánchez Vásquez, Anel Milagros Vásquez Díaz

MOST USED MATERIALS IN ADDITIVE MANUFACTURING IN THE METALWORKING SECTOR: A SYSTEMATIC REVIEW

PGS. 25 - 37

Autores

Jose Ricardo Delgado Deza; Evellyn Milles Duval Guevara Vega; Kenner Alexander Rojas Ahumada; Ayrton Oscar Alfonso Soto Alarcón; Alessandro Moises Venegas Villarreal; Estela Geraldine Villar García; Joe Alexis González Vásquez

ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR THE INTEGRATION OF BLOCKCHAIN IN THE SUPPLY CHAIN: A SYSTEMATIC REVIEW

PGS. 38 - 51

Autores

Gerson Robert De la Cruz Rodríguez; Jean Carlos Joel Pacheco Guzmán; Edward Steven Quispe Sánchez; Jairo Aldair Rios Reyes; Renzo Yanpier Vásquez Chiclayo; David Edinson Vigo Rodríguez

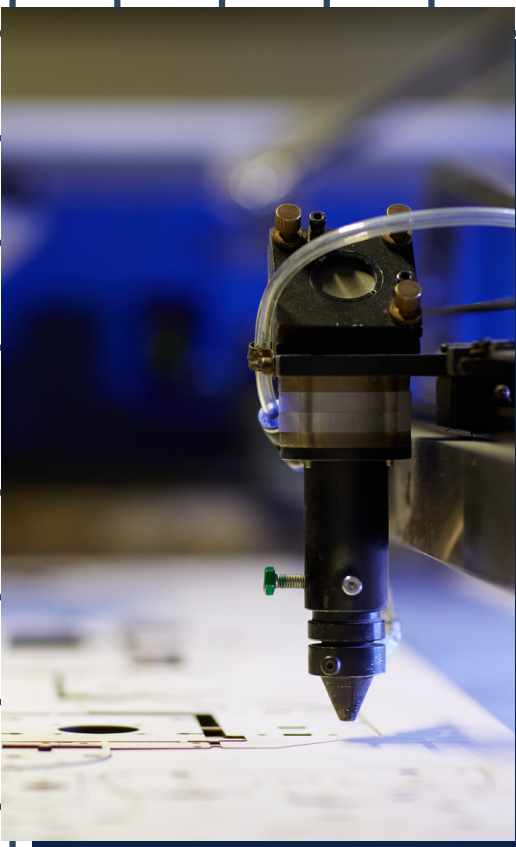


TABLE OF CONTENTS

THE INTEGRATION OF SMART SYSTEMS AND ICTS IN THE OPTIMIZATION OF PRODUCTIVE RESOURCES IN INDUSTRIES 4.0: A SYSTEMATIC REVIEW

PGS. 52 - 59

Autores

Ana García Sánchez; Stacy Lozano Gutiérrez;
María Marín Méndez; Rivaldo Urtecho Rodríguez

INFLUENCE OF THE IMPLEMENTATION OF AN ERP SYSTEM IN THE UNIVERSITY ACADEMIC MANAGEMENT: A SYSTEMATIC REVIEW

PGS. 60 - 71

Autores

Christian Stephano Castañeda Rodríguez; Edisson
Alejandro Gálvez Mori; Anthony Luciano Sebastián, Andrés
Alejandro Rodríguez Álvarez; Robert Emmanuel
Torres Correa; Jorge Valdivia Valderrama

THE USE OF 3D GRAPHIC SYSTEMS IN RESEARCH, DEVELOPMENT AND PROTOTYPING IN INDUSTRIES 4.0: A SYSTEMATIC REVIEW

PGS. 72 - 84

Autores

Cristian Axel Mendoza Cabrera; Paulo Cesar Tello
Plingo; Giuliana Cecilia Villena Chávez

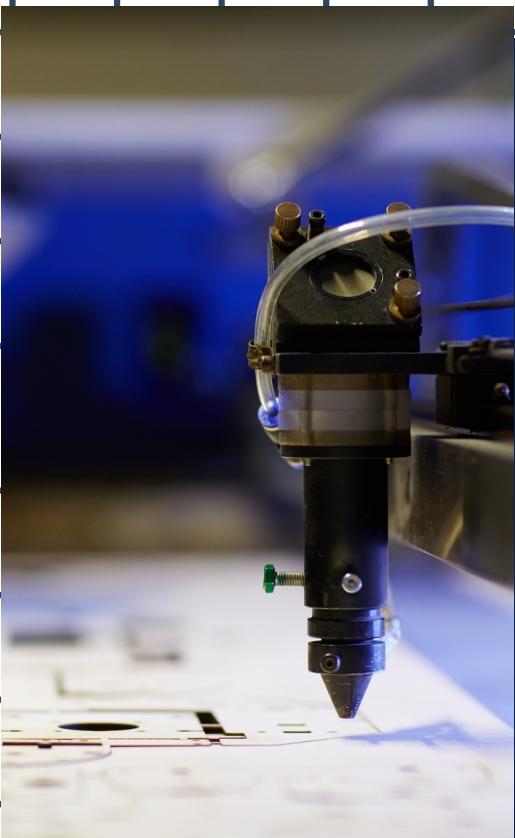


TABLA DE CONTENIDOS

LA ADOPCIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0 Y SU INFLUENCIA EN LA MEJORA DE LA CALIDAD DE VIDA EN LA SOCIEDAD 5.0: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

PGS. 09 - 24

Autores

Margarita Grisell Benites Castillo; Denis Joel Diego Chinchayhuara; Joel Elías Sánchez Vásquez, Anel Milagros Vásquez Díaz

MATERIALES MÁS USADOS EN FABRICACIÓN ADITIVA EN EL SECTOR METALMECÁNICA: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

PGS. 25 - 37

Autores

Jose Ricardo Delgado Deza; Evellyn Milles Duval Guevara Vega; Kenner Alexander Rojas Ahumada; Ayrtón Oscar Alfonso Soto Alarcón; Alessandro Moises Venegas Villarreal; Estela Geraldine Villar García; Joe Alexis González Vásquez

INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA INTEGRACIÓN DE BLOCKCHAIN EN LA CADENA DE SUMINISTROS: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

PGS. 38 - 51

Autores

Gerson Robert De la Cruz Rodríguez; Jean Carlos Joel Pacheco Guzmán; Edward Steven Quispe Sánchez; Jairo Aldair Ríos Reyes; Renzo Yanpier Vásquez Chichlayo; David Edinson Vigo Rodríguez

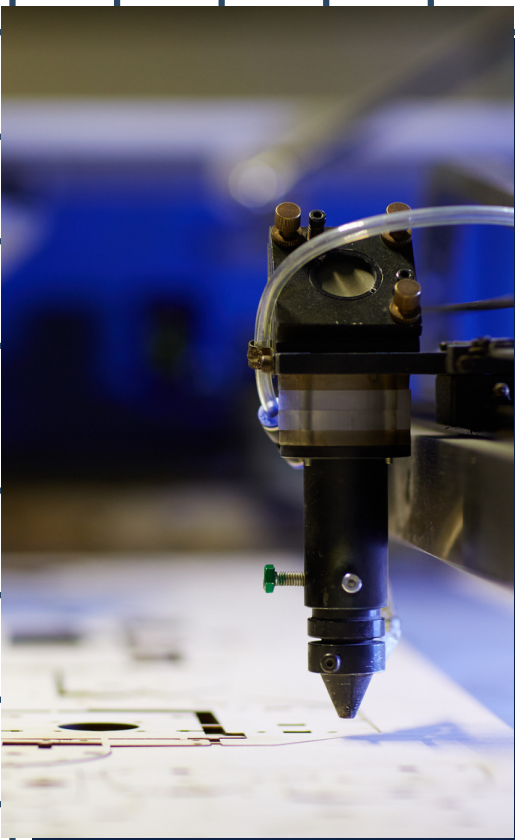


TABLA DE CONTENIDOS

LA INTEGRACIÓN DE LOS SISTEMAS INTELIGENTES Y LAS TIC EN LA OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS PRODUCTIVOS DE LAS INDUSTRIAS 4.0: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

PGS. 52 - 59

Autores

Ana García Sánchez; Stacy Lozano Gutiérrez;
María Marín Méndez; Rivaldo Urtecho Rodríguez

INFLUENCIA DE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ERP EN LA GESTIÓN ACADÉMICA UNIVERSITARIA: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

PGS. 60 - 71

Autores

Christian Stephano Castañeda Rodríguez; Edisson Alejandro Gálvez Mori; Anthony Luciano Sebastián, Andrés Alejandro Rodríguez Álvarez; Robert Emmanuel Torres Correa; Jorge Valdivia Valderrama

EL USO DE LOS SISTEMAS GRÁFICOS EN 3D EN LA INVESTIGACIÓN, DESARROLLO Y PROTOTIPADO EN INDUSTRIAS 4.0: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

PGS. 72 - 84

Autores

Cristian Axel Mendoza Cabrera; Paulo Cesar Tello Plingo; Giuliana Cecilia Villena Chávez

GESTIÓN DE OPERACIONES

INDUSTRIALES



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



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
TRUJILLO

FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRUJILLO, PERÚ
Marzo, 2022

The adoption of industry 4.0 and its influence on the improvement of the quality of life in society 5.0: A systematic review

Margarita Grisell Benites Castillo^{1,*}; Denis Joel Diego Chinchayhuara¹; Joel Elías Sánchez Vásquez¹, Anel Milagros Vásquez Díaz¹

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

*Autor correspondiente: mбенитес@unitru.edu.pe (M. Benites).

Fecha de recepción: 31 08 2022. Fecha de aceptación: 20 11 2022

ABSTRACT

The present work analyzes the influence of Industry 4.0 in society 5.0 through the technological advance developed by this revolution: the internet of things (IoT), big data, cloud computing, simulation, augmented reality, robots, additive manufacturing, cybersecurity. and HV integration, carried out in the 4 identified fields that are most rooted in our environment: health, mobility, infrastructure, Fintech, for which 46 articles are first investigated from proven and reliable sources that are related to the topics presented where it shows the application and knowledge of these, with the purpose of establishing matrices to improve understanding with the use of graphs and tables, and finally reach the conclusion that this relationship affects the quality, efficiency and effectiveness of the productive processes to provide the population with a better quality of life.

Keywords: Industry 4.0; Society 5.0; quality of life.

La adopción de la industria 4.0 y su influencia en la mejora de la calidad de vida en la sociedad 5.0: Una revisión sistemática

RESUMEN

El presente trabajo analiza la influencia de la Industria 4.0 en la sociedad 5.0 a través del avance tecnológico desarrollado por esta revolución: el internet de las cosas (IoT), Big Data, Cloud Computing, simulación, realidad aumentada, robots, manufactura aditiva, ciberseguridad e integración HV, realizados en los 4 campos identificados que más arraigan nuestro entorno: salud, movilidad, infraestructura, Fintech, por lo cual primero se investigan 46 artículos de fuentes comprobadas y confiables que tengan relación con los temas presentados donde muestre la aplicación y conocimiento de estos, con el propósito de establecer matrices para mejorar la comprensión con el uso de gráficas y tablas, y finalmente llegar a concluir que esta relación incide en la calidad, eficiencia y eficacia de los procesos productivos para brindar a la población una mejor calidad de vida.

Palabras clave: Industria 4.0; Sociedad 5.0; calidad de vida.

1. Introducción

No es ajeno a nuestra realidad el hecho de que la innovación y tecnología siguen dando pasos agigantados de un año hacia el otro, ni tampoco el hecho de que todos los países tratan de estar a la vanguardia de esta [43]. Actualmente, incluso se está tomando estas tecnologías (IOT, IA, Big Data, Cloud Computing, robótica) como medio de solución a las diferentes adversidades que afecta a la sociedad [39]. Un claro ejemplo de ello, es Japón, quien acuñó el término Sociedad 5.0 en 2015 para referirse a la solución de problemas principalmente los de natalidad y el envejecimiento de su población a través de ideas innovadoras con base a estas nuevas tecnologías. La solución de estas problemáticas que afrontan las sociedades, especialmente Asia y Europa, no debería pasarse por alto debido que la baja natalidad [42] implicaría un mayor porcentaje que requerirán cuidados y una falta de mano de obra que es recurso indispensable para el adecuado funcionamiento de las empresas. Es ahí donde interviene la Sociedad 5.0, cuyo propósito es mejorar el bienestar de las personas, haciendo uso de los recursos tecnológicos para crear un lazo entre el mundo físico y el ciberespacio y de esta manera mejorar el ámbito económico y solucionar los problemas que aquejan a la sociedad [34].

Por otro lado, si analizamos netamente el ámbito de la tecnología, si algo han demostrado las primeras tres revoluciones industriales es que las tecnologías emergentes innovadoras modifican las formas de producción industrial transformando la humanidad; siendo la Industria 4.0 la que integra estas nuevas tecnologías [43]. El término Industria 4.0 (cuarta transformación tecnológica) se introdujo por primera vez en el campo de la ingeniería donde más ha sido usado, no obstante, ha llamado la atención en muchas otras áreas como la economía y la gestión [41, 46].

Bajo otro enfoque, [38] destaca que la industria 4.0 surge a causa de la integración técnica de diferentes sistemas ciber físicos en los diferentes servicios de los procesos industriales. Su principal característica consiste en enlazar máquinas, flujos de trabajo, sistemas, empresas con el fin de crear redes inteligentes a lo largo de toda la cadena de valor y así esta sea capaz de controlarse por sí misma (automática).

Así mismo, se puede afirmar que de la preocupación de la revolución 4.0 por el bienestar humano antes que el productivo para que todo se mueva como uno solo [40] es de donde nace este nuevo pensamiento integral de sociedad 5.0, entidades que avalan este pensamiento es la comisión europea a través de su informe “La Industria 5.0”, en donde emulan que las Sociedades 5.0 proponen una evolución de la Industria 4.0 para centrarse en el ser humano, la sostenibilidad ambiental y la resiliencia. Y es que, hasta cierto punto, resulta contradictorio, pues la Industria 4.0 omitirá cada vez más la mano de humana, y será reemplazada por máquinas, que al mismo tiempo serán controladas por otras máquinas, siendo cada vez más autosuficientes [33, 37]. Por primera vez, las personas dejarán de lado el trabajo manual y en su lugar serán reemplazados por robots en las industrias [35]. Imagen de ello, ya se puede apreciar en nuestro alrededor, con los robots de servicio que nos ayudan en la vida diaria cuando buscamos dónde comer, qué película ver de acuerdo a nuestros gustos. Incluso existen robots asistenciales capaces de atender a personas con discapacidad, y en las fábricas los robots inteligentes pueden hacer algunas tareas que resulten riesgosas para el trabajador con una eficiencia y eficacia mucho mayor de la que podría tener un grupo de personas [44].

Más si analizamos desde un lente optimista, la industria 4.0 en estas nuevas sociedades, reducirá los costos de producción, permitiendo de esta manera que los procesos productivos sean integrados, y cuenten con máquinas que envíen información la cual podremos acceder en tiempo real desde cualquier parte del mundo a través del internet, facilitando la toma de decisiones y para ello se requerirá de iniciativas gubernamentales, participación de instituciones educativas que faciliten su implementación y evalúen cuestiones de ciberseguridad y comunicación [45]. De ahí la importancia de conocer acerca de cómo se fusionan el entorno físico y digital para mejorar nuestra calidad de vida, el cual afecta a todos y podrá cambiar el rumbo de nuestras vidas.

Siguiendo esta línea, sociedad 5.0 engloba al de industria 4.0 puesto que este planifica un futuro de bienestar en conjunto donde todas las tecnologías creadas trabajan apuntando solo al progreso, sin dejar de lado el hecho que todas las actividades giran en torno al ser humano [36]. Por ello es de suma importancia, social, ambiental y tecnológica el comprender de manera detallada cómo es que los cambios que ha generado esta industria impactan en las personas, grupos, empresas y sistemas de una sociedad 5.0.

Finalmente, en la literatura expuesta anteriormente, vemos que la industria 4.0 efectivamente mejorará la calidad de vida en la sociedad 5.0; por lo que nuestro objetivo es determinar de qué manera influye la industria 4.0 en la sociedad 5.0 y los cambios que traerá en la vida de las personas.

2. Metodología

Para abordar el tema de estudio que define la influencia de las industrias 4.0 en una sociedad 5.0 se realizó una aplicación de la técnica exploratoria para recopilar información mediante una minuciosa revisión de los diferentes artículos, para ello se tomó como referencia el enfoque de dos estados de aproximación, el cual luego de una revisión exhaustiva de toda la literatura encontrada, se pudo reconocer la investigación llevada a cabo más resaltante para dar fe de la certeza de la información obtenida. En el procedimiento, al principio se buscaron artículos relacionados netamente con los avances o desarrollo que muestra la industria 4.0 en; así como principales tecnologías que se empiezan a gestar en las sociedades 5.0 en y hasta la actualidad dentro de la plataforma de centro de vigilancia tecnológica e inteligencia competitiva perteneciente a la escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional de Trujillo, luego también se migró a repositorios nacionales como Innóvate Perú, CONCYTEC, DINA y ALICIA, para complementar los primeros hallazgos encontrados. Por otro lado, en repositorios internacionales, se hizo hincapié en la búsqueda de conceptos y percepción de las sociedades 5.0 desde una perspectiva global, para finalmente poder enlazar la información y mostrar la influencia de la industria 4.0 en el desarrollo de las sociedades super inteligentes 5.0.

De las 46 investigaciones consultadas, se eligieron 28, como fuentes principales. La mayoría de estos se crearon de los años 2015 al 2022, teniendo un mayor auge en los últimos 3 años. Así mismo, el porcentaje de artículos revisados refiere a los motivos de la presente investigación, donde se denota la importancia de citar y valorar el trabajo de los investigadores, ello implicaría una mayor relevancia en seguir apostando por conocimiento y aplicaciones referente a estos temas. Luego de señalar todos los artículos revisados, equiparamos un cuadro de doble entrada donde colocamos las partes y técnicas señaladas. Este escalón de organización de información denota el avance del interés de documentos publicados relacionados a la industria 4.0.

Después de una detallada revisión, las principales tecnologías que resaltan de la industria 4.0 son:

1. Internet de las cosas (IoT)
2. Big Data
3. Cloud Computing
4. Simulación
5. Realidad aumentada
6. Robots
7. Manufactura aditiva
8. Ciberseguridad
9. Integración HV

Los conceptos sobre las nueve tecnologías de la Industria 4.0 [29] se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 1

Tecnologías de la Industria 4.0

Componentes	Descripción
Internet de las Cosas (IoT)	Es una red en la cual objetos auto organizados son capaces de actuar por sí mismos de acuerdo al contexto en el que se encuentran.
Big Data	Requiere técnicas de procesamiento y análisis de una gran cantidad de datos para que se usen como apoyo en la toma de decisiones.
Cloud computing	Es un servicio que permite el acceso a los datos desde diferentes dispositivos; además de otras funciones.
Simulación	Se emplea en el diseño de productos y gestión de operaciones y sirve para identificar futuros problemas.
Realidad Aumentada	Se trata de máquinas capaces de recrear un espacio de trabajo virtual en el cual pueden interactuar las personas.
Robots	Son capaces de trabajar junto con las personas y ayudarles en sus problemas, existe una gran variedad de ellos.
Manufactura Aditiva	Permite una mayor flexibilidad de producción gracias a la rápida creación de prototipos.
Ciberseguridad	Se refiere a garantizar la seguridad de los datos mediante el IoT.
Integración H-V	Consiste en la interconexión entre unidades de producción y usar estos en la planificación de recursos empresariales. [37]

Así mismo, luego de analizar y discernir diferentes fuentes bibliográficas que hablan de las sociedades 5.0, los principales ejes de mejora bajo los que se sustenta este tipo de sociedades, se pueden clasificar en 4 categorías:

1. Salud
2. Movilidad
3. Infraestructura
4. Fintech

Las conceptualizaciones de estas industrias de la sociedad 5.0 [30] las podemos visualizar en la siguiente tabla:

Tabla 2

Industrias de la Sociedad 5.0

Industrias	Influencia de la Industria 4.0
Salud	Uso de IA y demás tecnologías para realizar las tareas administrativas de los médicos.
Movilidad	Desarrollo de drones y vehículos autónomos para cubrir las necesidades básicas de las poblaciones aisladas.
Infraestructura	Emplear los datos en predecir mejoras de las infraestructuras o resolverlas con drones o robots.
Fintech	Uso de las nuevas tecnologías para garantizar la seguridad y transparencia en banca y finanzas.

Por último, para analizar la influencia de cada una de las tecnologías en las categorías mostradas, se procedió a realizar una localización de las ideas más resaltantes y de importancia para la sociedad 5.0, de esta manera los porcentajes del contenido de información para cada avance dentro de cada eje social plasmándolos en tablas y gráficos para una visualización más completa.

3. Resultados y discusión

Con base en la revisión detallada a continuación presentamos algunas aplicaciones de la tecnología de la industria 4.0 que ya están teniendo lugar actualmente en Japón, país que aspira y está más cerca de evolucionar a una sociedad 5.0, pues es que el que más avances respecto a esta temática está presentando.

Tabla 3

Aplicaciones de la industria 4.0 para lograr sociedades 5.0

Salud	Traje-robot HAL	Conocido como Híbrido de Asistencia para las Extremidades, trabaja muy de cerca con los sistemas neurológicos enviando ordenes al sistema músculos-esquelético par que estos puedan levantarse, sentarse, andar o cargar algo pesado sin ayuda. Fue diseñado para ayudar a los individuos de tercera edad.
Infraestructura	Robot para tomates snack	Se trata de un robot automático cuya función es la recolección de tomates snack. El algoritmo de la IA es capaz de identificar los frutos maduros tomando en cuenta el color y tamaño y, a continuación, cosecha los tomates maduros. Se reduce el tiempo de trabajo humano en aproximadamente 16% [31].
	Robot Guía	Robot que parece una fémina construida por Toshiba del cual se hace uso en Aqua City Odaiba, uno de los mayores centros comerciales en Tokio. Este responde preguntas y brinda información a los turistas en japon, inglés y chino [32].
Fintech	Sistema CRM y ERP	La recopilación de información es un factor importante al momento de determinar el producto o servicio al cliente, y el análisis de esta puede garantizar un porcentaje de error mínimo en las decisiones en cuanto a preferencias y necesidades de los consumidores y finalmente los costos de publicidad del producto final serán minimizados. Todo esto se logra gracias a las herramientas que la industria 4.0 nos deja como son las ERP Y CRM que son herramientas digitales.
Movilidad	RFID o Identificación por Radiofrecuencia	Transmisión por ondas electromagnéticas que permite controlar el movimiento de cadenas de suministro y asimismo recopilar información en tiempo real sobre la demora dentro de un proceso de producción y llegar al punto óptimo.

De acuerdo a los documentos que revisamos [1-28] cada uno se centra en diferentes tecnologías de la Industria 4.0. Esto lo podemos evidenciar en la Tabla 4 donde se señala qué tecnologías aborda cada uno de los artículos.

Tabla 4

Tecnologías de la Industria 4.0 que abordan los artículos.

Artículos	LAS 9 TECNOLOGÍAS DE LA INDUSTRIA 4.0								
	IoT	Big Data	Cloud computing	Simulación	Realidad Aumentada	Robots	Manufactura Aditiva	Ciberseguridad	Integración H-V
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
TOTAL	16	15	10	6	5	9	7	7	4
PORCENTAJES	57,14%	53,57%	35,71%	21,43%	17,86%	32,14%	25,00%	25,00%	14,29%

Además, la Figura 1 nos muestra el porcentaje de artículos que abordan cada una de las tecnologías de la Industria 4.0, observando qué tecnologías se están usando más que otras.

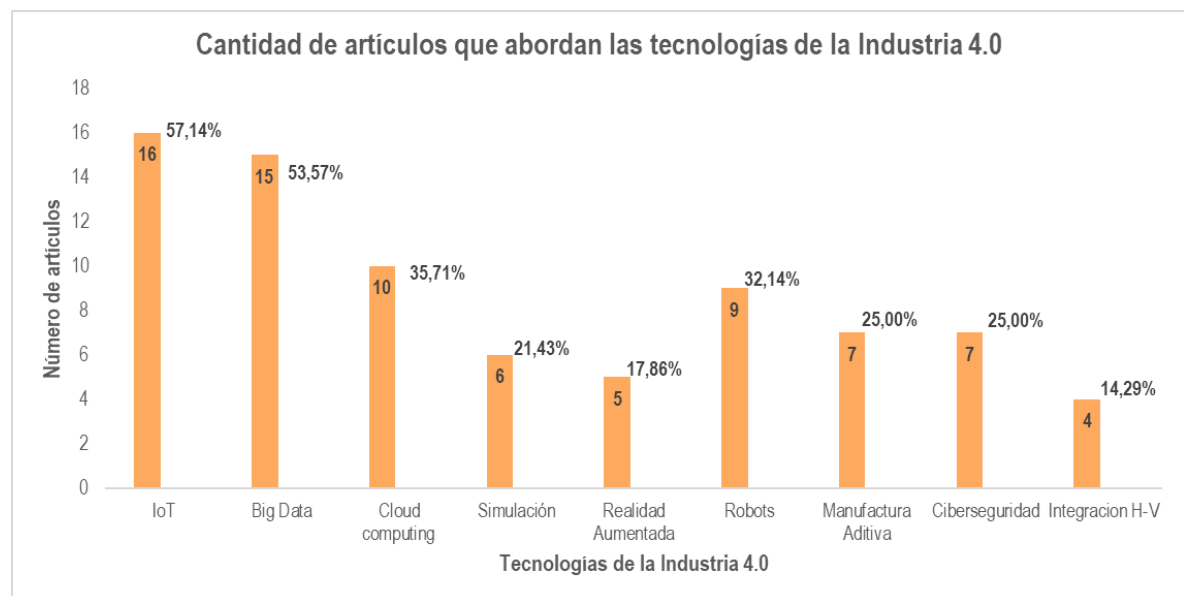


Figura 1. Cantidad de artículos que abordan las tecnologías de la Industria 4.0 y porcentaje respecto al total de artículos.

También, se identificó a que industria de la sociedad 5.0 (salud, movilidad, infraestructura, Fintech) mejoran las tecnologías de la Industria 4.0 que hace referencia cada artículo, esto lo podemos observar en la Tabla 5.

Tabla 5

Industrias de la Sociedad 5.0 que abordan los artículos.

Artículos	LAS 9 TECNOLOGÍAS DE LA INDUSTRIA 4.0									
	IoT	Big Data	Cloud computing	Simulación	Realidad Aumentada	Robots	Manufactura Aditiva	Ciberseguridad	Integración H-V	
1	Fintech	Fintech	Fintech							Fintech
2	Fintech	Fintech			Infraestructura					
3		Infraestructura	Infraestructura							
4										
5	Movilidad					Salud	Infraestructura	Fintech		
6	Infraestructura	Fintech	Fintech			Salud				
7	Movilidad	Fintech								
8	Fintech						Fintech			
9					Fintech					Fintech
10	Infraestructura	Fintech		Salud						
11			Infraestructura	Salud		Salud	Infraestructura			
12	Fintech					Fintech				
13	Fintech	Fintech								
14	Infraestructura		Infraestructura			Infraestructura				
15	Salud	Salud	Salud	Salud			Salud	Salud		
16	Infraestructura	Infraestructura								Infraestructura
17		Fintech	Fintech	Fintech		Fintech	Fintech			
18	Movilidad				Movilidad					Movilidad
19				Fintech				Fintech		
20		Fintech	Fintech							
21		Fintech		Fintech	Fintech					
22		Fintech			Infraestructura	Infraestructura	Infraestructura	Infraestructura		
23										
24	Fintech	Infraestructura	Fintech					Fintech		
25	Infraestructura					Movilidad				
26			Infraestructura							
27		Fintech						Fintech	Fintech	
28	Fintech							Fintech		
Salud	1	1	1	3	0	4	1	1	0	0
Movilidad	3	0	0	0	1	1	0	0	0	1
Infraestructura	5	3	4	0	2	2	4	0	0	1
Fintech	7	11	5	3	2	2	2	6	2	2
TOTAL	16	15	10	6	5	9	7	7	4	4

De la Tabla 5 obtenemos las siguientes tablas y figuras que nos informan sobre el impacto de las nuevas tecnologías en las industrias seleccionadas:

Tabla 6

Influencia del Internet de las Cosas en la mejora de las cuatro industrias importantes de las Sociedades 5.0.

S.5.0/ I.4.0	IoT
Salud	1
Movilidad	3
Infraestructura	5
a	
Fintech	7
TOTAL	16

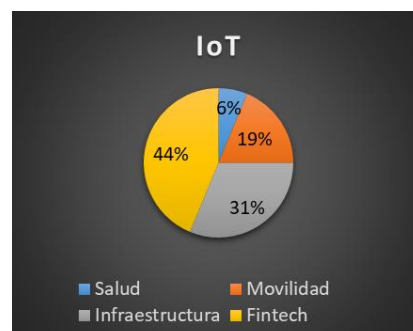


Figura 2. Distribución de la Tabla 6

Tabla 7

Influencia de la Big Data en la mejora de las cuatro industrias importantes de las Sociedades 5.0.

S.5.0/I.4.0	Big Data
Salud	1
Movilidad	0
Infraestructura	3
Fintech	11
TOTAL	15

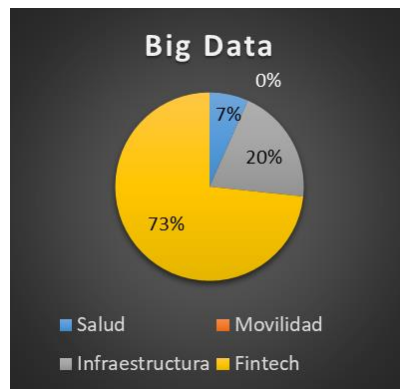


Figura 3. Distribución de la Tabla 7

Tabla 8

Influencia de la Cloud Computing en la mejora de las cuatro industrias importantes de las Sociedades 5.0

S.5.0/I.4.0	Cloud Computing
Salud	1
Movilidad	0
Infraestructura	4
Fintech	5
TOTAL	10

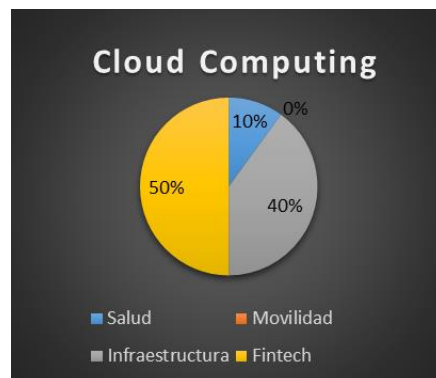


Figura 4. Distribución de la Tabla 8

Tabla 9

Influencia de la Simulación en la mejora de las cuatro industrias importantes de las Sociedades 5.0.

S.5.0/I.4.0	Simulación
Salud	3
Movilidad	0
Infraestructura	0
Fintech	3
TOTAL	6

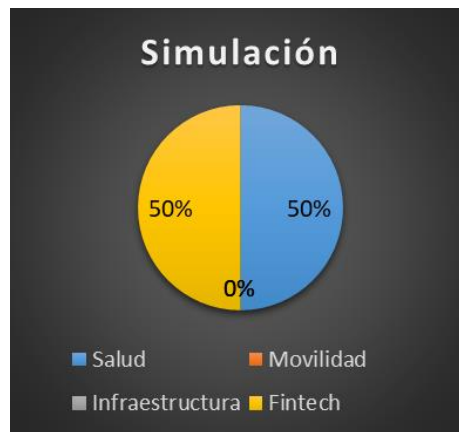


Figura 5. Distribución de la Tabla 9

Tabla 10

Influencia de la Realidad Aumentada en la mejora de las cuatro industrias importantes de las Sociedades 5.0.

S.5.0/I.4.0	Realidad Aumentada
Salud	0
Movilidad	1
Infraestructura	2
Fintech	2
TOTAL	5

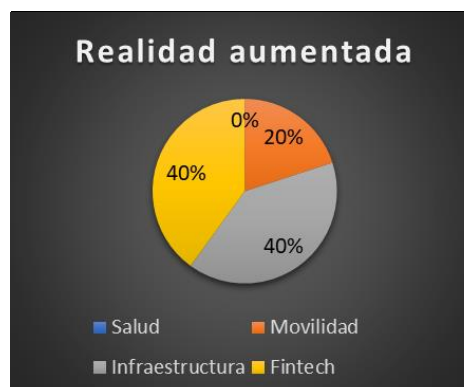


Figura 6. Distribución de la Tabla 10

Tabla 11

Influencia de los Robots en la mejora de las cuatro industrias importantes de las Sociedades 5.0.

S.5.0/I.4.0	Robots
Salud	4
Movilidad	1
Infraestructura	2
Fintech	2
TOTAL	9

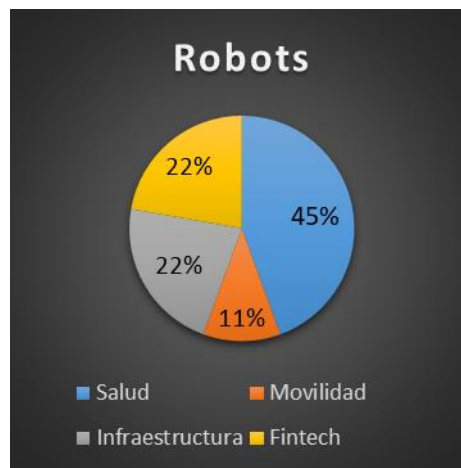


Figura 7. Distribución de la Tabla 11

Tabla 12

Influencia de los Manufactura Aditiva en la mejora de las cuatro industrias importantes de las Sociedades 5.0.

S.5.0/I.4.0	Manufactura Aditiva
Salud	1
Movilidad	0
Infraestructura	4
Fintech	2
TOTAL	7

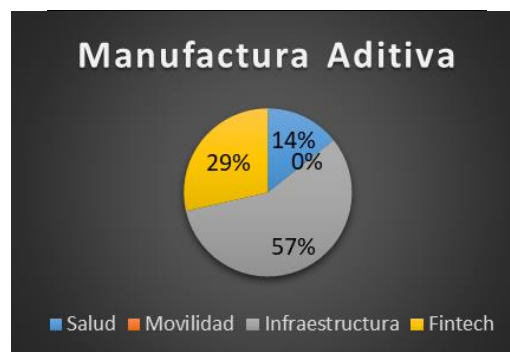


Figura 8. Distribución de la Tabla 12

Tabla 13

Influencia de los Ciberseguridad en la mejora de las cuatro industrias importantes de las Sociedades 5.0.

S.5.0/I.4.0	Ciberseguridad
Salud	1
Movilidad	0
Infraestructura	0
Fintech	6
TOTAL	7

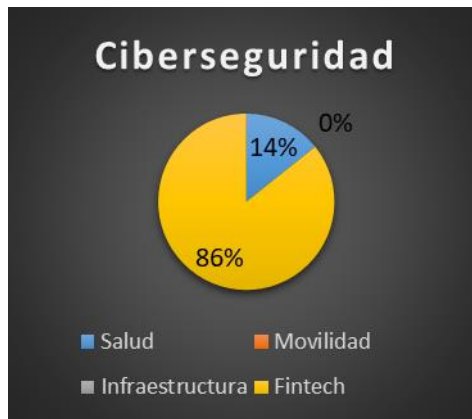


Figura 9. Distribución de la Tabla 13

Tabla 14

Influencia de los Integración HV en la mejora de las cuatro industrias importantes de las Sociedades 5.0.

S.5.0/I.4.0	Integración HV
Salud	0
Movilidad	1
Infraestructura	1
Fintech	2
TOTAL	4

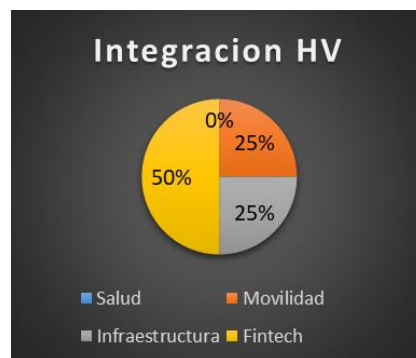


Figura 10. Distribución de la Tabla 14

El análisis de la industria 4.0, habiéndolo clasificado en las 9 tecnologías de la Industria 4.0 que son el internet de las cosas, el Big Data, Cloud Computing, la simulación, la Realidad Aumentada, los Robots, la Manufactura Aditiva, La Ciberseguridad y la Integración horizontal y Vertical [46]; nos permite tener una visión más amplia de como la Adopción de la Industria 4.0 influye en la mejora de la Calidad de Vida en la Sociedad 5.0. Por lo cual, de ello, de los 28 artículos, discutimos los siguientes resultados:

- Con la mayor participación tuvimos con 16 artículos siendo el 57.4 % que mencionan la utilidad del Internet de las cosas en relación con la Sociedad 5.0.
- Por el contrario, con menor participación que mencionan la utilidad a la Integración Horizontal y Vertical de los cuales, tuvimos con 4 artículos siendo el 14.9 %, en relación con la Sociedad 5.0.

Por otro lado, para analizar detalladamente en la influencia de las 9 tecnologías de la Industria 4.0 en la aplicación de la Sociedad 5.0. Hemos elegido cuatro industrias importantes que se deben tener en cuenta en la Sociedad 5.0 que son la Salud, la Movilidad, la Infraestructura y el Fintech. Por lo cual, de ello, de los 28 artículos, discutimos los siguientes resultados:

- Dentro del peso del Internet de las Cosas como base en la mejora de las Sociedad 5.0, se resalta como más influyente al Fintech con un 44%.
- Dentro la influencia del Big Data en la mejora de las Sociedad 5.0 resalta como más influyente al Fintech con un 73%.
- Dentro la influencia del Cloud Computing en la mejora de las Sociedad 5.0 resalta como más influyente al Fintech con un 50%.
- Dentro la influencia de la Simulación en la mejora de las Sociedad 5.0 existe un empate del 50% en la Salud y el Fintech.
- Dentro la influencia de la Realidad Aumentada en la mejora de las Sociedad 5.0 existe un empate del 40% en la Salud y el Fintech.
- Dentro la influencia de los Robots en la mejora de las Sociedad 5.0 resalta como más influyente a la Salud con un 45%.
- Dentro la influencia de la Manufactura Aditiva la mejora de las Sociedad 5.0 resalta como más influyente a la infraestructura con un 57%.
- Dentro la influencia de la Ciberseguridad en la mejora de las Sociedad 5.0 resalta como más influyente al Fintech con un 73%.
- Dentro la influencia de la Integración Horizontal y Vertical en la mejora de las Sociedad 5.0 resalta como más influyente al Fintech con un 50%.

4. Conclusiones

Los resultados de la presente investigación nos ayudan a poder despejar algunas dudas con relación al tema central de la investigación. Luego de la revisión exhaustiva de 46 fuentes y de ellos 28 artículos, con información relativamente necesaria; nos permite conceptualizar y analizar los términos relacionados con la Industria 4.0 y la Sociedad 5.0. Enfocándonos en describir La Adopción de la Industria 4.0 y su Influencia en la Mejora de la Calidad de Vida en la Sociedad 5.0.

Se concluye que verdaderamente la influencia que tiene la Industria 4.0 tiene mucha más contundencia en la industria del Fintech que se cataloga una de las industrias importantes en las Sociedad 5.0. Podemos decir que La Sociedad 5.0 se enfocan en las finanzas o en construir empresas para que mejoren su posición económica y tengan una mejor calidad de vida, pero, si bien es cierto, también la industria 4.0 ayuda en las industrias Salud, Infraestructura y Movilidad; podremos ver que poco a poco la adaptabilidad de las Industrias 4.0 puedan que cambien estos resultados encontrados por los investigadores.

Por último; se concluye que esta temática de investigación aún no llega a su fin, de hecho, está en pleno desarrollo, por lo que se debe continuar con su estudio, debido a la rapidez con la que evoluciona el mundo.

5. Referencias Bibliográficas

- [1] Avila, L. A. A., Jimenes, M. R. A., Ríos, Á. J. B., Atavios, E. E. G., Rodriguez, M. E. G., Chaupe, C. A. H., & Saavedra, D. P. L. (2022). LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ERP EN LAS PYMES DE MANUFACTURA. *Gestión de Operaciones Industriales*, 1(1), 61-72.
- [2] Metalmecánica (2022). Manufactura inteligente: ¿están listos para la industria 4.0? PLATAFORMA DE VIGILANCIA TECNOLÓGICA Y INTELIGENCIA COMPETITIVA
- [3] Rojas, M. J. B., Rojas, K. T. G., & Molano, J. I. R. (2017). Propuesta de una arquitectura de la industria 4.0 en la cadena de suministro desde la perspectiva de la ingeniería industrial. *Ingeniería solidaria*, 13(23), 77-90.
- [4] Instituto Politécnico Nacional (2019). El papel de la Inteligencia artificial en la Industria 4.0
- [5] Rodríguez Asien, E. (2018). La 5ta revolución tecnológica en Japón. *Observatorio Iberoamericano de la Economía y la Sociedad de Japón.*, (marzo).
- [6] Pacheco González, A., Candolfi Arballo, N., Morales Gamboa, R., & Ramírez Moreno, S. (2021). Competencias estratégicas para la Industria 4.0 y la Sociedad 5.0 LeActiveMath View project Edge Mesh for IoT View project. Div. Raké, 1 (2), 1–11.
- [7] Ortega, A. (2019). Sociedad 5.0: el concepto japonés para una sociedad superinteligente. *Estudios Internacionales y Estratégicos, ARI*, 10-2019.
- [8] Rey Sánchez, S. P., Garivay Torres de Salinas, F. D. M., Jacha Rojas, J. P., & Malpartida Gutiérrez, J. N. (2022). Industry 4.0 and business quality management [Industria 4.0 y gestión de calidad empresarial].
- [9] Mayhua, S. y Rivera, E. (2020). Análisis de la Industria 4.0 en la Servitización. Universidad Católica San Pablo.
- [10] Pinzón, L (2022). El consumidor en la industria 4.0 y sus mega tendencias. Repositorio Académico UPC.
- [11] Bejar Gonzales, D. L., & Jove Castillo, E. L. (2020). Estudio de tecnologías 4.0 en el sector de industrias alimentarias. Universidad Católica San Pablo.
- [12] Aranda López, N., & Hoyos Raigosa, P. (2020). *El líder de la sociedad 5.0* (Doctoral dissertation, Universidad EAFIT).
- [13] Galindo, O. (2022). DESAFÍOS SOCIALES PARA LA ORGANIZACIÓN INTELIGENTE DE LA INFORMACIÓN EN LA SOCIEDAD 5.0. REVISTA TRANSDISCIPLINARIA DEL SABER
- [14] Morawska, J. y Caraynnis, E. (2022). El futuro de Europa: la sociedad 5.0 y la industria 5.0 como fuerzas impulsoras de las universidades del futuro. *Revista de la Economía del Conocimiento*.
- [15] González, R. (2021). La IA y el machine learning buscan nuevos fármacos. PLATAFORMA DE VIGILANCIA TECNOLÓGICA Y INTELIGENCIA COMPETITIVA
- [16] Redes & Telecom. (2021). Más allá de 5G: la próxima generación está en marcha.

- [17] González, R. (2021). La IA impacta en la productividad.
- [18] Albarrán, C. (2021). 5G será un actor clave en el futuro del transporte.
- [19] Revista Minería y Energía. (2022). Predicciones en ciberseguridad: cómo los ataques se fortalecerán en el 2022.
- [20] Big Data Magazine (2021). La Virtualización de Datos genera un Retorno de Inversión del 408 %.
- [21] González R. (2021) Las empresas de logística dejan su futuro en manos del Big Data.
- [22] Santos, K. O. A., Del Castillo, K. J. G., Rodríguez, D. E. L., Vigo, J. L. P., Llanos, Á. J. R., Velasquéz, M. F. S., & Olivares, M. A. V. (2022). MÁQUINAS AUTÓNOMAS EN LA INDUSTRIA 4.0. *Gestión de Operaciones Industriales*, 1(1), 23-47.
- [23] Díaz, J. Avelar, L. y García, J. (2018) Obstáculos en la implementación de tecnologías avanzadas para la fabricación. *Gestión de Riesgo Operacional en Logística de Terceros*
- [24] García, F. (2020). Revisión de las tecnologías presentes en la industria 4.0. *Revista UIS Ingenierías*.
- [25] Corzo, G. (2020). Estrategias de competitividad tecnológica en la conectividad móvil y las comunicaciones de la industria 4.0 en Latinoamérica. Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, Posgrados de Ingeniería, Puebla-México.
- [26] González, R. (2021) Las pymes usan más servicios Cloud que nunca, pero siguen teniendo problemas técnicos. PLATAFORMA DE VIGILANCIA TECNOLÓGICA Y INTELIGENCIA COMPETITIVA
- [27] González, R. (2021). ¿Qué puede aportar el machine learning a la ciberseguridad?
- [28] Santiago, E. y Sánchez, J. (2017). RIESGO DE CIBERSEGURIDAD EN LAS EMPRESAS. *Revista de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente*
- [29] Ministerio de Tecnologías de la Información y las comunicaciones. 2019. Aspectos Básicos de la Industria 4.0. 23-25
- [30] Quintero, L. 2022. Gerencia en la sociedad 5.0. Universidad de Lima.
- [31] Un robot japonés para cosechar tomates en el invernadero Tomatoworld. (2022). Recuperado 23 de agosto de 2022, de Fresh Plaza website: <https://www.freshplaza.es/article/9367242/un-robot-japones-para-cosechar-tomates-en-el-invernadero-tomatoworld/>
- [32] El primer guía robot del mundo empieza a trabajar en un centro comercial en Tokio. (2020). Recuperado 23 de agosto de 2022, de JNews website: <https://staging.internationalpress.jp/2015/12/18/el-primer-guia-robot-del-mundo-empieza-a-trabajar-en-un-centro-comercial-en-tokio/>
- [33] Blanco, R., Fontrodona, J., & Poveda, C. (2020). La insdustria 4.0: El estado de la cuestión. *Revista Economica Industrial*, 151-164.
- [34] Corvera Vergara, M. (2019). Sociedad 5.0: produciendo una sociedad de la abundancia.

- [35] Garell, A., & Guilera, L. (2019). Las tecnologías de la industria 4.0. En L. Guilera, La industria 4.0 en la sociedad digital (págs. 53-58). Marge.
- [36] Manrique Valdor, C. (2 de 12 de 2019). Industria 4.0 y Sociedad 5.0, por Christian Manrique. Obtenido de Christian Manrique Valdor founder y former ceo at soulware global developmet: <https://christianmanrique.com/2019/02/12/industria-4-0-y-sociedad-5-0-por-christian-manrique/>
- [37] Molina Navarrete, C., & Vallecillo Gámez, M. R. (2021). De la economía digital a la sociedad del e-work decente: condiciones laborales para una industria 4.0 justa e inclusiva. España: Aranzadi S.A.U.
- [38] Oficina Asesora de planeación y recursos sectoriales. (2019). Aspectos Basicos de la industria 4.0. República de Colombia.
- [39] Ortega, A. (2019). Sociedad 5.0: el concepto japonés para una sociedad. Obtenido de Real Instituto Elcano: <https://www.realinstitutoelcano.org/analisis/sociedad-5-0-el-concepto-japones-para-una-sociedad-superinteligente/>
- [40] Pargas Gabaldón., F. (2021). Del Pensamiento 4.0 a la Sociedad 5.0: retos y desafíos de la transformación digital. Obtenido de Florinda Pargas Gabaldón.
- [41] Piccarozzi, M., Aquilani, B., & Gatti, C. (2018). Industry 4.0 in Management Studies: A Systematic Literature Review. Sustainability, 1-24.
- [42] Roser, M. (2017). Fertility Rate. Obtenido de Our World in Data: <https://ourworldindata.org/fertility-rate#data-quality-definition>
- [43] Roza García, F. (2020). Revisión de las tecnologías presentes en la industria 4.0. Revista UIS Ingenierías, 178-188.
- [44] Sossa Azuel, J. (2020). El papel de la inteligencia artificial en la Industria 4.0. En P. Rodríguez Reséndiz, La inteligencia artificial y datos masivos en archivos digitales sonoros y visuales. (págs. 21-58). México: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.
- [45] Ynzunza Cortés, C. B. (2017). El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y perspectivas futuras. Conciencia Tecnologica, 54.
- [46] Yu, F., & Schweisfürth, T. (2020). Industry 4.0 technology implementation in SMEs – A survey in the Danish-German border region. International Journal of Innovation Studies, 76-84.

GESTIÓN DE OPERACIONES

INDUSTRIALES



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



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
TRUJILLO

FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRUJILLO, PERÚ
Marzo, 2022

Most used materials in additive manufacturing in the metalworking sector: A systematic review

Jose Ricardo Delgado Deza^{1,*}; Evellyn Milles Duval Guevara Vega¹; Kenner Alexander Rojas Ahumada¹; Ayrton Oscar Alfonso Soto Alarcón¹; Alessandro Moises Venegas Villarreal¹; Estela Geraldine Villar García¹; Joe Alexis González Vásquez¹

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

*Autor correspondiente: jrdelgadod@unitru.edu.pe (J. Delgado).

Fecha de recepción: 31 08 2022. Fecha de aceptación: 20 11 2021

ABSTRACT

Additive manufacturing or also known as 3D printing is a breakthrough that has been developed in industrial production allowing times to be reduced, for this it is important to know their processes, so this systematic review was conducted with the question: What materials and techniques are the most used in the metalworking sector?

So our research objective is to describe the results of the most used materials, technologies, techniques and applications in this industry. This search was achieved by reviewing articles published in databases such as ScienceDirect, Vtindustrial, Redalyc, ResearchGate, Nature, Semantic Scholar, Sciendo, Resiup, Oikonomics, IOPScience, HAL, Core from 2017 to 2022.

Keywords: additive manufacturing; 3d print; industrial.

Materiales más usados en fabricación aditiva en el sector metalmecánica: Una revisión sistemática

RESUMEN

La fabricación aditiva o conocida también como impresión 3D es un gran avance que se ha desarrollado en la producción industrial permitiendo que los tiempos se reduzcan, para ello es importante conocer sus procesos, por lo que se realizó esta revisión sistemática que tiene como pregunta: ¿Qué materiales y técnicas son las más usadas en el sector de metalmecánica?

De modo que nuestro objetivo de investigación es describir los resultados de los materiales más usados en esta industria, tecnologías, técnicas y aplicaciones. Esta búsqueda se logró gracias a revisión de artículos publicados en base datos como ScienceDirect, Vtindustrial, Redalyc, ResearchGate, Nature, Semantic Scholar, Sciendo, Resiup, Oikonomics, IOPScience, HAL, Core comprendida entre los años 2017 al 2022.

Palabras clave: fabricación aditiva; impresión 3d; industrial.

1. Introducción

La innovación es un proceso importante para las empresas, debido a que constantemente se busca una mejora en todos o en la mayor parte de los procesos de la organización, es aquí donde aparece un sector de mucha importancia como lo es el sector metalmecánico, [25] mencionan que el sector metalmecánico logra un establecimiento de la calidad y precisión de los trabajos, generando un factor diferenciador entre su competencia, y esto, incita a los altos mandos de la organización a buscar la innovación. Esto muestra la gran influencia del sector metalmecánico en los diferentes procesos, debido a que siempre se requieren de estos bienes para los múltiples sectores, uno de ellos el automotriz, según [2] piezas como el motor de combustión van a evolucionar en el futuro, por lo cual esta industria debe estar preparada para el cambio, siendo las tecnologías de materiales de vital importancia, como los procesos de fabricación aditiva. Otro ejemplo de la influencia del sector metalmecánico es lo que dice [28], él menciona sobre cómo la productividad manufacturera ha tenido un aumento sostenido, y esto ha permitido mantener la competitividad entre las empresas. [4] menciona que las organizaciones buscan optimizar sus procesos mediante innovación o reingeniería para enfocarse en la disminución de sus costos de producción, los tiempos en respuesta de la distribución de los productos y el incremento en la satisfacción.

En la actualidad, en este sector se presentan algunas dificultades, [23] nos mencionan sobre cómo el sector metalmecánico actualmente está afrontando brechas tecnológicas en automatización industrial, impuestos y la difícil accesibilidad para obtener fuentes de apalancamiento financiero.

Para afrontar estas limitaciones, el sector metalmecánico implementó la fabricación aditiva como reemplazo a la fabricación convencional, [24] nos menciona que la principal diferencia entre fabricación convencional y fabricación aditiva, es que en la fabricación convencional se parte de un material al cual se le va quitando parte de este, mientras que en la fabricación aditiva se realiza mediante adición sucesiva de capas de material.

La fabricación aditiva brinda diversos beneficios, según [37] afirma que la fabricación aditiva conlleva un menor uso de material, resultando en un menor costo, a su vez varias industrias resultan beneficiarias como la automotriz, médica y aeroespacial debido a que la fabricación aditiva permite la construcción de piezas únicas siendo geométricamente complejos y personalizables. [19] menciona que la selección de materiales adecuados es de mucha importancia para el proceso de producción, esto debido a que cada material cuenta con diferentes propiedades, llevando a escoger diversos criterios o formas para tratar a cada uno, esto muestra la importancia en los materiales para la fabricación de diversos productos debido a que deben estar hechos de diversos materiales dependiendo de su uso, es aquí donde la fabricación aditiva entra en acción, intentando hacer uso de varios tipos de materiales en su fabricación. [6] menciona que la fabricación aditiva requiere de materiales de muy buena calidad para lograr cumplir con las especificaciones consistentes, logrando construir partes funcionales contando con una gran variedad de materiales para la creación.

Según [14] los materiales de metal tienen destacadas propiedades mecánicas, eléctricas, químicas entre otras, [3] nos nombra algunos de estos materiales como las aleaciones de aluminio, aleaciones de cobalto, aleaciones a base de níquel, acero inoxidable y aleaciones de titanio. En entornos peligrosos una opción conveniente es usar aleación a base de níquel, esto es debido a que este material tiene una alta resistencia a la corrosión y temperaturas. Otro material que puede utilizarse en entornos peligrosos, es la aleación de titanio por su buena resistencia a la corrosión, oxidación y baja densidad. Esto último muestra que la relación entre la fabricación aditiva y el sector metalmecánico resulta beneficioso a comparación de la fabricación tradicional, pero esto siempre ha conllevado a fabricar distintos objetos de diversos materiales metálicos, aplicando diversas técnicas, tecnologías y máquinas para estos, por ello, este estudio se enfoca en analizar los diversos materiales y parte de los procesos usados en la fabricación aditiva en el sector metalmecánico [7].

2. Metodología

Para esta revisión sistemática se tuvo que realizar una exploración de la literatura científica en base a la metodología PRISMA, definida por [10] Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses. La pregunta de investigación establecida para dirigir este estudio fue la siguiente: ¿Qué materiales y técnicas son las más usadas en el sector de metalmecánica? Esta metodología promueve según [1] que un sistema fundamentado en la evaluación de los distintos componentes del diseño y ejecución de los estudios revelará evidencias precisas y empíricas acerca de la relación entre ellos.

Por lo que es necesario realizar este estudio con un método que sea de manera explícita, buscando el indagar para satisfacer los resultados del estudio.

Este método comienza con la búsqueda de registros o citas en las distintas bases de datos, continuando con la eliminación de los duplicados para terminar con aquellos estudios implicados en síntesis cualitativa y cuantitativa (revisión sistemática y metaanálisis respectivamente), referenciado por [9].

Para poder empezar el proceso de búsqueda se emplearán descriptores como términos a partir de la pregunta de investigación: “impresión 3d”, “fabricación aditiva”, “materiales”, “industria”, “aplicaciones”, “metalmeccánica”.

Siguiendo con el proceso de búsqueda, se clasificará y para ello se realizó un manejo de los términos ya dados junto con operadores booleanos: ("fabricación aditiva" OR "impresión 3d" AND "metalmeccanica").

Para esta revisión sistemática, se seleccionaron las bases de datos SCIENDO, NATURE, SCIEDIRECT, RESEARCHGATE, SEMANTIC SCHOLAR, CORE, IOPSCIENCE, HAL, REDALYC, RISEUP, VTINDUSTRIAL, OIKONOMICS, tal como se muestra en Tabla 1.

Tabla 1: Lista de los términos usados en distintas bases de datos para la revisión sistemática en los últimos 5 años.

Base de Datos	Terminos buscados
Sciedirect	"3D printing" AND "materials" OR "metal"
Vtindustrial	"fabricación aditiva" OR "sector metalmeccanica"
Redalyc	"fabricación aditiva" AND "metales"
Researchgate	"Metal 3D printing" OR "manufacturing"
Nature	"3D Printing"
Semantic Scholar	"additive manufacturing"
Sciendo	"Powder Metallurgy"
Riseup	"fabricación aditiva" AND "metales"
Oikonomics	"fabricación aditiva"

Iopscience	"fabricación aditiva" AND "metales"
Hal	"fabricación aditiva" AND "materiales" OR "técnicas"
Core	"fabricación aditiva" AND "metales"

Para realizar este estudio, se presentan artículos publicados en bases de datos científicas, en los idiomas inglés y español, comprendidos entre los años 2017 al año 2022 (últimos 5 años).

Con respecto al criterio de inclusión son: fabricación aditiva en el contexto de industrias, beneficios y efectos en la aplicación de la impresión 3D.

Con respecto al criterio de exclusión se dispuso no abordar las publicaciones que tienen como temas de fabricación aditiva en empresas que no abarquen alguna área de industria.

El registro de búsqueda y de extracción de información se trató por los colaboradores del estudio de manera independiente, donde las desigualdades fueron observadas y resueltas en consenso por los mismos para poder realizar una revisión sistemática.

De la búsqueda de artículos en las bases de datos y motores de búsqueda se determinó un total de, aproximadamente, 50 artículos publicados entre el periodo de 2017 a 2022; ordenados de la siguiente manera: ScienceDirect con 12 artículos, Vtindustrial con 9 artículos, seguida de Redalyc con 8 artículos, ResearchGate y Nature con 6 artículos, Semantic Scholar con 3 artículos, finalmente Sciendo, Core, Iopscience, Hal, Resiup, Oikonomics con 1 artículo respectivamente.

Tomando en cuenta estos artículos seleccionados, se procedió a precisar la definición de fabricación aditiva dictado por autores, así también que materiales y técnicas son usadas en el contexto propuesto; finalmente mostrar aplicación de impresión 3D junto con sus beneficios.

Con respecto a los países que lideran las publicaciones, se demuestra que existe una relativa importancia para el tema de fabricación aditiva; principalmente España, USA y Alemania que cuenta con 6 publicaciones, seguida de Colombia con 5 artículos, India, Reino Unido y Singapur con 3 artículos cada uno; China, Malasia, Portugal, Canadá con 2 artículos cada uno y otros con 1 artículo, tal y como se muestra en la Figura 1.

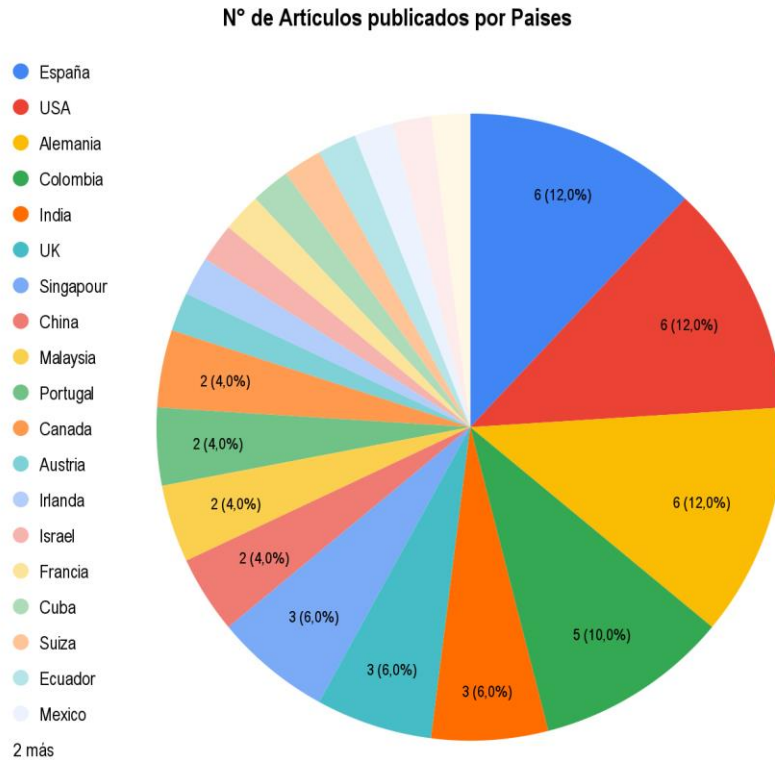


Figura 1: Distribución del número de artículos publicados según cada país.

Los artículos consultados en este artículo fueron seleccionados con la condición de que estos tengan una fecha de publicación no menor a 5 años de antigüedad, dando así estos resultados, se encontró que en el año 2019 el número de artículos es de 11, el año 2021 con 10 artículos seguidamente del año 2020 con un total de 9 artículos publicados. En el año 2022 y 2018 tienen respectivamente 8 y 7 artículos publicados y en el último año que es el 2017 se encontró un total de 5 artículos: Esto es debido a que se tomó en cuenta que, para la recolección de datos, los artículos deberían ser los más actuales.

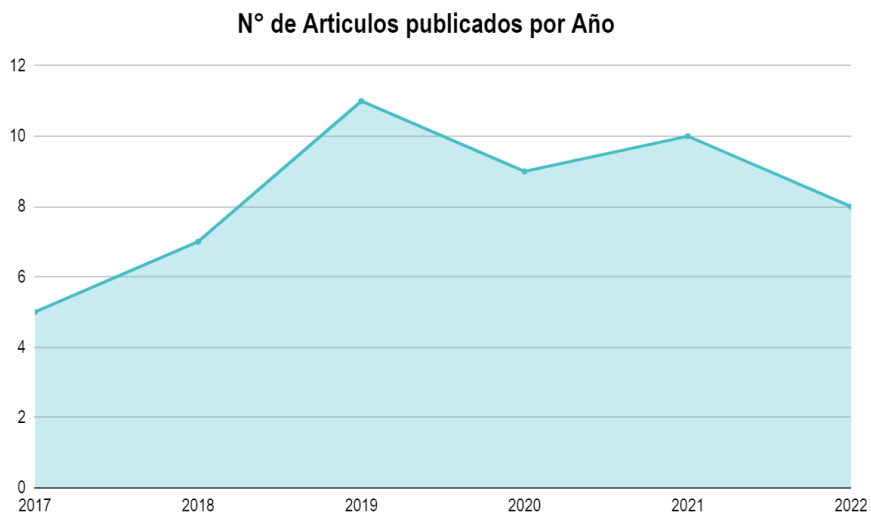


Figura 2: Distribución del número de artículos publicados según el año.

3. Resultados y discusión

La fabricación aditiva es uno de los pilares actuales para la construcción de objetos, algunos autores [5] definen a la fabricación aditiva como la revolución en la fabricación, debido a que permite la construcción flexible, compleja y precisa de las estructuras que son difíciles de realizar con métodos tradicionales de fabricación como la fundición y el mecanizado.

Otros autores como por ejemplo [8] mencionan que la fabricación aditiva o también llamada impresión 3D aporta muchos beneficios a comparación de los métodos tradicionales, brindando una mayor eficiencia estructural, libertad geométrica, un uso reducido de materiales y sobre todo brinda la personalización.

Estas ideas permiten comprender de mejor manera su propósito, siendo la fabricación aditiva [12] una serie de tecnologías especializadas en fabricación que permite la generación de modelos que encontramos de manera digital al mundo físico, brindando precisión y rapidez en la construcción de todo modelo.

Como nos menciona [6]. La manufactura aditiva requiere el uso de materiales de alta calidad que cumplan con las especificaciones para garantizar el cumplimiento de los acuerdos entre proveedores y compradores. Y que la fabricación aditiva tiene un rango amplio de materiales con los que puede operar.

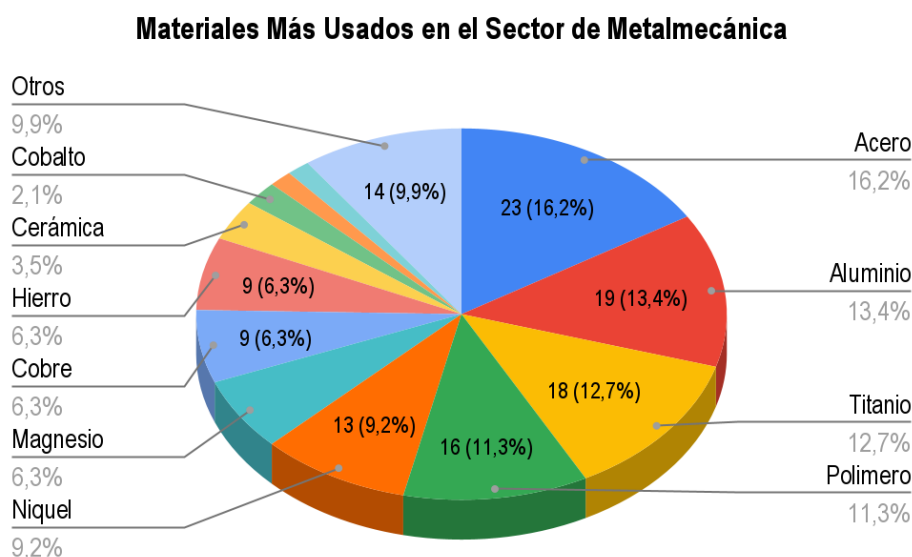


Figura 3: Materiales más usados según los artículos publicados.

De las investigaciones revisadas es posible apreciar que en primer lugar se tiene al acero, el cual se puede considerar el mejor material para aplicaciones en fabricación aditiva debido a su gran tolerancia a la corrosión y durabilidad en entornos hostiles [20], además de presentar una mejor dureza, resistencia, ductilidad, resistencia al desgaste y tenacidad que otros materiales. El aluminio [21] quedando en segunda posición, pero de igual manera es utilizado en una variedad de industrias por su bajo costo y alta fuerza, pero baja densidad lo que lo hace ideal en situaciones que requieren tanto eficiencia como livianez como pueden presentarse en la industria automotriz y aeroespacial por mencionar algunas. En tercer lugar, se encuentra el titanio como mejor material para los sectores aeroespacial y médico por sus excelentes propiedades mecánicas y biocompatibilidad, la cual lo hace el mejor candidato para implantes médicos.

En una encuesta realizada en 2016, mencionado por [18], se utilizan principalmente tres tecnologías, las cuales son: la sinterización selectiva por láser; modelado por deposición fundida; y, la estereolitografía.

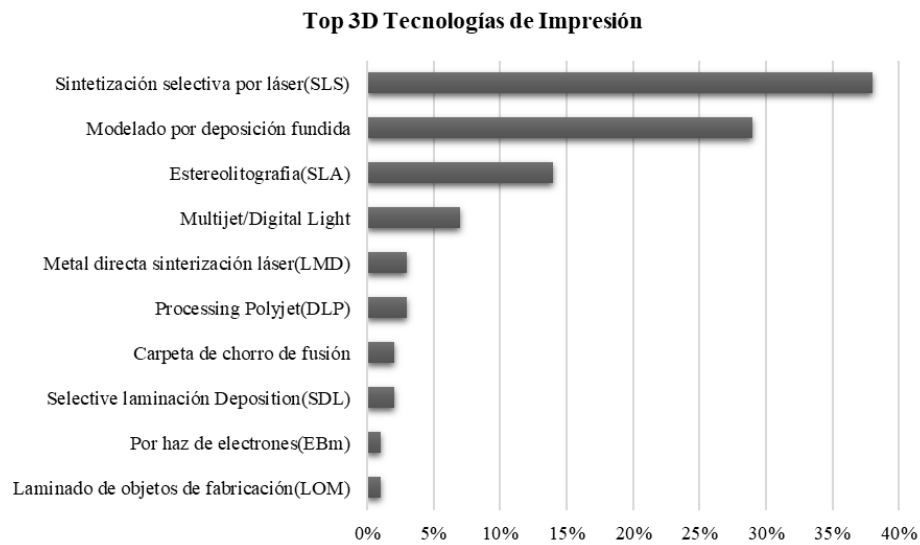






Figura 4: Top 3D Tecnologías de Impresión. Fuente: Elaborada por Dias Lopes, 2018

Se muestran, en la Tabla 2, las características generales de los distintos procesos de fabricación aditiva, con la finalidad de comparar sus componentes. El material de referencia para la comparación se considera a partir de una pieza bruta laminada en frío, mencionado por Laue, [22]

Tabla 2: Características de procesos de fabricación aditiva

Manufacturing Process	SLM	WAAM	3DPDM	Sheet Metal
Material			316L (1.4403)	
Initial state	Powder (30–63 μm)	Wire (Ø 1.2 mm)	Powder (50–125 μm)	Sheet (cold rolled)
Melting source	Laser	Arc	Arc	-
Layer height/sheet thickness	0.06 mm	1.70 mm	0.97 mm	6.00 mm
Process time/reference component	231.3 min	13.5 min	22.5 min	Not specified
Reference component				

Fuente: Elaborada por Laue, R., Colditz, P., Möckel, M., & Awiszus, B. ,2022

[26] aclara que SLM y 3DPDM son procesos basados en polvo, mientras que WAAM es un proceso basado en alambre. En ese caso, las características de cada tecnología de fabricación aditiva son necesariamente diferentes, las más representativas son el tamaño del haz, el espesor de capa, la ratio de deposición, el acabado superficial o el estrés residual de la pieza, mencionado por [17]

Luego de analizar los artículos revisados podemos encontrar que existen variadas técnicas que se podrían utilizar para la fabricación aditiva, como se muestra en la Figura 5.

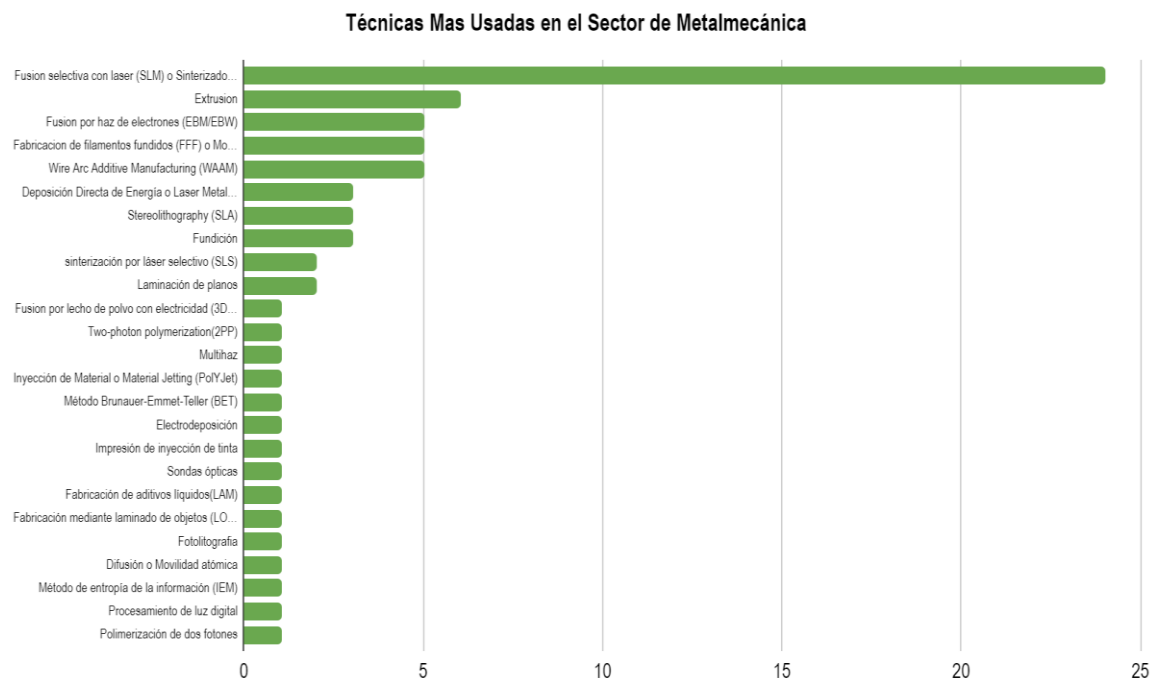


Figura 5: Técnicas más usadas en el sector de metalurgia

[15] citando a Heutger, & Kückelhaus, (2016) nos menciona que la Sinterización Selectiva por Láser (SLS) utiliza el láser para fundir material de alimentación en polvo, en el objeto deseado ya que también permite la impresión de materiales a base de metal. Una de las principales ventajas es que el lecho de polvo actúa como soporte de la pieza que se está fabricando, por lo que el diseño adicional de estructuras de soporte es innecesario, aligerando la carga de diseño y el esfuerzo de la extracción de la pieza sustancialmente. [14] citando a Acevedo, (2016). [16] citando a Rosen et al, (2015) explica que esta técnica SLS se compone principalmente de dos etapas. La primera etapa es conocida como reparto de material; esta inicia en la bandeja de fabricación con un espesor uniforme predispuesto en el fichero digital que contiene la información de la pieza. La segunda etapa es el procesado de material; que se da por medio de un haz de energía láser que procesa de manera selectiva sobre el material capa a capa siguiendo la geometría de la pieza, en la figura 1 encontramos una representación esquemática del proceso (SLM).

La segunda técnica más utilizada es la Extrusión que dentro de las 50 citas, solo 6 hacen uso de esta, una gran diferencia respecto a la primera, está se refiere al proceso que se hacen a los materiales para moldearlos, o sea que estos se funden y pasan por una constante presión y fuerza, y así obtener la forma que se desea. La fabricación aditiva en la extrusión de materiales se puede emplear para la producción de variedades de materiales. “Este proceso ha sido ampliamente utilizado y los costos de este son bajos. Además, que con este proceso se pueden construir piezas funcionales. El modelado de disposición fundida (FDM), es una de los ejemplos de extrusión de materiales” [6]. [27] explica que el FDM es un proceso de manufactura aditiva donde un filamento es alimentado hacia un extrusor, calentado por encima del punto de fusión y depositado en una plataforma donde se solidifica y se consolida la parte.

Dejando de lado las distintas técnicas y tecnológicas, es importante también conocer las aplicaciones que la fabricación aditiva ofrece en las empresas del rubro de producción y procesos para que sean más competitivas; actualmente la producción muchas veces está segmentada en múltiples partes, todas estas partes o eslabones del proceso se integran para obtener el producto final. Con la implementación de esta tecnología, estas partes se reducirían considerablemente haciendo así que el proceso de producción sea más rápido. En nuestro

conjunto de artículos seleccionados para desarrollar este trabajo, en 15 de ellos específicamente, se logró agrupar 3 tipos de uso que se le puede dar a esta tecnología.

Una es el Simulado: Se basa en la creación de prototipos o simulaciones, de objetos que son a veces muy difíciles de manejar.

Otra es la fabricación de piezas y/o accesorios para algunos productos, en donde se utiliza a los objetos producidos por medio de la fabricación aditiva para completar a los productos hechos por la manera tradicional [11].

La tercera es la Personalización de productos, [13] dice que a veces los productos que requerimos son difíciles de producir de una forma tradicional, gracias a lo flexible que puede ser diseñar un producto según las dimensiones y características de lo que se quiere obtener.

En el siguiente gráfico, se presenta un resumen de la cantidad de artículos analizados según la aplicación que se le puede dar a la fabricación aditiva:

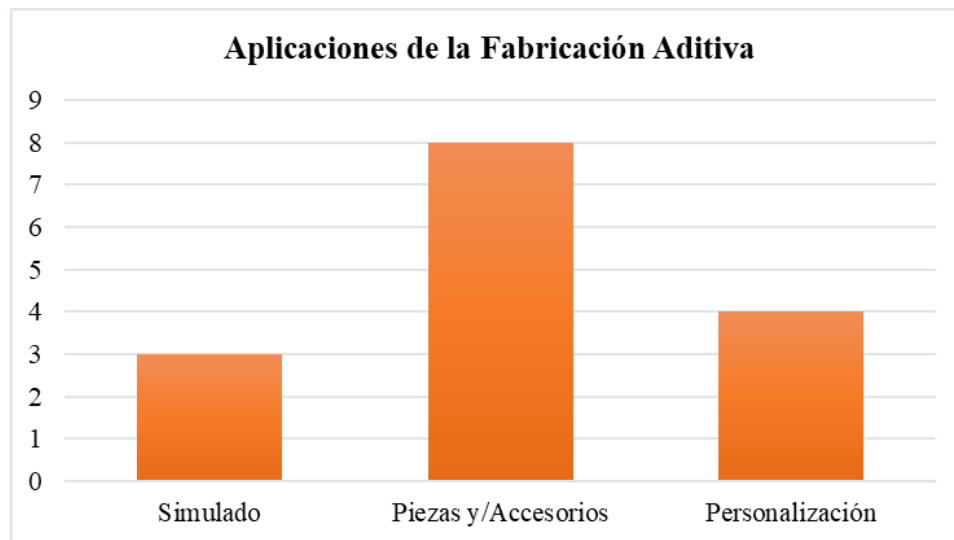


Figura 6: Aplicaciones de la Fabricación Aditiva.

La fabricación aditiva, por el momento, no puede sustituir a la fabricación tradicional en masa, ya sea por el grado de complejidad del producto y qué material utiliza para fabricarlo; pero si se puede usar para complementar a esta, referenciado por [16]

4. Conclusiones

Este presente artículo presenta las principales características de la fabricación aditiva (AM) o la impresión 3D donde se recalcan las búsquedas sobre los materiales y tecnologías más usadas en los últimos cinco años por lo que se da respuesta a la pregunta de investigación mostrando en gráficas resumidas. Se afirma que el material más usado viene a ser el acero, resaltando sus propiedades tenemos: la gran tolerancia a la corrosión y durabilidad en entornos hostiles, además de presentar una mejor dureza, resistencia, ductilidad, resistencia al desgaste y tenacidad que otros materiales seguido de aluminio; y en las tecnologías más usadas tenemos la fusión selectiva con láser (SLM) actuando como soporte de la pieza que se está fabricando, aligerando la carga de diseño y el esfuerzo de la extracción de la pieza sustancialmente.

Estas permiten que el avance de la fabricación aditiva se vaya extendiendo al mercado industrial.

5. Referências bibliográficas

- [1] Urrútia, G., & Bonfill, X. (2010). Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis. *Medicina clínica*, 135(11), 507–511. doi.org/10.1016/j.medcli.2010.01.015
- [2] Danninger, H. (2018). What will be the future of powder metallurgy? *Powder Metallurgy Progress*, 18(2), 70–79. doi.org/10.1515/pmp-2018-0008
- [3] Martin, J. H., Yahata, B. D., Hundley, J. M., Mayer, J. A., Schaedler, T. A., & Pollock, T. M. (2017). 3D printing of high-strength aluminium alloys. *Nature*, 549(7672), 365–369. doi.org/10.1038/nature23894
- [4] Martin, A. A., Carta, N. P., Khairallah, S. A., Wang, J., Depond, P. J., Fong, A. Y., Thampy, V., Guss, G. M., Kiss, A. M., Stone, K. H., Tassone, C. J., Nelson Weker, J., Toney, M. F., van Buuren, T., & Matthews, M. J. (2019). Dynamics of pore formation during laser powder bed fusion additive manufacturing. *Nature Communications*, 10(1), 1987. doi.org/10.1038/s41467-019-10009-2
- [5] Chen, Z., Li, Z., Li, J., Liu, C., Lao, C., Fu, Y., Liu, C., Li, Y., Wang, P., & He, Y. (2019). 3D printing of ceramics: A review. *Journal of the European Ceramic Society*, 39(4), 661–687. doi.org/10.1016/j.jeurceramsoc.2018.11.013
- [6] Shahrubudin, N., Lee, T. C., & Ramlan, R. (2019). An overview on 3D printing technology: Technological, materials, and applications. *Procedia Manufacturing*, 35, 1286–1296. doi.org/10.1016/j.promfg.2019.06.089
- [7] Rodrigues, T. A., Duarte, V., Miranda, R. M., Santos, T. G., & Oliveira, J. P. (2019). Current status and perspectives on wire and arc additive manufacturing (WAAM). *Materials*, 12(7), 1121. doi.org/10.3390/ma12071121
- [8] Buchanan, C., & Gardner, L. (2019). Metal 3D printing in construction: A review of methods, research, applications, opportunities and challenges. *Engineering Structures*, 180, 332–348. doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.11.045
- [9] Paolini, A., Kollmannsberger, S., & Rank, E. (2019). Additive manufacturing in construction: A review on processes, applications, and digital planning methods. *Additive Manufacturing*, 30(100894), 100894. doi.org/10.1016/j.addma.2019.100894
- [10] Ngo, T. D., Kashani, A., Imbalzano, G., Nguyen, K. T. Q., & Hui, D. (2018). Additive manufacturing (3D printing): A review of materials, methods, applications and challenges. *Composites. Part B, Engineering*, 143, 172–196. doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.02.012
- [11] Yuan, S., Shen, F., Chua, C. K., & Zhou, K. (2018). Polymeric composites for powder-based additive manufacturing: Materials and applications. *Progress in Polymer Science*, 91, 141–168. doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2018.11.001
- [12] Sousa, M., Arezes, P., & Silva, F. (2019). Nanomaterials exposure as an occupational risk in metal additive manufacturing. *Journal of Physics. Conference Series*, 1323(1), 012013. doi.org/10.1088/1742-6596/1323/1/012013
- [13] Martínez, E., Metalmecánico, I. T., González-Estrada, O. A., Martínez, A., Universidad Industrial de Santander, y Universidad Industrial de Santander. (2017). Evaluación de las propiedades tribológicas de materiales compuestos de matriz metálica (MMCs)

- procesados por técnicas de fabricación aditiva con haz láser (SLM). *Revista UIS ingenierías*, 16(1), 101–114. doi.org/10.18273/revuin.v16n1-2017010
- [14] Balbás Calvo, A., Espinosa, M. del M., & Domínguez Somonte, M. (2018). Últimos avances en la fabricación aditiva con materiales metálicos. *Lámpsakos*, 19, 47–54. doi.org/10.21501/21454086.2365
- [15] Díaz López, J. N. (2018). Retos de la cadena de suministro con la inclusión de la tecnología de impresión 3d - fabricación aditiva am. *Cuadernos Latinoamericanos de Administración*, 14(27). doi.org/10.18270/cuaderlam.v14i27.2660
- [16] Peña, J. D. A., & Castrillón, A. M. S. (2021). Manufactura aditiva en materiales metálicos por proceso slm. *Semilleros de investigación*, 3(1). https://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/SEMINVE/article/view/4691
- [17] Alonso Benito, N., Dominguez Somonte, M., & Espinosa Escudero, M. D. E. L. M. (2019). REVISIÓN DE LAS EXPECTATIVAS Y LA REALIDAD EN TÉCNICAS DE FABRICACIÓN ADITIVA. *DYNA NEW TECHNOLOGIES*, 6(1), [9 p.]-[9 p.]. doi.org/10.6036/nt9251
- [18] Universitat Oberta de Catalunya. (n.d.). Fabricación aditiva y transformación logística: la impresión 3D. *Uoc.edu*. Retrieved August 16, 2022, from <https://comein.uoc.edu/divulgacio/oikonomics/es/numero09/dossier/jlopez.html>
- [19] Malaga, A. K., Agrawal, R., & Wankhede, V. A. (2022). Material selection for metal additive manufacturing process. *Materials Today: Proceedings*. doi.org/10.1016/j.matpr.2022.05.272
- [20] Shrinivas Mahale, R., Shamanth, V., Hemanth, K., Nithin, S. K., Sharath, P. C., Shashanka, R., Patil, A., & Shetty, D. (2022). Processes and applications of metal additive manufacturing. *Materials Today: Proceedings*, 54, 228–233. doi.org/10.1016/j.matpr.2021.08.298
- [21] Lupoi, R., (2), Abbott, W. M., SenthamaraiKannan, R., McConnell, S., Connolly, J., Yin, S., & Padamati, R. B. (2022). Metal additive manufacturing via a novel composite material using powder and polymers formed in sheets. *CIRP Annals ... Manufacturing Technology*, 71(1), 181–184. doi.org/10.1016/j.cirp.2022.03.012
- [22] Bouaziz, M. A., Djouda, J. M., Chemkhi, M., Rambaudon, M., Kauffmann, J., & Hild, F. (2021). Heat treatment effect on 17-4PH stainless steel manufactured by Atomic Diffusion Additive Manufacturing (ADAM). *Procedia CIRP*, 104, 935–938. doi.org/10.1016/j.procir.2021.11.157
- [23] Zapf, H., Höfemann, M., & Emmelmann, C. (2020). Laser welding of additively manufactured medium manganese steel alloy with conventionally manufactured dual-phase steel. *Procedia CIRP*, 94, 655–660. doi.org/10.1016/j.procir.2020.09.102
- [24] David Quezada-Torres, W., Dionisio Hernández-Pérez, G., González- Suárez, E., Comas-Rodríguez, R., Ii, W., Francisco Quezada-Moreno, F., & Molina- Borja, I. V. (n.d.). Gestión de la tecnología y su proceso de transferencia en Pequeñas y Medianas Empresas metalmecánicas del Ecuador Technology management and its transfer process in Ecuador's small and medium metalmechanic enterprises. *Sld.Cu*. Retrieved August 23, 2022, from <http://scielo.sld.cu/pdf/trii/v39n3/1815-5936-rii-39-03-303.pdf>

- [25] Morelos-Gómez, J., Gómez-Yaspe, I. S., & De Ávila-Suarez, R. de J. (2021). Capacidades de innovación de las pequeñas y medianas empresas del sector metalmeccánico en Cartagena, Colombia. *ENTRAMADO*, 17(1), 12–29. doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.1.7215
- [26] Laue, R., Colditz, P., Möckel, M., & Awiszus, B. (2022). Study on the milling of additive manufactured components. *Metals*, 12(7), 1167. doi.org/10.3390/met12071167
- [27] León B., J., Díaz-Rodríguez, J. G., & González-Estrada, O. A. (2020). Daño en partes de manufactura aditiva reforzadas por fibras continuas. *Revista UIS ingenierías*, 19(2), 161–175. doi.org/10.18273/revuin.v19n2-2020018
- [28] Antuña, G. (2021). Un paso al frente: el sector metalmeccánico asturiano ante la reconversión industrial, 1978-2000. *Investigaciones de Historia Económica*. doi.org/10.33231/j.ihe.2021.02.002

GESTIÓN DE OPERACIONES

INDUSTRIALES



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



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
TRUJILLO

FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRUJILLO, PERÚ
Marzo, 2022

Artificial intelligence for the integration of blockchain in the supply chain: A systematic review

**Gerson Robert De la Cruz Rodríguez^{1,*}; Jean Carlos Joel Pacheco Guzmán¹;
Edward Steven Quispe Sánchez¹; Jairo Aldair Ríos Reyes¹; Renzo Yanpier
Vásquez Chiclayo¹; David Edinson Vigo Rodríguez¹**

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

*Autor correspondiente: gdelacruz@unitru.edu.pe (G. De la Cruz).

Fecha de recepción: 31 08 2022. Fecha de aceptación: 20 11 2022

ABSTRACT

This research is given based on the reality in which we live, just as the user changes and evolves, he generates new knowledge based on AI and Blockchain; This topic endorses how with the use of AI and Blockchain they are used in the supply chain so that companies generate new technologies to develop effective and accurate data analysis more efficiently, because as we large companies know Due to the number of operations that are clearly carried out, these lead to the generation of a large amount of data and that is why, with the help of AI and Blockchain, they can manage, store and optimize their processes by making an established and improved order for disposal. of the user's own good.

Having established the above, the Blockchain allows, through a block storage procedure, real-time tracking of its goods, whether the company has personally produced or purchased production. And with respect to AI, always pointing to the business sector, it always focuses mainly on the supply chain in how it works if it is integrated into the Blockchain, taking advantage of being able to interpret existing data and on a large scale, which would represent a saving time, resources and money, therefore this research consists of how companies produce, offer their goods and/or services in a constant and efficient way using these technologies.

Keywords: AI and Blockchain; Goods and services; Supply chain; Companies; Production

Inteligencia artificial para la integración de blockchain en la cadena de suministros: Una revisión sistemática

RESUMEN

Esta investigación es dada en base a la realidad en la que vivimos, así como va cambiando y evolucionando el usuario va generando nuevos conocimiento en base a las IA y Blockchain; este tema avala en como con el uso de las IA y Blockchain son utilizados en la cadena de suministros con el fin de que las empresas generen nuevas tecnologías para que desarrollen un análisis de datos efectiva y precisa más eficiente, porque tal como sabemos las empresas grandes debido a la cantidad de operaciones que claramente se realiza, estos conllevan a generar gran cantidad de datos y es por eso que con ayuda de las IA y Blockchain, estos puedan gestionar, almacenar y optimizar sus procesos realizando un orden establecido y mejorado para la disposición del propio bien del usuario.

Habiendo establecido lo dicho anteriormente, las Blockchain permite mediante un procedimiento de almacenamiento por bloque, realiza un seguimiento en tiempo real de sus bienes, ya sea que la empresa haya producido personalmente o hayan adquirido producción. Y con respecto a las IA, apuntando siempre a al sector empresarial, está siempre se centra principalmente en la cadena de suministros en cómo se trabaja si se integra a las Blockchain, aprovechando ventajas de poder interpretar datos existentes y a gran escala, lo cual representaría un ahorro de tiempo, recursos y dinero, por ende, esta investigación consiste en como las empresas producen, ofrecen sus bienes y/o servicios de una manera constante y eficiente utilizando estas tecnologías.

Palabras clave: IA y Blockchain; Bienes y Servicios; Cadena de Suministro; Empresas; Producción.

1. Introducción

A lo largo de los años, la realidad en la que vivimos va cambiando y evolucionando, a raíz de los nuevos conocimientos que se van adquiriendo; el campo tecnológico no es ajeno a estos cambios y es por ello que, en la actualidad, las empresas en general se han visto en la necesidad de adaptarse a las novedosas implementaciones que disponen las nuevas tecnologías, una de ellas es la Inteligencia Artificial, conocida por sus siglas como IA (o AI en inglés), la cual a pesar de no tener una definición predeterminada, usualmente se le define en líneas generales como una disciplina que se encuentra en un constante intento de replicar y desarrollar inteligencia y sus procesos mediante tecnología computacional [15]. En base a ello, la IA se centra en 2 tipos de inteligencia, por un lado, la inteligencia humana, tratando de replicar sistemas que actúen como tal. Y, por otra parte, la inteligencia racional, tratando de que la IA sea capaz de pensar independientemente, siendo capaz de aprender de sus errores y tomar sus propias decisiones en base a lo aprendido previamente, lo que se conoce como un pensamiento racional.

Para nuestras finalidades, nos interesa el campo racional que la inteligencia artificial nos puede ofrecer, puesto que este cuenta con prometedoras expectativas en el sector empresarial, específicamente en el manejo y entendimiento de datos, que es precisamente en lo que buscamos enfocarnos. Una empresa que desee implementar la Inteligencia Artificial como soporte en los procesos que realiza, lo que espera de ella es que pueda interpretar eficientemente los datos con los que trabaja, creando nuevos escenarios y descubriendo patrones basados en el comportamiento de dichos datos, brindando así el soporte necesario para la toma de decisiones por parte de los administrativos de la empresa [9]. En otras palabras, la IA brinda soporte en el manejo de datos, tratando de predecir lo que le ocurrirá en el futuro a los datos con los que trabaja, aprendiendo continuamente sobre los mismos, permitiendo así un mejor entendimiento por parte de los tomadores de decisiones, quienes pueden analizar desde una perspectiva predictiva lo que ocurre y puede ocurrir con la organización en la que se trabaja.

En el mismo sentido, las empresas necesitan de tecnologías que desarrollen un análisis de datos más eficiente, y si bien la IA lo permite, no es suficiente su implementación para trabajar con grandes volúmenes de datos, los cuales son comunes en empresas grandes debido a la gran cantidad de operaciones que estas realizan [13]. En este punto, se necesita de la implementación de otras tecnologías para trabajar con datos así de grandes, y es aquí donde el Blockchain toma protagonismo, el cual es definido como una tecnología que trabaja con bloques de información, los cuales almacena en cadena, optimizando así los procesos realizados para trabajar con ellos.

Específicamente, [10] lo que hace el blockchain es almacenar la información que se desea enviar de un punto a otro como un bloque en la red, el cual posteriormente es transmitido en todos los dispositivos conectados a dicha red. Luego, estos dispositivos conectados evalúan y aprueban mediante la red si la información almacenada en el bloque es válida o no; en caso de serlo, recién es añadido a la cadena, donde es almacenado en un registro indeleble y transparente que contiene el mismo tipo de información que la de la información almacenada en el bloque.

En el caso de las empresas, el blockchain además de permitir un manejo masivo de los datos, permite mediante ese procedimiento realizar un seguimiento en tiempo real de sus bienes, ya sean producidos por ellos mismos o adquiridos, reduciendo de esta manera los márgenes de error que se puedan producir en los procesos realizados en la cadena de suministro, además de aumentar considerablemente su eficiencia y la de cada proceso realizado dentro de esta [14].

Habiendo definido ya los términos teóricos sobre las implementaciones tecnológicas a analizar en el presente documento [12], y el impacto que estas generan en el ámbito empresarial, nos centraremos en determinar la relación existente entre el uso, aplicación y ventajas de la implementación de la Inteligencia Artificial y el Blockchain, apuntando al sector empresarial

en general, centrándonos principalmente en la cadena de suministro con la que trabaja cada una de las empresas, y verificando si estas tecnologías pueden trabajar juntas, aprovechando sus ventajas de poder interpretar los datos existentes y a gran escala como así lo permiten dichas tecnologías, lo cual representaría un considerable ahorro de tiempo, recursos y de dinero en los procesos realizados en la cadena de suministros, permitiendo a la empresa producir y ofrecer sus bienes y/o servicios de manera más constante y eficiente [11].

2. Metodología

Tipo de Estudio

Se realizó una revisión sistemática de la literatura teniendo en cuenta la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses). [1]

Fundamentación de la Metodología

Una revisión sistemática de la literatura es el proceso de evaluar e interpretar toda la investigación resultante que se pueda recopilar, la cual tiene que ser importante para una pregunta de investigación en particular o el área que es de interés. [2]

Además, se realiza una serie de investigación en los aspectos cuantitativos y cualitativos, con el objetivo de sintetizar la información encontrada para el tema en particular. [3]

Proceso de recolección de Información

El criterio de búsqueda se realizó usando como descriptores los siguientes términos en base a nuestro tema de investigación: “blockchain”, “artificial intelligence”, “AI”, “supply chain”. Con la finalidad de mejorar la búsqueda y refinarla, se elaboró la combinación de los términos antes mencionado, añadiendo los operadores booleanos: [(“blockchain”) AND ((“AI”) OR (“artificial intelligence”)) AND (“supply chain”)]. Estableciéndose como motores de búsqueda a las siguientes bases de datos: SCOPUS Y IEEEEXPLORE.

A continuación, se detallará las consultas de búsqueda pertinentes:

- Scopus:
(TITLE-ABS-KEY ((artificial AND intelligence) OR (ai)) AND TITLE-ABS-KEY (blockchain) AND TITLE-ABS-KEY (supply AND chain)) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR , 2022) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2018)) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "re"))
- IEEEExplore:
("Document Title": artificial intelligence) AND ("Abstract":Blockchain) AND ("Document Title":supply chain) Filters Applied: 2018-2020
- Research Gate:
("AI") AND ("Blockchain") AND ("Supply Chain"), TYPE:"Article", "Literature reviews"

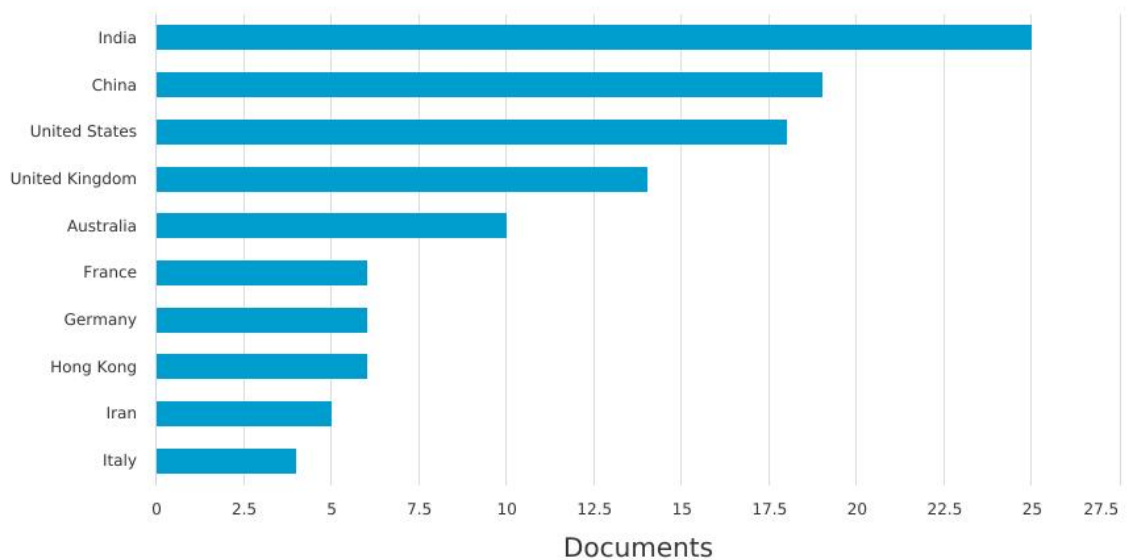
Tabla 1
Reporte de Investigación Elaborada

Términos	Scopus	IEEEExplore	Research Gate
Blockchain, artificial intelligence, supply chain	93	9	14
Blockchain, ai, supply chain	38	2	10
TOTAL	131	11	24

Documents by country or territory

Scopus

Compare the document counts for up to 15 countries/territories.

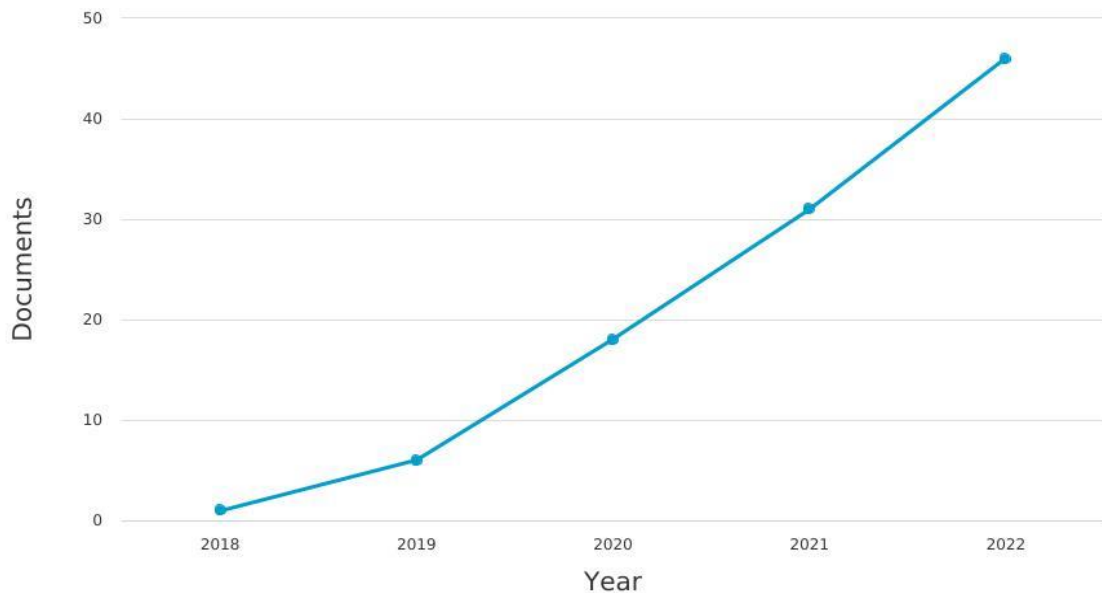


Copyright © 2022 Elsevier B.V. All rights reserved. Scopus® is a registered trademark of Elsevier B.V.

Figura 1. Documentos encontrados por país de origen

Documents by year

Scopus



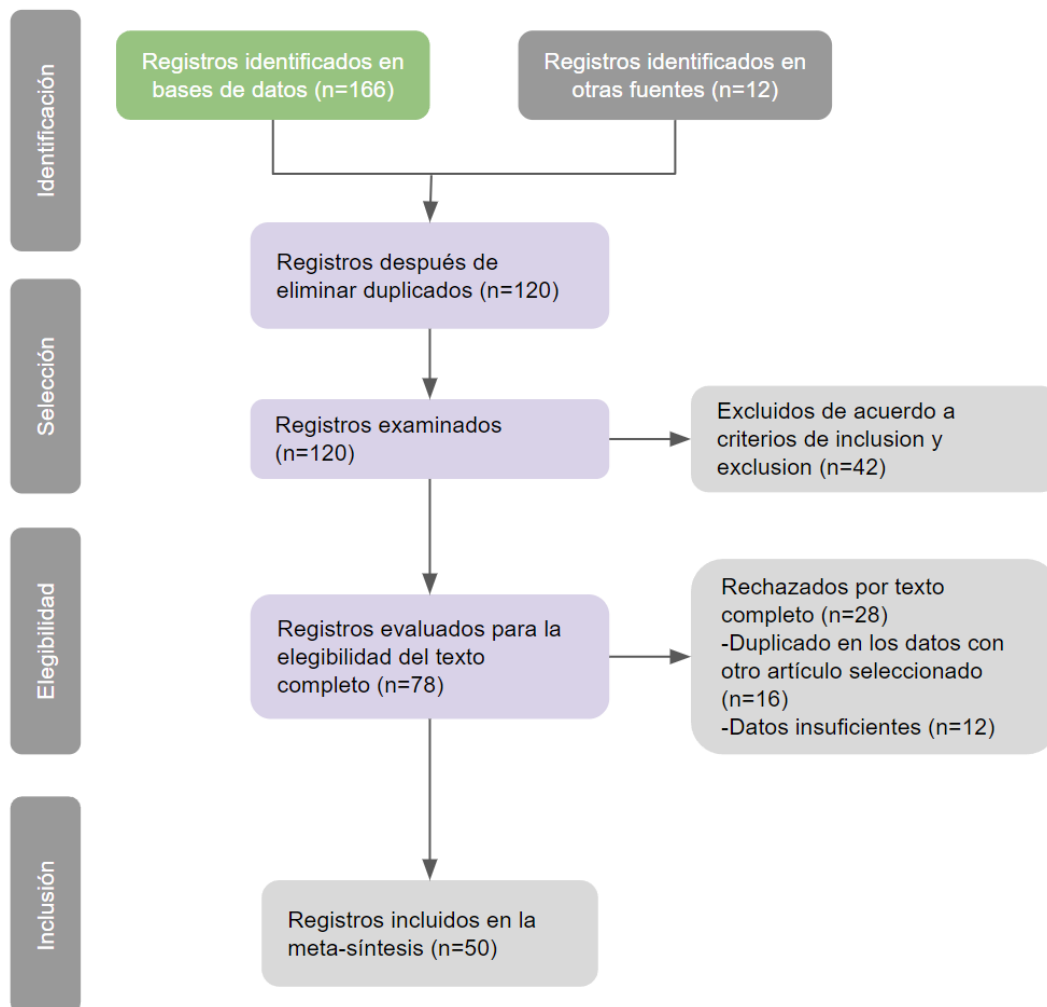
Copyright © 2022 Elsevier B.V. All rights reserved. Scopus® is a registered trademark of Elsevier B.V.

Figura 2: Documentos encontrados por año de publicación.**Criterios de Inclusión y Exclusión**

Se llegaron a obtener artículos originales publicados en las bases de datos científicas antes mencionadas en los idiomas de español e inglés, tomando como referencia un margen de 5 años comprendidos del 2018 a 2022. Estos artículos desarrollan el uso de Inteligencia Artificial para mejorar los procesos de Blockchain, teniendo como objetivo en nuestra investigación sobre la cadena de suministro [8]. Como criterio de exclusión se determinó que se deben suprimir aquellos artículos en el que no se implemente AI para la mejora del blockchain dentro de la cadena de suministro, y aquellos que no tengan relación con

implementación de blockchain [5].

Tanto la búsqueda y la recopilación de información en distintos motores de búsqueda fueron aplicadas por todo el equipo de trabajo conformado por 5 integrantes, cada uno realizando su



análisis, síntesis y concluyendo sobre estos en mutuo acuerdo.

Figura 3. Diagrama de flujo de búsqueda y recopilación.

3. Resultados y discusión

Como primeros resultados de nuestra investigación, tenemos los datos cuantitativos correspondientes a los autores y a las producciones elaboradas por ellos, en las cuales se ha basado el presente proyecto y sirven de base para la elaboración de la presente ficha presentada a continuación:

Tabla 2.
Búsqueda por Autores-Producción a nivel de Región

Región	AUTORES				PRODUCCIÓN			
	Cantidad	%	Países	%	Cantidad	%	Países	%
Europa	15	14.4%	3	12.5%	8	16.0%	2	11.8%
Asia	32	30.8%	5	20.8%	17	34.0%	4	23.5%
Norteamérica	21	20.2%	4	16.7%	13	26.0%	3	17.6%
Latinoamérica	3	2.9%	2	8.3%	1	2.0%	1	5.9%
Africa	10	9.6%	4	16.7%	4	8.0%	2	11.8%
Ocenia	18	17.3%	4	16.7%	5	10.0%	3	17.6%
Otros	5	4.8%	2	8.3%	2	4.0%	2	11.8%
TOTAL	104	100.0%	24	100.0%	50	100.0%	17	100.0%

Aplicación del blockchain en las cadenas de suministros

Utilizar las criptomonedas como métodos de pagos con la finalidad de facilitar la interacción económica entre los proveedores y sus clientes en la cadena de suministros [6], usar el blockchain para almacenar todas estas transacciones, además de rastrear y poder tener un ojo pendiente de estas, dicho coloquialmente [8]. Un ejemplo de los mencionado anteriormente es:

Etherium: Esta es una tecnología con la finalidad de albergar el dinero digital, los pagos que se realizan por aplicaciones en donde para esta tecnología es fundamental el acceso a internet. El Ethereum [7] está pensado para todas esas personas que no pueden abrir una cuenta bancaria o han sido cerradas por algún motivo dichas cuentas puesto que cuentan con un sistema financiero descentralizado que permite enviar, recibir, pedir préstamos, ganar intereses e incluso transferir fondos a cualquier parte del mundo [16].

Por eso hemos visto conveniente investigar y aportar con nuevas ideas en el presente artículo de investigación sobre cómo el Blockchain es utilizada en la cadena de suministros (por el inglés: Supply Chain) [4]. Comenzamos mencionando que se suele usar blockchain para obtener datos críticos de varios actores de la cadena de suministros para tener un contexto más amplio y poder tener la información mucho más organizada [18]. Cada parte interesada debe operar en modo dual; por un lado, su infraestructura de TI existente comprende numerosas aplicaciones empresariales [20]. Por otro lado, hay un ambiente externo con proveedores, distribuidores, reguladores, auditores, certificadores y clientes, como se muestra en la Figura 4.

Los dos lados están conectados a través de blockchain, que contiene datos de control críticos de varias partes interesadas [17]. Cada parte interesada almacenará una gran cantidad de datos en la base de datos. Sin embargo, los datos de control críticos seleccionados se almacenan en la cadena de bloques, a los que pueden acceder otras partes interesadas de la cadena de suministro.

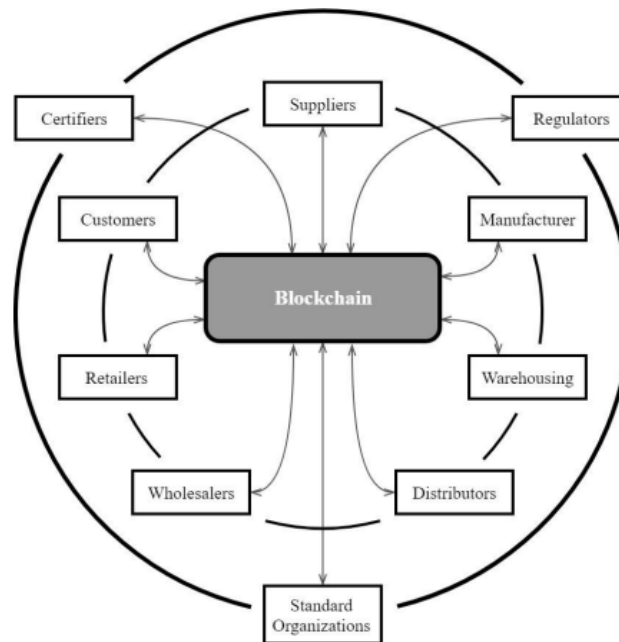


Figura 4: Distribution Blockchain.

Como se visualiza en la figura, el método para predecir la estructura de costos se basa en el principio de compartir parámetros duros en el área de investigación de MTL. Para cada valor de costo parcial, la ANN tiene una neurona de salida [19]. Posteriormente, la ANN es entrenada para predecir los costos totales y los costos parciales. Debido a la complejidad de la ANN, la precisión de la predicción disminuye. Ventajosamente, las diferentes tareas de estimación de costos comparten la misma base de conocimiento representada por la ANN común, de manera que los valores pronosticados están claramente interrelacionados dentro del sistema ML [22].

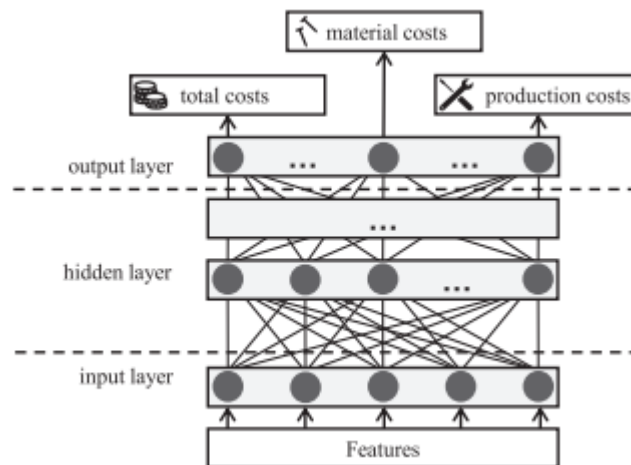


Figura 5: Estructura de red neuronal feed-forward.

Los sistemas de energía representan alrededor del 40% de las emisiones globales de carbono provenientes de la combustión de combustibles fósiles [24]. En un esfuerzo por cumplir los objetivos de los sistemas de energía neta cero, los formuladores de políticas formulan medidas para facilitar la integración de fuentes de energía renovables (RES) y alentar cambios en los comportamientos de consumo de energía. Las redes inteligentes [21] se refieren a una red de energía inteligente que integra infraestructuras de información y control de manera rentable

para permitir operaciones más confiables y eficientes de los sistemas de energía [23]. Desde la perspectiva de la infraestructura del sistema de información, las redes inteligentes permiten comunicaciones bidireccionales entre las partes interesadas en los sistemas de energía, como el operador del sistema, los generadores y los consumidores, lo que facilita la operación óptima de los generadores y la participación activa de los consumidores [3]. Desde la perspectiva del control, la interoperabilidad de las redes inteligentes permite la coordinación óptima de varias entidades, como unidades de generación o cargas, para lograr de manera cooperativa los beneficios generales de los sistemas de energía [4].

Los apoyos normativos y los avances de las redes inteligentes permiten a los consumidores producir, consumir y almacenar energía de forma activa mediante el uso de RES distribuidos, dispositivos de almacenamiento e infraestructuras de medición avanzadas. Los mercados energéticos están en transición para reconocer y promover el rol emergente de los prosumidores [5]. Los prosumidores son pequeños o medianos usuarios de energía [6], por ejemplo, residentes, empresas e industrias, que también generan energía en el sitio e intercambian energía estratégicamente con la red de servicios públicos u otros prosumidores para satisfacer su propia demanda u obtener ganancias del arbitraje energético. Se espera que el papel emergente de los prosumidores promueva la gestión del lado de la demanda (DSM) y, por lo tanto, reduzca la dependencia de la generación basada en combustibles fósiles con la transmisión a larga distancia.

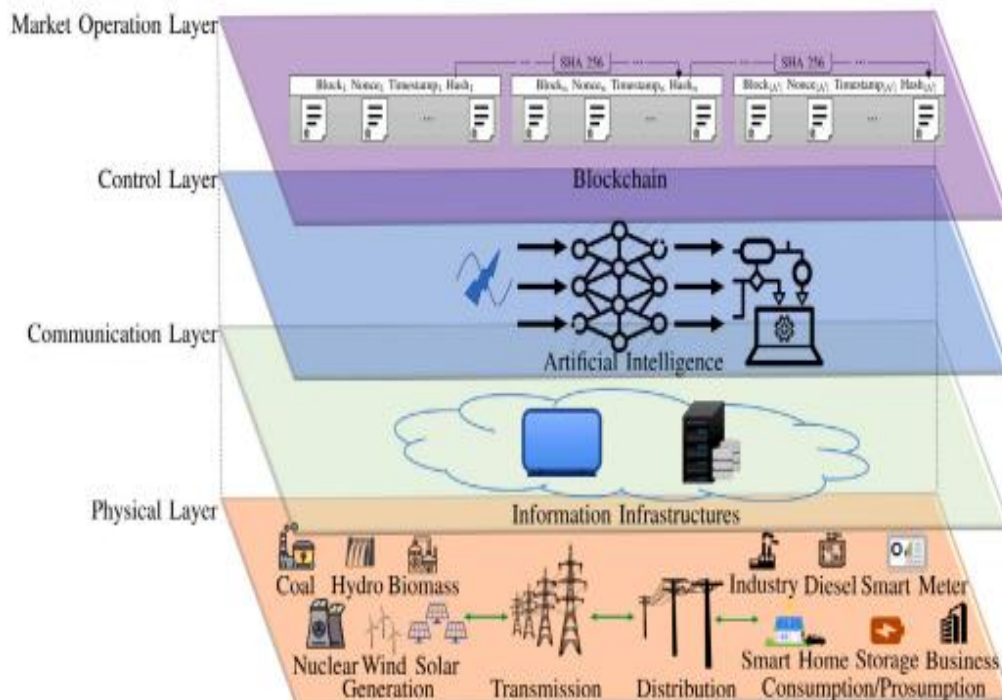


Figura 6. Integrado de la cadena de bloques para resolver los retos de la cadena de suministros.

En este artículo presenta los hallazgos y la investigación en la tecnología blockchain que se puede utilizar en la cadena de suministro, con el fin de aumentar la eficiencia y mejorar la agilidad de la cadena de suministro. El autor habla acerca de los retos a los que se enfrentan las industrias en la cadena de suministro tradicional y, para superar las dificultades, se considera la posibilidad de implementar la tecnología blockchain y su integración con otras tecnologías modernas [25].

Otras relaciones que realiza el autor es la tecnología blockchain y su integración con los contratos inteligentes, la IoT y la IA, no solo puede resolver los desafíos, sino también aportar nuevas fuentes de ingresos y mejorar el modelo de negocio financiera y operativamente. Esta arquitectura puede ser una hoja de ruta para las organizaciones que planean implementar la tecnología blockchain en su cadena de suministro y convertir la cadena de suministro

tradicional en una cadena de suministro totalmente digital [26].

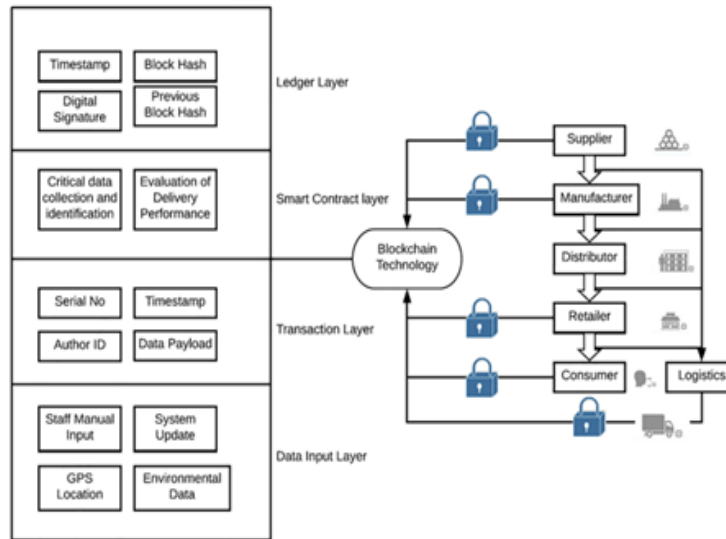


Figura 7. Capas en el servidor blockchain

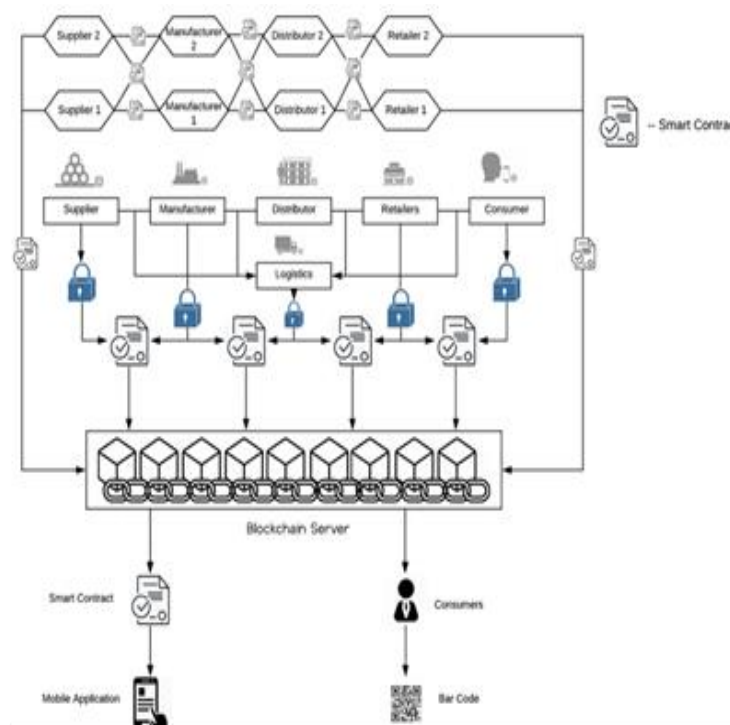


Figura 8. Blockchain y contratos inteligentes

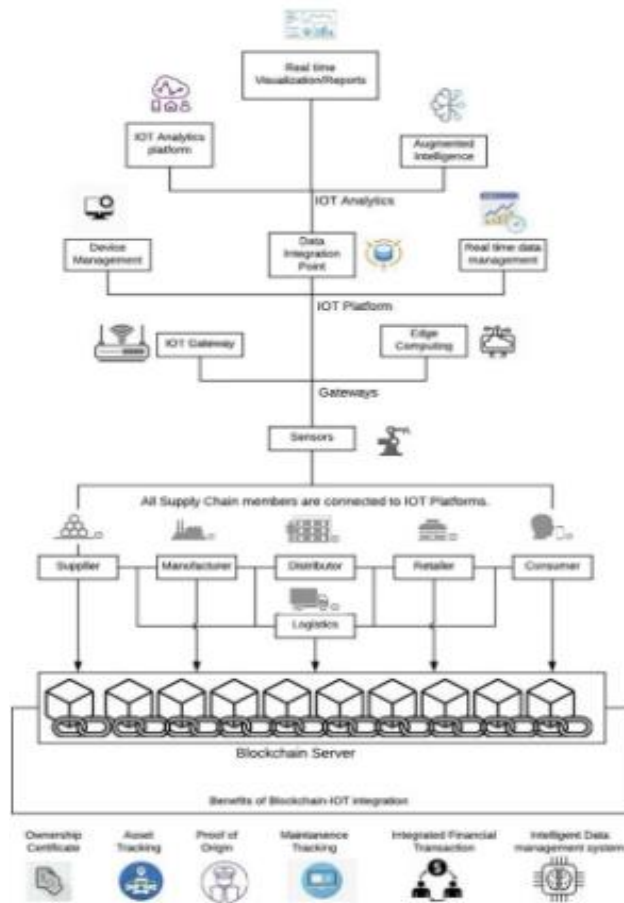


Figura 9. Hoja de ruta y los beneficios de la integración

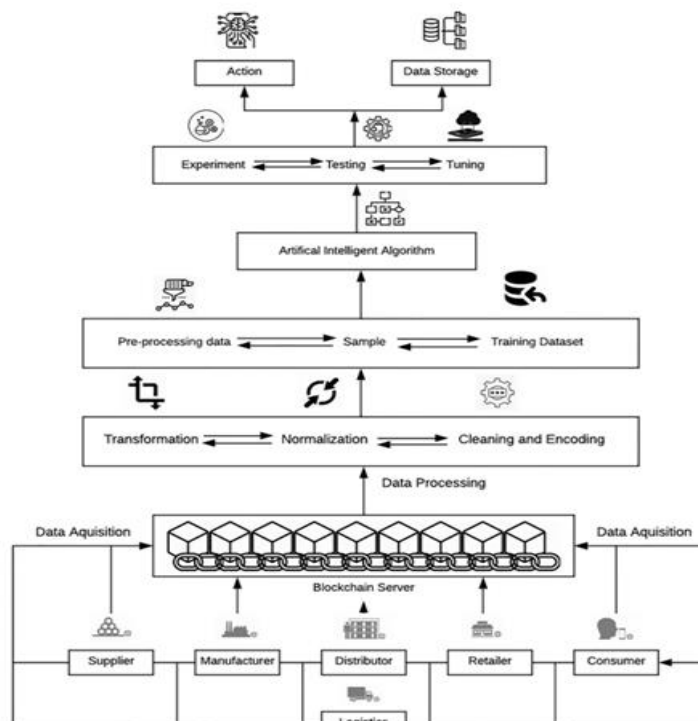


Figura 10. Integración de la cadena de bloques

4. Conclusiones

Podemos ver que la implementación de la tecnología blockchain en la cadena de suministro, existen cuatro capas en el servidor de la cadena de bloques, como la capa del libro mayor, la capa de los contratos inteligentes, la capa de las transacciones y la capa de entrada de datos para la adquisición de datos, el procesamiento de datos, la verificación de datos y el almacenamiento de datos. Todos los miembros/partes interesadas que participan en la cadena de suministro son nodos a través de que están conectados a un servidor de cadena de bloques. Todos los miembros de la cadena de suministro están conectados en un servidor común de blockchain donde se pueden guardar todos los contratos inteligentes. Los miembros de la cadena de suministro/partes interesadas pueden acceder a todos los contratos inteligentes y verificar la actualización de los contratos a través de una aplicación móvil, y los consumidores pueden acceder a ellos mediante un código de barras, por lo cual facilita para que cualquiera pueda acceder a la propiedad, a los detalles de verificación y a la prueba de origen, reduciendo el tiempo de espera en el acceso de estos.

Como pudimos explicar en este artículo de investigación, la correcta integración del blockchain y la inteligencia artificial en la cadena de suministros conlleva un avance en este campo significativo, vemos que para la interacción entre el proveedor y cliente el uso de bitcoin facilita los pagos y transacción y más aún si implementamos el blockchain, en el cual esas transacciones quedarán registradas y será muy seguras para los intereses de los participantes.

5. Referencias bibliográficas

- [1] Autónoma de Guerrero, U., Baltazar, J., Ramírez, C. E., Carmona, A., Efrén, J., Valle, M., Becerra Correa, N., Miguel, M., Leguizamón Páez, A., & Ong, F. (2021). *Blockchain en la cadena de suministros: oportunidades investigativas y empresariales*.
- [2] Bian, Z. (2022). Impact and Application of BlockChain Technology on Urban Traffic Based on Artificial Intelligence. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 827 LNEE, 173–180. https://doi.org/10.1007/978-981-16-8052-6_19
- [3] Bodendorf, F., Merkl, P., & Franke, J. (2021). Intelligent cost estimation by machine learning in supply management: A structured literature review. *Computers and Industrial Engineering*, 160. <https://doi.org/10.1016/J.CIE.2021.107601>
- [4] CEPAL. (2021). *Oportunidades y desafíos para la implementación del blockchain en el ámbito logístico de América Latina y el Caribe*.
- [5] Cristina, I., & Palacio, A. (2021). Oportunidades para la transformación digital de la cadena de suministro del sector bananero basado en software con inteligencia artificial. *Revista Politécnica*, 17(33), 47–63. <https://doi.org/10.33571/RPOLITEC.V17N33A4>
- [6] De, J., & Angel-Angel, J. (2021). Blockchain with Artificial Intelligence and Others Technologies a Survey. <https://www.researchgate.net/publication/356597579>
- [7] Ahsan, M. M., & Siddique, Z. (2022). Industry 4.0 in healthcare: A systematic review. *International Journal of Information Management Data Insights*, 2(1) doi:10.1016/j.jjime.2022.100079
- [8] E, T., & A, A. (2022). A REWARD MECHANISM FOR MEDICINE SUPPLY CHAIN THROUGH BLOCKCHAIN TECHNOLOGY. *International Journal of Engineering*

- Applied Sciences and Technology*, 7(2), 247–251.
<https://doi.org/10.33564/IJEAST.2022.V07I02.038>
- [9] Furtado, S., Matkar, A., More, P., & Vichare, M. (2022). Decentralized Supply Chain Management Smart Contract Using Block-Chain. *SSRN Electronic Journal*.
<https://doi.org/10.2139/SSRN.4111853>
- [10] Gohil, D., & Thakker, S. V. (2021). Blockchain-integrated technologies for solving supply chain challenges. *Modern Supply Chain Research and Applications*, 3(2), 78–97.
<https://doi.org/10.1108/MSRA-10-2020-0028>
- [11] Hsiao, S.-J., & Sung, W.-T. (2022). Blockchain-Based Supply Chain Information Sharing Mechanism. *IEEE Access*, 10, 78875–78886.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3194157>
- [12] Hua, W., Chen, Y., Qadrdan, M., Jiang, J., Sun, H., & Wu, J. (2022). Applications of blockchain and artificial intelligence technologies for enabling prosumers in smart grids: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 161.
<https://doi.org/10.1016/J.RSER.2022.112308>
- [13] Icarte Ahumada, G. A. (2016). Aplicaciones de inteligencia artificial en procesos de cadenas de suministros: una revisión sistemática. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 24(4), 663–679. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052016000400011>
- [14] Karadgi, S., Kulkarni, V., & Doddamani, S. (2021). Traceable and intelligent supply chain based on blockchain and artificial intelligence. *Journal of Physics: Conference Series*, 2070(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2070/1/012158>
- [15] Karina, N., Cruz, E., María, N., Torres, C., Gonzales Valero, M. I., Rocío, A. del, & Torres, F. (2020). Análisis de la solución blockchain aplicada a las cadenas de suministro en la ciudad de Babahoyo. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación, ISSN 2528-8083, Vol. 5, N°. Extra 1, 2020 (Ejemplar Dedicado a: CININGEC (2020): I Congreso Internacional de Investigación, Innovación y Gestión Del Conocimiento)*, Págs. 831-844, 5(1), 831–844. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4451458>
- [16] Kaur, Dr. A., & Singh, K. R. (2021a). “Artificial Intelligence Verification Platform using BlockChain with Distributed Ledger Technology.” *International Journal of Innovative Research in Computer Science & Technology*, 36–40.
<https://doi.org/10.55524/IJIRCST.2021.9.6.8>
- [17] Kaur, Dr. A., & Singh, K. R. (2021b). “Artificial Intelligence Verification Platform using BlockChain with Distributed Ledger Technology.” *International Journal of Innovative Research in Computer Science & Technology*, 36–40.
<https://doi.org/10.55524/IJIRCST.2021.9.6.8>
- [18] Elghaish, F., Matarneh, S.T., Edwards, D.J., El-Gohary, H., Ejohwomu, O. (2022). Applications of Industry 4.0 digital technologies towards a construction circular economy: gap analysis and conceptual framework. *Construction Innovation*, 22(3), pp. 647-670. <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V70I6P212>
- [19] Mazumder, S., Bhaumik, A. (2022). Blockchain: Transforming Supply Chain Management Amidst Covid-19. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, 70(6), pp. 100-105. <https://doi.org/10.17762/PAE.V57I9.2716>
- [20] Hua, W., Chen, Y., Qadrdan, M., Jiang, J., Sun, H., & Wu, J. (2022). Applications of

blockchain and artificial intelligence technologies for enabling prosumers in smart grids: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 161
doi:10.1016/j.rser.2022.112308

- [21] Kiran Karande, L. J. (2021). Application of Block Chain & Artificial Intelligence in E-commerce supply chain to reduce product counterfeiting & increase transparency. *Psychology and Education Journal*, 57(9), 6244–6250. <https://doi.org/10.17762/PAE.V57I9.2716>
- [22] Kolmykova, A. (2022). The Impact of Blockchain on Supply Chain Resilience. *Lecture Notes in Logistics*, 82–91. https://doi.org/10.1007/978-3-031-05359-7_7
- [23] Kumar, A., Kansal, A., & Jain, V. (2022). (PDF) *Data Science in Supply Chain Analysis is using BlockChain Technology*. https://www.researchgate.net/publication/362798021_Data_Science_in_Supply_Chain_Analysis_is_using_Block_Chain_Technology
- [24] Lee, J., Lee, N., Oh, H. C., & An, B. (2019). BlockChain based Election System by Artificial Intelligence Authentication. *Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers*, 56(4), 37–43. <https://doi.org/10.5573/IEIE.2019.56.4.37>
- [25] Li, W., & Lu, Z. (2020). Research on Supply Chain Management Based on BlockChain Technology. *DEStech Transactions on Social Science, Education and Human Science, ssme*. <https://doi.org/10.12783/DTSSEHS/SSME2019/34723>
- [26] M S, H., R, S., & M, R. (2021). Block chain based agricultural supply chain-A review. *Global Transitions Proceedings*, 2(2), 220–226. <https://doi.org/10.1016/J.GLTP.2021.08.041>

GESTIÓN DE OPERACIONES

INDUSTRIALES



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



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
TRUJILLO

FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRUJILLO, PERÚ
Marzo, 2022

The integration of smart systems and ICTS in the optimization of productive resources in industries 4.0

Ana García Sánchez^{1, *}; Stacy Lozano Gutiérrez¹; María Marín Méndez¹;
Rivaldo Urtecho Rodríguez¹

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

*Autor correspondiente: t1061300221@unitru.edu.pe (A. García).

Fecha de recepción: 31 08 2022. Fecha de aceptación: 09 11 2022

ABSTRACT

Purpose: To demonstrate how new technologies can contribute to companies in all sectors, especially manufacturing companies, in their organizational growth and improve their production, efficiency and effectiveness, based on Intelligent Systems and ICTs to move towards Industry 4.0.

Methodology: This research article was composed using a systematic review of various sources related to our central theme, using the Technology Watch Service of the National University of Trujillo and other reliable and prestigious bibliographic sources.

Findings: This article shows the challenges and limitations faced by companies when implementing ICTs, as well as learning about the main advantages and strategies that Industry 4.0 technologies possess.

Value: This research provides an overview that motivates SMEs in the industrial sector to take the risk of adopting the new technologies of the Fourth Industrial Revolution.

Keywords: Industry 4.0; Intelligent Systems; ICT; Technology; SMEs.

La integración de los sistemas inteligentes y las TIC en la optimización de recursos productivos de las industrias 4.0: Una revisión sistemática

RESUMEN

Propósito: Demostrar cómo las nuevas tecnologías pueden contribuir a las empresas de todo rubro, especialmente las manufactureras, en su crecimiento organizativo y perfeccionar su producción, eficiencia y eficacia, partiendo de los Sistemas Inteligentes y las TIC para incursionar en la Industria 4.0.

Metodología: Este artículo de investigación se compuso utilizando una revisión sistemática de diversas fuentes relacionadas a nuestro tema central, utilizando el Servicio de Vigilancia Tecnológica de la Universidad Nacional de Trujillo y otras fuentes bibliográficas confiables y de prestigio.

Hallazgos: Este artículo muestra los desafíos y limitaciones que se enfrentan las empresas al implementar las TIC, además de conocer las principales ventajas y estrategias que posee las tecnologías de la Industria 4.0.

Valor: Esta investigación proporciona una visión general que motiva a las pymes del sector industrial a arriesgarse en adoptar las nuevas tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial.

Palabras clave: Industria 4.0; Sistemas Inteligentes; TIC; Tecnología; Pymes.

1. Introducción

La presente investigación se basa en la realidad actual de una sociedad globalizada, donde los procesos de negociación y producción de las empresas son dinámicos, esto es resultado de la nueva Revolución Industrial, actualmente denominada como “La Industria 4.0” [1]. Dicho término se refiere a la fusión de avanzadas técnicas de producción y operaciones con inteligentes tecnologías que se integrarán en los activos, las organizaciones y las personas [2].

La Cuarta Revolución Industrial llega de la mano con las TIC, ofreciendo un conjunto de herramientas que han cambiado nuestra vida diaria como el internet, robots, drones, celulares, entre otros [3]. Beneficiando de manera invaluable a los diversos sectores productivos de bienes y servicios, en especial, los sistemas de manufactura [4].

Esto ha influenciado considerablemente en el crecimiento de la economía internacional en los últimos años. Diversos trabajos empíricos a nivel mundial muestran un resultado positivo, referente a la competitividad, la productividad, la eficacia, la eficiencia y la rentabilidad de la inversión. Sin embargo, el efecto va a depender de las características de la tecnología, el entorno, los procesos y el uso de la información y comunicación, además del avance de nuevas modalidades de acceso al conocimiento y la innovación [5].

Por ejemplo, las empresas que se dedican a desarrollar softwares y sobre todo hardwares, deben estar alineadas con las últimas tecnologías de innovación. Del mismo modo, la falta de información oportuna ha originado la necesidad de implementar modelos estandarizados para asegurar la eficiencia operacional y calidad de una empresa [6].

Por otro lado, emplear el desarrollo de tecnologías disruptivas en procesos de manufactura, no solo han asegurado un aumento en la productividad y la eficiencia, sino que también la creación de organizaciones de trabajo y el poder personalizar productos y/o servicios en masa [7].

De igual forma, esta tecnología tiene valor en la manufactura, en el capital humano, en los nuevos modelos de negocios, así como en conocimientos de los mismos, lo cual es fundamental para las bases de información y soporte para generar un aumento en su rendimiento y capacidad sobre la competencia [8].

Además, es importante conocer que la Industria 4.0 contiene principios de diseño para las empresas, los cuales fueron obtenidos a través de un estudio de mapeo sistemático, y con ello poder desarrollar nuevos sistemas de manufactura inteligente basados en datos y colaboraciones hombre-máquina para rediseñar las industrias, los procesos y procedimientos [7, 9].

Obteniendo una relación vertical entre ingresos y productividad, ya que se demandará invertir en capacitaciones, educación, recursos humanos y readaptación de procesos empresariales [7]. Asimismo, gracias a la Industria 4.0 y la manufactura inteligente se puede reducir el ciclo productivo, optimizar los sistemas de fabricación, reducir costos y contar con procesos productivos incorporados y automatizados que permite poder administrar la información en tiempo real a través de dispositivos tecnológicos, internet y redes de colaboración y cooperación [8].

Dentro del ámbito laboral, se han eliminado empleos y se han creado otros, pero orientados a nuevas capacidades y habilidades digitales. Sin embargo, en la actualidad, el 65% de empleados que solo tienen educación primaria cuentan con trabajos que no existen hoy en día [10].

Por todo lo expuesto, el saber utilizar y aprovechar los sistemas autónomos y las TIC marca una estrecha línea de separación entre permanecer o desaparecer, entre ser líder o perder visibilidad en una industria cada vez más automatizada, mejor dicho, subsistir en lo que hoy conocemos como Industria 4.0. El uso adecuado de estas herramientas permite optimizar sus recursos productivos e innovar, ya que la tendencia de hoy en día es lograr una producción inteligente usando las nuevas tecnologías.

Por lo tanto, este estudio tiene por objeto explorar y comprender la importancia, los beneficios y enfoques futuros de los sistemas autónomos y la industria 4.0. Del mismo modo, dar a conocer cómo todo esto puede aportar en la evolución de las empresas, especialmente las Pymes y sensibilizar sobre la importancia de encaminarse hacia la Cuarta Revolución Industrial.

2. Metodología

La información seleccionada fue obtenida a través de una recopilación exhaustiva de artículos científicos publicados dentro del periodo 2018 - 2022, para lo cual se usó la plataforma digital del Servicio de Vigilancia Tecnológica de la Universidad Nacional de Trujillo, además de repositorios de artículos científicos confiables, rescatando el contenido de alta calidad académica seleccionando los temas más importantes relacionados a las TIC y las industrias 4.0. Para luego poder realizar una comparativa de las diferentes metodologías aplicadas y los efectos o beneficios que ofrecen.

Para la revisión bibliográfica, se empleó el motor de búsqueda antes mencionado, mediante una exploración de los títulos de artículos científicos e investigaciones con palabras claves como: “Industria 4.0”, “automatización”, “TIC”, “Sistemas Inteligentes”, “Digital manufacturing”, “Smart Systems”, “M2M”, etc.

3. Resultados y discusión

En el artículo científico titulado “Estrategias de competitividad tecnológica en la conectividad móvil y las comunicaciones de la industria 4.0 en Latinoamérica” [11], los autores identificaron brechas asimétricas, oportunidades y nuevos desafíos en Latinoamérica con respecto a Industria 4.0. Además, de fortalecer las teorías de tácticas empresariales en el sector tecnológico, considerando que, si los gobiernos y las empresas proponen políticas y estrategias centradas en una economía basada en los sistemas de información con desarrollo de hiperconectividad, comunicaciones móviles, CPS, y IoT en relación al cliente, industria, representaría nuevas oportunidades futuras como desarrollar la cadena de valor, mejorar la calidad del producto y la eficiencia en el desempeño organizacional.

En el artículo científico titulado “Industry 4.0: Adoption challenges and benefits for SMEs” [12] se menciona que la Industria 4.0 posee muchos beneficios para la mayoría de las grandes empresas. Pero, gran parte de Europa representa el 90% de PYMES, de las cuales estas se encuentran desconectadas del mundo contemporáneo, es decir de las nuevas tecnologías como el Internet de las Cosas y los Sistemas Ciberfísicos, los motivos por las que estas empresas no optan por estas tecnologías es que tienen limitaciones financieras y de conocimiento, los cuales son desafíos claves. Por lo tanto, muchas pymes muestran un deseo de implementar tecnologías, debido a que diversos estudios consideran que la calidad, eficiencia y las ventajas competitivas son las consideraciones claves con el fin de adoptar una Industria 4.0.

El estudio titulado “Key Readiness Indicators To Assess The Digital Level of Manufacturing SMEs” [13] señala la gran importancia de que las pymes evalúen el nivel digital, ya que permite un pensamiento sistemático sobre la tecnología, así como las oportunidades y desafíos a considerar antes de implementar la Industria 4.0. Por otro lado, estas mismas empresas enfrentan mayores desafíos que las grandes empresas en aspectos como la gestión de la transformación digital, las cuales se apoyan completamente en el conocimiento a nivel técnico, también como la digitalización global, así como factores limitantes para la dirección estratégica y toma de decisiones.

El artículo científico titulado “The preparation of the industrial firms in the State of Querétaro, Mexico, in the area of information and communication technologies” [14] destacan las diferencias en el uso de las TIC y el objetivo de reconocer algunas dificultades que afrontan las organizaciones. Los cuales, se recolectaron datos acerca del número de computadoras disponibles, si contaban con una página web, por último, si realizan operaciones de comercio electrónico. Por ende, cuanto más limitadas son las empresas y su nivel de desarrollo es menor referente al sistema organizativo, se torna complicado realizar una implementación de las TIC. Sucede principalmente por la ausencia de los recursos tecnológicos.

La investigación titulada “SCADA systems in the industrial automation” [15] el autor asegura que, si las empresas buscan que los procesos de manufactura sean autónomos deben implementar SCADA en sus sistemas productivos y así se podrá alcanzar la automatización buscada, debido al gran avance de este tipo de software y su impacto en la automatización de las industrias 4.0. Con este sistema se logra proyectar cada proceso productivo en un monitor de manera gráfica y crear alarmas y advertencias al instante para tener mejor control de cada proceso. Es así que, gracias a los sistemas SCADA podemos controlar, manejar y tomar mejores decisiones.

En el artículo científico titulado “SME Innovation and Development in the Context of Industry 4.0” [16] los autores mencionan que tras la crisis de los años 2013 - 2014, los gobiernos con el afán de ayudar a las pequeñas empresas promovieron la innovación de los procesos productivos y logísticos. Es aquí, donde entra a tallar la importancia que significó las industrias 4.0 como medio de salida de las pymes afectadas por la crisis. El trabajo en fin de la automatización (de máquinas), integración (de líneas) e interconexión (del sistema productivo con su gestión), significa gran oportunidad para las pymes, puesto que permite optimizar los recursos productivos y así conseguir el crecimiento de la empresa.

La investigación titulada “Survey on technologies present in industry 4.0” [17] se destaca la importancia de que las organizaciones se adapten a la era de la digitalización o mejor dicho a los sistemas de la Industria 4.0 puesto que se ha evidenciado que la tecnología e innovación son factores determinantes que inician y ponen fin a una revolución. En su trabajo explica el impacto que presenta la evolución tecnológica en las industrias, así mismo cada una de las contribuciones que ha traído consigo las revoluciones predecesoras, donde cada una de las ingenierías cumplen un rol importante para la evolución e innovación de esta era.

En el estudio titulado “4 technology trends that will define modern manufacturing” [18] el autor hace hincapié en la realidad actual en la que estamos sumergidos, la denominada “Nueva Normalidad” post-pandemia, donde las empresas del sector manufacturero se han visto obligados a reforzar y mejorar el sistema productivo, acercándose a la Industria 4.0 y un mundo moderno apoyado en las TIC. Esta nueva mentalidad se orienta a la satisfacción plena de la demanda, por ende, para alcanzar esta meta se proponen cuatro tendencias tecnológicas:

La Automatización e IA; IIoT y Tecnologías Conectadas; las Herramientas de Optimización de la Experiencia del Cliente y, por último, las Herramientas de Planificación e Incorporación de Escenarios. Estas alternativas ofrecen soluciones fijas programables y flexibles, incluyendo diferentes algoritmos, para perfeccionar la eficiencia, la productividad y la calidad de forma remota Otra ventaja es el poder recopilar y compartir información entre máquina y software, dentro y fuera de la empresa, con lo cual se busca crear buenas experiencias con el cliente, dejando en el pasado su enfoque omnicanal, mejorando las ofertas tecnológicas y mantener la ventaja competitiva y poder superar nuevas situaciones adversas.

El artículo científico titulado “Propuesta de una arquitectura de la industria 4.0 en la cadena de suministro desde la perspectiva de la Ingeniería Industrial” [19] basado en aplicaciones del Big Data, busca solucionar la problemática de compatibilidad entre los sensores de la maquinaria con las plataformas de soporte informático, para lo cual, se propone adoptar cadenas de suministro basadas en los principios de la Cuarta Revolución Industrial realizando un análisis metódico y así poder diseñar un aplicativo móvil. Para el diseño se emplearon diversas TIC especiales para la cadena de suministro para evitar las fugas y pérdidas informáticas, y evaluar el nivel de interconexión con la aplicación planteada, también se consideran las ventajas y limitaciones, además de la usabilidad, la cual al aplicarse el modelo asciende a 91% permitiendo una conexión estable en tiempo real.

La Investigación titulada “Business Intelligence: Business Evolution after Industry 4.0” [20] indica que la Industria 4.0 es un grupo de tecnologías con la finalidad de impulsar las estrategias innovadoras y creativas que rompen los paradigmas empresariales en mercados dinámicos. El enfoque se basa netamente en la interconectividad, la tecnología digital y el aprendizaje

automático. De acuerdo con el autor, existen cuatro componentes indispensables dentro de la Industria 4.0 que se muestran de manera ascendente según su impacto:

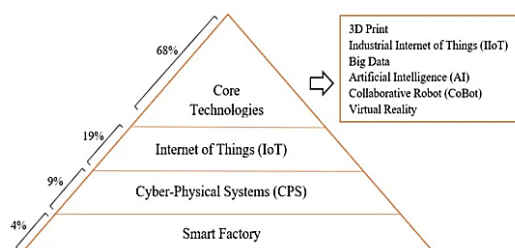


Figura 1. Componentes clave de la Industria 4.0

Observamos que las Tecnologías Principales han tenido el mayor impacto en la Industria 4.0 (68%), seguido del IoT (19%), los CPS (9%) y las fábricas inteligentes (4%).

En el artículo científico titulado “Comparison of algorithms for error prediction in manufacturing with autoML and a cost-based metric” [21] se propone la fabricación de productos a bajo costo aplicando los principios de Machine Learning (ML). Para lograr este objetivo presentan el sistema PREFERML AutoML, el cual se adecua al entorno de manufactura y está modelado para prevenir errores dentro de la producción y ayudar a reconocer la causa raíz. Para cumplir la meta inicial se plantean las interrogantes de qué tan buenos son los resultados de los algoritmos de ML basados en datos reales, y qué tan adecuadas son las métricas usadas para dichos datos y por último, saber qué tan efectivo es el ajuste de hiperparámetros para mejorar el costo-beneficio. Al culminar la investigación, los resultados de los algoritmos de ML establecidos son aceptables y otorgan un beneficio significativo, además que podría emplearse para identificar la causa raíz de algún problema. Sin embargo, las métricas presentan ambigüedad y en caso de algún error puede aumentar los costos, y referente al ajuste de hiperparámetros se puede lograr resultados positivos adicionales.

A raíz de la información que se recopila en el trabajo de investigación, sintetizamos que las diferentes aplicaciones de las nuevas tecnologías tienen un impacto favorable en las Industrias. Por ello, se han creado grandes transformaciones tecnológicas, dirigidas hacia una producción automatizada e interconectada resaltando los diversos usos de los Sistemas Inteligentes y las TIC.

Ante esta situación, las empresas deben adaptarse a este comportamiento dinámico. Sin embargo, estos sistemas no solo se centran en la producción, sino que también puede llegar a influir en la perspectiva económica de los negocios.

De la misma forma, todas las bases bibliográficas revisadas manifiestan resultados positivos en la aplicación de esta tecnología innovadora. No obstante, es importante rescatar que para obtener el máximo provecho se debe conocer y comprender la tecnología de vanguardia, ya que existen casos donde las empresas se muestran impotentes a incursionar en la Industria 4.0 debido a limitaciones financieras y de conocimiento.

4. Conclusiones

Según el trabajo realizado, la integración de los Sistemas Inteligentes y las TIC traen consigo múltiples ventajas para las industrias, en especial para lo que hoy conocemos como industria 4.0; debido a que, permite controlar y medir cada uno de los procesos de manera correcta, logrando así la optimización de los recursos productivos en las empresas e incrementa la competitividad y rentabilidad. Sin embargo, la parte financiera es de vital importancia para que las empresas puedan implementar estos sistemas, es así que los gobiernos y empresas deben trabajar de manera conjunta en propuestas políticas y estrategias orientadas en una economía

digital, para lograr la hiperconectividad buscada entre la tecnología, automatización y producción.

Con esta investigación se incentiva a las pymes del sector industrial a aventurarse en adoptar las herramientas y recursos de la industria 4.0 para incrementar la capacidad de respuesta y una mejor toma de decisiones a los desafíos que se presenten como algunos casos empresariales, académicos y sociales que tuvieron éxito. Además, es conveniente apostar por la innovación científica, dentro del ámbito nacional, esto le permitirá a la industria peruana ser más competitiva empresarialmente, mejorando su posicionamiento y convirtiéndose en un mejor foco de inversión.

5. Referencias Bibliográficas

- [1] Okano, T. (2017). IOT and Industry 4.0: The Industrial New Revolution. In International Conference on Management and Information Systems September 17, 75-76. <https://n9.cl/lsebh>
- [2] Morgan, A. (2020). Resilience: essential skill to face the fourth industrial revolution. 11(1), 21-31. <https://n9.cl/5108w>
- [3] Weyer, S., Schmitt, M., Ohmer, M., & Gorecky, D. (2015). Towards Industry 4.0 - Standardization as the crucial challenge for highly modular, multi-vendor production systems. <https://n9.cl/a77p4>
- [4] Mon, A. & René del Giorgio, H. (2021). Evaluation of Information and Communication Technologies towards Industry 4.0. ScienceDirect 180, 639-648. <https://n9.cl/d1ox9>
- [5] Buenrostro, M. & Hernández, E. (2019). The Incorporation of ICT in Firms. Factors of the Digital Divide in MSMEs of Aguascalientes. <https://n9.cl/3m14j>
- [6] Tapia, V. (2018). Industria 4.0 – Internet de las Cosas. UTCiencia, 1-9. <https://n9.cl/bjzqa>
- [7] Belman, L., Jiménez, G. & Hernández, G. (2020). Análisis exhaustivo de los principios de diseño en el contexto de Industria 4.0. Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial. <https://n9.cl/pxtb2>
- [8] Ynzunza, C., Izar, L., Bocarando, C., Aguilar, P. & Larios, O. (2017). El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras. Conciencia Tecnológica. <https://n9.cl/xit4a>
- [9] Zhong, R., Xu, X., Klotz, E. & Newman, S. (2017). Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review. Engineering, 616–630. <https://n9.cl/2u71d>
- [10] Arboleda, J., Ramos, R., Zuleta, G., Arboleda, Q. (2020). La cuarta revolución industrial y las oportunidades para las empresas. UNACIENCIA Revista de Estudios e Investigaciones. <https://n9.cl/rkyi>
- [11] Corzo, G. & Álvarez, E. (2020). Estrategias de competitividad tecnológica en la conectividad móvil y las comunicaciones de la industria 4.0 en Latinoamérica. 31(6). <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v31n6/0718-0764-infotec-31-06-183.pdf>
- [12] Masood, T. & Sonntag, P. (2020). Industry 4.0: Adoption challenges and benefits for SMEs. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166361520304954>
- [13] Brozzi, R., Riedl, M. & Matta, D. (2021). Key Readiness Indicators To Assess The Digital Level of Manufacturing SMEs. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827121001025>

- [14] Hirsch, J., Almaraz, I. & Ríos, M. (2015). The preparation of the industrial firms in the State of Querétaro, Mexico, in the area of information and communication technologies. 6(14). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215910X15000300>
- [15] Pérez, E. (2017). SCADA systems in the industrial automation. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/8893?show=full>
- [16] Villa, A. & Taurino, T. (2019). SME Innovation and Development in the Context of Industry 4.0. Vol. 39, 2019, 1415-1420. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978920303784>
- [17] Rozo, F. (2020). Survey on technologies present in industry 4.0. UIS Ingenierías. Vol. 19, 177-192. Obtenido de: <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistausingenierias/article/view/10720/10491>
- [18] Rachakonda, V. (2021). 4 technology trends that will define modern manufacturing. SME. https://vtindustrial.unitru.edu.pe/detalle_registro.php?tipo=1&id=1751
- [19] Blanco, M., González, K., & Rodríguez, J. (2017). Propuesta de una arquitectura de la industria 4.0 en la cadena de suministro desde la perspectiva de la Ingeniería Industrial. 13(23). https://vtindustrial.unitru.edu.pe/detalle_registro.php?tipo=10&id=18
- [20] Tavera, C., Hamilton, J., Ibrahim, O., & Ríos, A. (2021). Business Intelligence: Business Evolution after Industry 4.0. MDPI, 13(18). https://vtindustrial.unitru.edu.pe/detalle_registro.php?tipo=7&id=3618
- [21] Gerling, A., Ziekow, H., Hess, A., Schreier, U., Seiffer, C., & Ould, D. (2022). Comparison of algorithms for error prediction in manufacturing with automl and a cost-based metric. Springer. https://vtindustrial.unitru.edu.pe/detalle_registro.php?tipo=7&id=4027&o=b

GESTIÓN DE OPERACIONES

INDUSTRIALES



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



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
TRUJILLO

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

Influence of the implementation of an ERP system in the university academic management: A systematic review

Christian Stephano Castañeda Rodríguez¹; Edison Alejandro Gálvez Mori¹; Anthony Luciano Sebastián¹, Andrés Alejandro Rodríguez Álvarez¹; Robert Emmanuel Torres Correa^{1,*}, Jorge Valdivia Valderrama¹

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

*Autor correspondiente: rtorressc@unitru.edu.pe (R. Torres).

Fecha de recepción: 31 08 2022. Fecha de aceptación: 20 11 2022

ABSTRACT

Purpose - The purpose of this article is to present the results obtained from literary research which aims to determine if the implementation of an ERP system of industry 4.0 can improve the processes of academic management of universities.

Methodology - This research article has a scope that includes a critical analysis, search in database engines and review of scientific journals that are derived from the Technological Surveillance Service of the National University of Trujillo on the specific topic taken as the object of investigation.

Findings - According to the exploration carried out of the cases of implementation of ERP software for academic management, several options were found according to each need of the companies (universities, institutes, schools), where the improvement of academic management in general for each part of the organization thanks to the implementation of an ERP of industry 4.0.

Value - The research reviews and analyzes the different contexts in which these systems are implemented, the main solutions proposed and which are the most appropriate tools for each context. It also aims to promote the implementation of this type of system by, not only universities, but any type of institution that provides academic services, in order to improve the organization's processes and strengthen its value chain.

Keywords: Industry 4.0, Implementation, ERP (Enterprise Resource Planning), University Academic Management

Influencia de la implementación de un sistema ERP en la gestión académica universitaria: Una revisión sistemática

RESUMEN

Propósito - El propósito del presente artículo es presentar los resultados obtenidos de la investigación literaria el cual tiene como objetivo determinar si la implementación de un sistema ERP de la industria 4.0 puede mejorar los procesos de la gestión académica de las universidades.

Metodología - Este artículo de investigación tiene un alcance que incluye un análisis crítico, búsqueda en motores de bases de datos y revisión de revistas científicas que están derivadas del Servicio de Vigilancia Tecnológica de la Universidad Nacional de Trujillo sobre el tema específico tomado como objeto de investigación.

Hallazgos - De acuerdo a la exploración realizada de los casos de implementación de software ERP para la gestión académica, fueron encontradas varias opciones según cada necesidad de las empresas (universidades, institutos, colegios), donde se puede evidenciar la mejora de la gestión académica en general para cada parte de la organización gracias a la implementación de una ERP de la industria 4.0.

Valor - La investigación revisa y analiza los diferentes contextos en los cuales se implementan estos sistemas, las principales soluciones propuestas y cuáles son las herramientas más adecuadas para cada contexto. También pretende fomentar la implementación de este tipo de sistemas por parte de, no solo universidades, si no cualquier tipo de institución que preste servicios académicos, con la finalidad de mejorar los procesos de la organización y fortalecer su cadena de valor.

Palabras clave: Industria 4.0, Implementación, ERP (Enterprise Resource Planning), Gestión Académica Universitaria.

1. Introducción

El número de cambios que suceden entre lapsos de tiempo cortos son elevados, sin embargo, el sistema educativo es el que menos cambios ha sufrido. Los métodos de enseñanza han persistido por muchos años en las instituciones educativas, más el tiempo ha cambiado y la tecnología se ha desarrollado lo suficiente para proveer soporte al sistema educativo [1].

La gestión académica, según [5], es el conjunto de acciones enfocadas a la obtención de algún beneficio tomando al personal de la institución educativa, a través de herramientas y metodologías que ayuden a la realización de los objetivos. Además, ayuda a determinar el direccionamiento de la institución educativa, contribuye al diseño, la aplicación y la ejecución de las decisiones académicas, y al seguimiento y control de programas académicos.

La universidad, como empresa, necesita implementar diversos modelos de gestión académica con el fin de proporcionar a sus alumnos un servicio educativo óptimo. Según [3], la universidad la cual tiene la responsabilidad de gestionar la educación superior en las sociedades emergentes del intelecto, se encuentra forzada a renovarse con el fin de evolucionar en el tiempo de manera perenne.

Se conoce como *enterprise resource planning* (erp) según [20], grupo de modelos de software que se encuentran integrados y una base de datos principal, la cual permite hacer una gestión eficaz y eficiente de los recursos (recursos humanos, materiales, finanzas, etc.) a través de la automatización y la integración de los procesos de comercio, conmutación de datos en toda la organización y el acceso a la data en el ambiente en tiempo real.

A nivel nacional [18], llegó a la conclusión de que un sistema planificador del recurso empresarial (ERP) tiene la capacidad de producir un impacto positivo y relevante en todos las gestiones que se vinculan al comercio de la organización con respecto al área de distribución de productos que se destinan para que sean de producción masiva en Lima Metropolitana, 2019. Es decir, una excelente programación de los recursos empresariales demuestra los correctos procesos de negocio y viceversa. Por otro lado, se analizó que aproximadamente la mitad de los participantes estimó como media la planificación empresarial de los recursos y con exactitud, el 65.3% advirtió un nivel normal con respecto a los procesos de negocio.

Las ventajas de un ERP según [19], son que brindan posibilidades de que la administración de la institución educativa sea realizada en una sola plataforma, lo cual permite una interrelación directa entre la gestión educacional y administrativa acondicionando una mejor integridad entre la data, facilidad mayor en cuanto a la adaptación del personal de la empresa, un tiempo menor con respecto al adiestramiento y una facilidad mayor en el soporte. La realización de esta solución ayuda a automatizar todos los procesos, además de que se estandaricen y se encuentren completamente integrados.

Con la llegada de la pandemia de coronavirus se reafirmó la idea de contar una plataforma virtual para continuar con los estudios de manera remota. Algunas universidades (sobre todo universidades privadas) sobrellevaron la situación ya que contaban con su propia plataforma virtual antes de la pandemia y la infraestructura necesaria donde alojar aquella plataforma, en cambio, las demás universidades (mayoría estatales) tuvieron dificultades para virtualizar los servicios, y al ponerlos en marcha presentaban problemas que afectan a la experiencia del usuario. Esto último debido al corto tiempo de desarrollo, al presupuesto limitado que se manejó, la falta de personal requerido, la infraestructura tecnológica obsoleta, entre otros.

Por lo tanto, en este trabajo de investigación tiene el propósito de revisar diversas fuentes bibliográficas y artículos científicos sobre las tecnologías empleadas en el desarrollo de sistemas de automatización de procesos de la gestión académica. y así seguir impulsando el desarrollo de estos sistemas informáticos para la mejora de la educación universitaria.

2. Metodología

Para el siguiente trabajo de investigación se utilizó la revisión de artículos científicos de manera sistemática de la literatura referentes a la gestión académica y los sistemas que se utilizan para realizar la planificación de recursos empresariales también conocido como ERP por sus siglas en inglés [14]; las cuales fueron obtenidas de diferentes bases de datos y el Servicio de Vigilancia Tecnológica de la Universidad Nacional de Trujillo.

Para la exploración bibliográfica mediante la web, se utilizaron palabras claves como: “ERP”, “Innovation in the industry 4.0”, “Academic Management”, “Software”, “System information”, “Internet of things”, “Case Study”, “Automatization”.

Primero, se buscaron los artículos en los servicios anteriormente mencionados, se revisó minuciosamente cada contenido de los diferentes artículos, luego se aplicaron algunos criterios de exclusión como: Artículos repetidos, artículos irrelevantes o que no contengan el tema de investigación y artículos que tengan más de 5 años de publicación desde la fecha actual [2].

De los 25 artículos evaluados y siguiendo los criterios de exclusión, se seleccionaron 16. En la parte de resultados se explican algunas tecnologías relacionadas a la industria 4.0 y cómo estas influyen en las organizaciones actualmente y también se describe la influencia de los ERP 's en el éxito de las empresas y la competitividad académica en las organizaciones estudiantiles (universidades, institutos, colegios). Por último, se trabaja la parte del desarrollo de herramientas de software para los procesos académicos como estrategia de automatización de procesos.

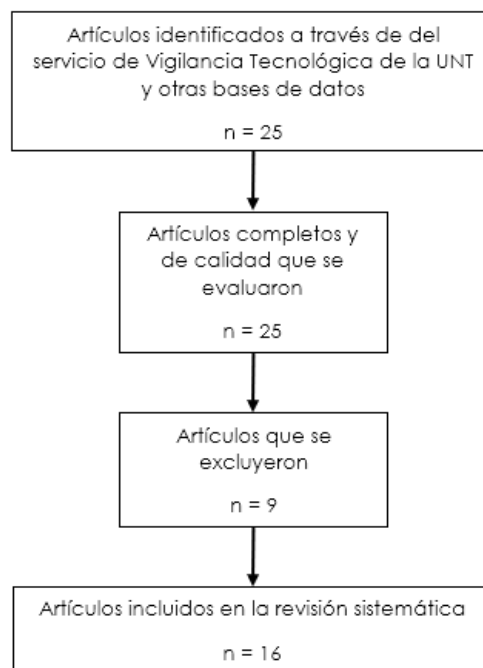


Figura 1. Diagrama de flujo empleado para la exploración y revisión de la literatura. Fuente: Elaboración propia

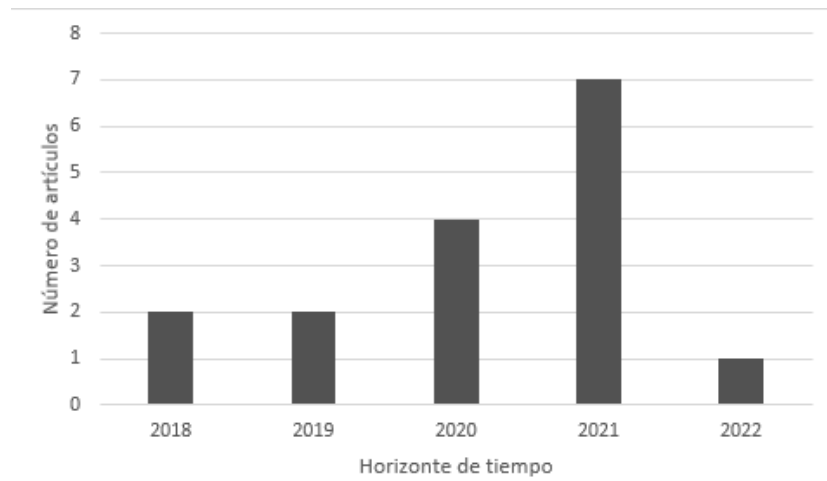


Figura 2. Horizonte de tiempo de la revisión literaria. Fuente: Elaboración propia

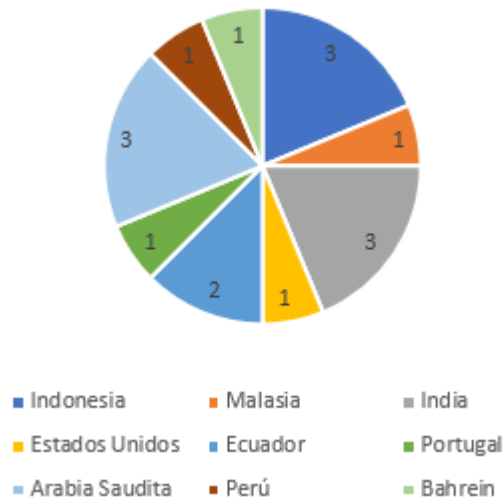


Figura 3. Cantidad de artículos filtrados por país de origen. Fuente: Elaboración propia

3. Resultados y discusión

Mapa bibliográfico de la investigación

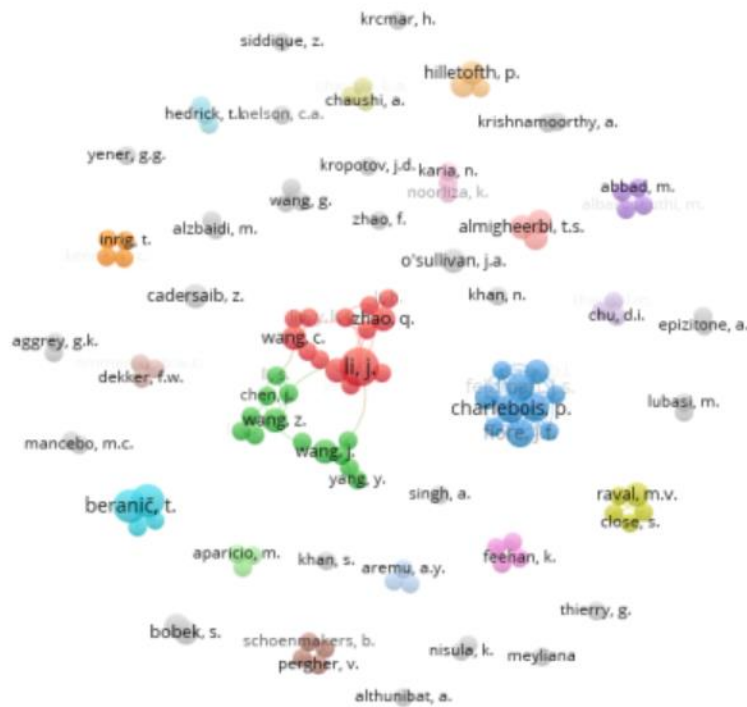


Figura 4. Mapa bibliográfico de autores con mínimo dos publicaciones usando el software VosViewer. Fuente: Elaboración propia

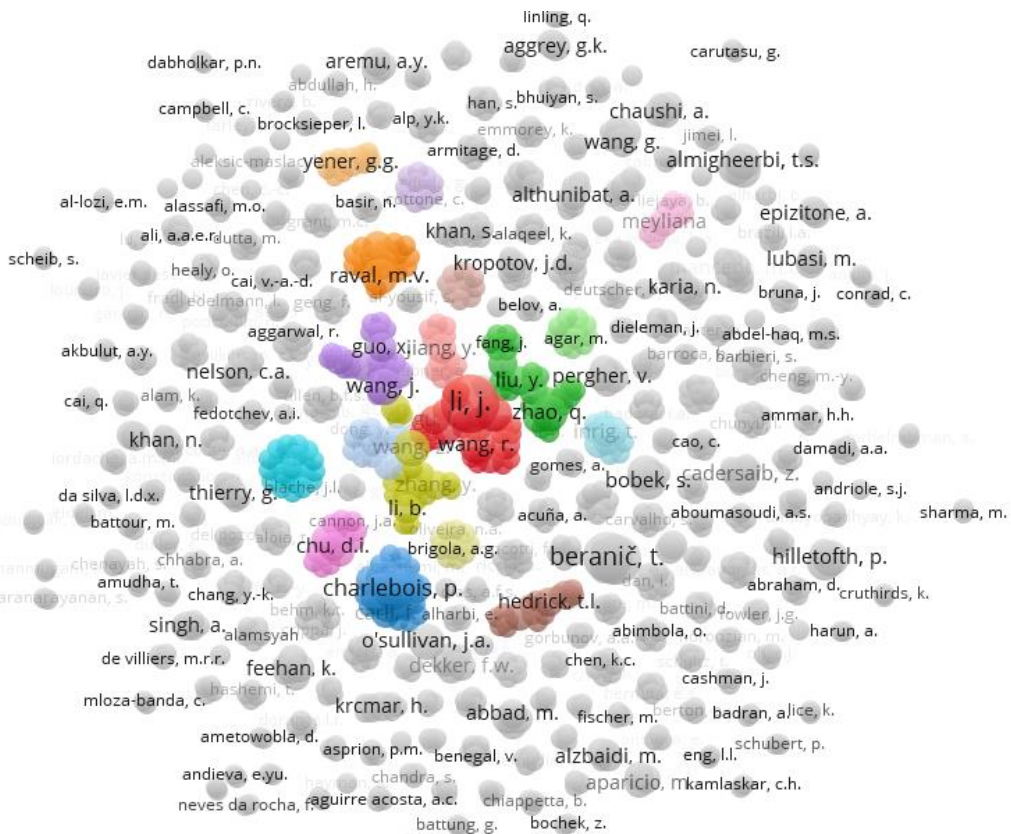


Figura 5: Mapa bibliográfico de autores con mínimo una publicación usando el software VosViewer. Fuente: Elaboración propia

De los gráficos realizados en el software VosViewer podemos apreciar los distintos autores después de realizar la búsqueda "erp education" en la base de datos de Scopus, limitando los años de publicación a 2017 en adelante, la cual devolvió un total de 374 resultados. Estos gráficos nos muestran las correlaciones entre los autores en sus publicaciones, identificando al autor Li, J. como uno de los que más artículos han publicado al igual que Charlebois, P.

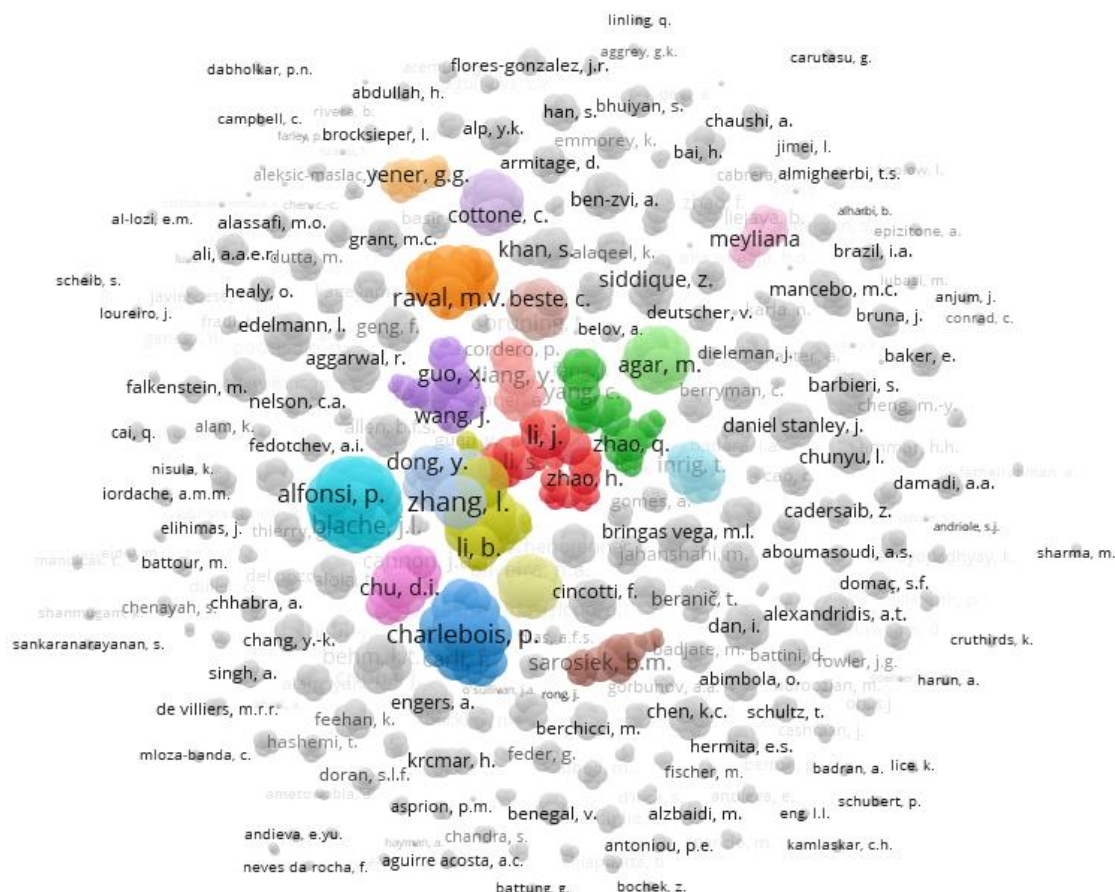


Figura 6: Mapa de citas de autores con mínimo una publicación usando el software VosViewer. Fuente: Elaboración propia

Asimismo, podemos identificar en el mapa de citas que los autores Alfonsi, P., Raval, M.V., y Charlebois, P. son los autores que tienen más enlaces y citas entre todos los artículos que devolvió la búsqueda.

El sistema ERP de la gestión académica como columna vertebral de la institución educativa.

El objetivo del sistema ERP de gestión académica es proporcionar a sus usuarios facilidades para elaborar sus actividades de formación educativa usando el sistema diariamente [6]. A través de la digitalización de los servicios de la institución superior y con el uso de servicios de comunicación de tecnología de información en línea facilita la interacción de los académicos con los estudiantes a través de Internet [10]. Además, es posible proporcionar documentos deseados por los estudiantes y profesores a través del sistema y verificar su autenticidad.

El sistema mencionado permite el desarrollo de la educación a distancia, aportando herramientas para los docentes para la realización de videoconferencias, la entrega de materiales didácticos y el asignamiento de tareas a los estudiantes [8]. Además, la Facultad, a través de los administradores del sistema, pueden monitorear las actividades realizadas tanto por los docentes

como los estudiantes con el fin de realizar informes sobre el rendimiento académico en la Facultad para apoyar la toma de decisiones entre las autoridades académicas [7].

En su artículo, [22] propone un marco de implementación para sistemas ERP en universidades, en el cual consideró los beneficios que este traería, significando facilidades al momento de recopilar, organizar y almacenar datos.

Este marco además tomó en cuenta tanto aspectos funcionales como perfiles para los diferentes tipos de usuarios, exámenes y gestión, así como aspectos no funcionales, relacionados con accesibilidad, privacidad, y seguridad entre otros [9].

Tabla 1. Requerimientos funcionales y no funcionales para un sistema ERP de gestión académica universitaria

Requerimientos Funcionales		Requerimientos no funcionales	
1	Perfil Institucional	1	Accesibilidad
2	Perfil del personal	2	Documentación
3	Perfil de los estudiantes	3	Eficiencia
4	Curriculum	4	Efectividad
5	Análisis de desempeño	5	Extensión
6	Control de Asistencia	6	Tolerancia a faltas
7	Exámenes online	7	Inoperatividad
8	Prácticas online	8	Privacidad
9	Proceso de Admisión	9	Calidad
10	Avisos académicos	10	Tiempo de respuesta
11	Tabla de tiempo	11	Escalabilidad
12	Mensajería interna	12	Seguridad
13	Gestión de Alumnado	13	Estabilidad
14	Gestión bibliotecaria	14	Asistencia
15	Roles	15	Pruebas validadas
16	Cuentas		
17	Trabajo/ análisis de requisitos		
18	Reportes		

Fuente: Elaboración propia

Siendo la universidad una empresa también, este marco no solo aumenta el valor de los servicios que se brinda, sino también evidencia la transformación digital, un aspecto de la Industria 4.0, [11], a la que las universidades tienen que someterse para mantenerse en funcionamiento, y cómo es necesario un plan para la implementación de este.

Con respecto al tema de desarrollo de los sistemas ERP en las universidades, existe una cierta tendencia a usar software de código abierto y libre [17]. La mayoría de los trabajos de investigación proponen desarrollar una aplicación web, con el fin de que pueda ejecutarse en cualquier dispositivo sin importar el sistema operativo que posean, solo contar con un navegador web y un servicio de internet para poder acceder al sistema [21]. Para la aplicación web se usan los frameworks de desarrollo web como Django, escrito en Python, y Laravel, escrito en PHP; ambos usan el modelo MVC (Modelo - Vista - Controlador) [16]. Otros trabajos de investigación proponen el desarrollo de aplicaciones móviles ejecutables en sistemas operativos Android e iOS, con el motivo de aprovechar el auge de los dispositivos móviles para acercar el sistema ERP a los usuarios que suelen ser los dispositivos con más tiempo de uso. Para las aplicaciones móviles se usan frameworks como Flutter, creado por Google para el desarrollo de aplicaciones en Android, iOS y Web, y React Native, creado por Meta para el desarrollo de aplicaciones en Android, Android TV, iOS, macOS, tvOS, Web, Windows y UWP [12].

Sin embargo, existen obstáculos y desafíos que enfrentan los usuarios, tanto como estudiantes y profesores, en la utilización del sistema. Entre los obstáculos que presenta está, según [4], el no poder satisfacer los requerimientos con la implementación del sistema, es decir, que los componentes de la aplicación estén incompletos y no exista interacción entre ellos, en consecuencia, el sistema no ha sido suficientemente acogido e integrado por los usuarios. En el trabajo de [23] determina el desafío de requerir la colaboración de los estudiantes, de los docentes y del personal académico que están involucrados en el proceso con el fin de realizar una aplicación exitosa de los sistemas ERP, ya que estos tomarán el rol de usuarios expertos para comprender los cambios en el proceso, actividad, estructura y automatización para adoptarlo en el sistema [24]. En el campo de seguridad, según Surendran K, uno de los problemas graves detectados está relacionado con la verificación de certificados, en su artículo científico plantea que usar la tecnología blockchain en el sistema académico con la finalidad de comprobar que tan auténticos son los documentos oficiales de la institución académica [15].

Y con la llegada de la pandemia del coronavirus aumentó la sinergia entre las instituciones educativas con los cursos en línea, enfatizando la importancia de contar con una plataforma virtual para los sistemas de aprendizaje con el propósito de no detener la preparación de los estudiantes y docentes que no pueden acceder a los recursos de aprendizaje a través del modelo normal de educación [13].

4. Conclusiones

Concluimos que la presente investigación utiliza el concepto de ERP de la industria 4.0 que es aplicable para el sector de educación, específicamente en la educación superior universitaria, esto mediante una exploración sistemática de los artículos que se encuentran divulgados en un intervalo de tiempo de 5 años donde se pudo identificar el concepto y la aplicación de ERP y cómo esta permite el desarrollo de las organizaciones educativas, las cuales permiten una mejor comunicación entre los actores y áreas de la empresa, lo cual permite incrementar la productividad, el aprendizaje de los clientes (alumnos) y reducir costos.

Para la herramienta ERP, esta tiene por objeto brindar a la más alta dirección de las universidades, información en tiempo real que permita la toma ágil de decisiones y mejorarlas. Por lo tanto, podemos afirmar que el ERP además de permitir a las universidades brindar una respuesta importante frente al entorno volátil de la gestión académica, puede presentar un panorama completo del contexto actual. Con respecto a la gestión académica, se podrá optimizar

esta gestión para que las universidades puedan cumplir con sus exigencias en cuanto a costos, tiempo y cumplimiento de sus procesos.

Finalmente, esta investigación va a permitir que los artículos científicos pueden ser complementados con los datos brindados a través del uso de esta herramienta de la industria 4.0 para el sector de educación, puesto que la educación, en general, cambia bastante según la situación en el que se encuentre su entorno. Como limitaciones de este artículo de revisión, la información bibliográfica conseguida fue reducida, donde solo se pudo emplear 16 artículos importantes.

5. Referencias Bibliográficas

- [1] Faisal, P., & Kisman, Z. (2020). Information and communication technology utilization effectiveness in distance education systems. *International Journal of Engineering Business Management*, 12. <https://doi.org/10.1177/1847979020911872>
- [2] Suradi, N. R. M., Kahar, S., & Jamaluddin, N. A. A. (2018). Identification of software quality characteristics on academic application in Higher Education Institution (HEI). *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering*, 10(2–7), 133–136.
- [3] Wijaya, W. M., & Risdiansyah, D. (2020). Dampak Implementasi Sistem Informasi Manajemen Pendidikan pada Kegiatan Akademik di Sekolah The Impact of the Implementation of Education Management Information Systems on Academic Activities in Schools. *Jurnal Penelitian Pendidikan*, 20(1), 129–135.
- [4] Mulyani, S., Gaffar, M. F., Komariah, A., Suryadi, Suhendar, A., Rusnati, I., & Wulansari, S. (2021). Academic Management System Integration Of Private Universities. *International Journal of Science, Technology & Management*, 2(4), 1095–1101. <https://doi.org/10.46729/ijstm.v2i4.244>
- [5] Virtual Academic Management System using Django and Flutter. (2021). *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 10(4), 2867–2871. <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2021/331042021>
- [6] Surendran, K., Benny, L., & Mahesh, A. S. (2020). Student academic management system using blockchain technology. *Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems*, 12(3 Special Issue), 1410–1415. <https://doi.org/10.5373/JARDCS/V12SP3/20201392>
- [7] Firman, F., Muhsin, M. A., & Goestina, G. (2021). Online Based Learning Management System (LMS) on Student Academic Performance. *AL-ISHLAH: Jurnal Pendidikan*, 13(1), 788–793. <https://doi.org/10.35445/alishlah.v13i1.415>
- [8] Padayachee, P., Wagner-Welsh, S., & Johannes, H. (2019). Online assessment in Moodle: A framework for supporting our students. *South African Journal of Higher Education*, 32(5), 211-235. <https://doi.org/10.20853/32-5-2599>
- [9] Amazon, F., Widiatry, W., & Pranatawijaya, V. H. (2021). Rancang Bangun Sistem Informasi Akademik Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Berbasis Website. *Journal of Information Technology and Computer Science*, 1(1), 20–28. <https://doi.org/10.47111/jointecom.v1i1.2511>

- [10] Manglapuz, S. J. R., & Lacatan, L. L. (2019). Academic management android application for student performance analytics: A comprehensive evaluation using ISO 25010:2011. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8(12), 5085–5089. <https://doi.org/10.35940/ijitee.L2735.1081219>
- [11] Soegoto, E. S., Luckyardi, S., & Kurniawan, A. R. (2020). Web service for academic information systems. *Journal of Engineering Science and Technology*, 15, 36–44.
- [12] Suaidah, Fatichatus., & Taufik, R. (2021). Sistem Informasi Akademik Berbasis Web. *Nederlands Tijdschrift Voor Geneeskunde*, 5(1), 134–137
- [13] Kesuma, C., & Kholifah, D. N. (2019). SISTEM INFORMASI AKADEMIK BERBASIS WEB PADA LKP REJEKI CILACAP. *EVOLUSI: Jurnal Sains Dan Manajemen*, 7(1). <https://doi.org/10.31294/evolusi.v7i1.5026>
- [14] Sari, E. P., Wahyuni, A., & Narti, N. (2019). Sistem Informasi Sekolah Berbasis Web. *Indonesian Journal on Software Engineering (IJSE)*, 5(1), 87–94. <https://doi.org/10.31294/ijse.v5i1.5867>
- [15] Katre, M. (2021). Student Services App. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 9(VII), 481–485. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2021.36346>
- [16] Wardhani, D., & Wijaya, A. P. (2020). User Interface Prototype Design Of Mobile Application Academic Information Systems Institute Of Technology And Business Of Indonesian Banks. *BRITech (Jurnal Ilmiah Komputer, Sains Dan Teknologi Terapan)*, 1(2), 25–31.
- [17] Rjeib, H. D., Ali, N. S., Al Farawn, A., Al-Sadawi, B., & Alsharqi, H. (2018). Attendance and information system using RFID and web-based application for academic sector. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 9(1), 266–274. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2018.090137>
- [18] Govea Souza, J. A. (2021). Sistema de planificación de recursos empresariales (ERP) y su influencia en los procesos de negocio de empresas distribuidoras de productos de consumo masivo en Lima Metropolitana en el 2019. *Industrial data*, 24(1), 201–217. [doi:10.15381/idata.v24i1.19831](https://doi.org/10.15381/idata.v24i1.19831)
- [19] Arenas, O. S., Bencomo, Y. V., & López, E. V. (2019). Propuesta integradora de un sistema ERP para la Facultad de Turismo de la Universidad de la Habana. *Ciencia Digital*, 3(1), 410–423. [doi:10.33262/cienciadigital.v3i1.303](https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i1.303)
- [20] Rivera Silva, A. C., Vargas Reyes, R. E., & Bohórquez Arevalo, L. E. (2018). Implementación de los sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP) en las organizaciones desde la coevolución. *Ingeniería solidaria*, 14(24), 1–15. [doi:10.16925/in.v14i24.2161](https://doi.org/10.16925/in.v14i24.2161)
- [21] Aparicio, M., Raposo, J., & Costa, C. J. (2018). ERP usage in higher education learning context. 2018 13th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), 1–6.
- [22] Abdel-Haq, M. S. (2020). Conceptual framework for developing an ERP module for quality management and academic accreditation at higher education institutions: The case of Saudi Arabia. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications: IJACSA*, 11(2). <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2020.0110219>

- [23] Bamufleh, D., Almalki, M. A., Almohammadi, R., & Alharbi, E. (2021). User Acceptance of Enterprise Resource Planning (ERP) Systems in Higher Education Institutions: A Conceptual Model. *International Journal of Enterprise Information Systems (IJEIS)*, 17(1), 144-163. <http://doi.org/10.4018/IJEIS.20210101.0a1>
- [24] Singh, A., & Randhawa, S. (2020). Comparing the existing ERP modules in selected private universities of punjab- an empirical study. Paper presented at the Proceedings - 2020 International Conference on Emerging Trends in Communication, Control and Computing, ICONC3 2020, doi:10.1109/ICONC345789.2020.9117362

GESTIÓN DE OPERACIONES

INDUSTRIALES



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



UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
TRUJILLO

FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRUJILLO, PERÚ
Marzo, 2022

The use of 3D graphic systems in research, development and prototyping in industries 4.0

Cristian Axel Mendoza Cabrera^{1, *}; Paulo Cesar Tello Plingo¹; Giuliana Cecilia Villena Chávez¹

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

*Autor correspondiente: cmendozac@unitru.edu.pe (C. Mendoza).

Fecha de recepción: 31 08 2022. Fecha de aceptación: 20 11 2022

ABSTRACT

Purpose - Establish a viable relationship between the use of 3D graphics systems and Industry 4.0. For this, and as the objective of this article, it will be to develop and explore its benefits in different aspects.

Methodology - This research article was prepared taking into account a systematic review of our publications focused on our research topic, using the Technological Surveillance Service of the National University of Trujillo.

Findings - This review article shows how the use of 3D graphics systems influences Industry 4.0 in research, development and prototyping in different industrial sectors.

Value - Additive manufacturing (AM) and 3D graphics systems have an important effect on the design process as well as the production of prototypes, saving in terms of cost and time. Another important effect is the ability to produce geometrically more complex products and a better use of resources.

Keywords: Industry 4.0; graphics systems; 3D; additive manufacturing.

El uso de los sistemas gráficos en 3D en la investigación, desarrollo y prototipado en industrias 4.0

RESUMEN

Propósito - Establecer una relación viable entre el uso de los sistemas gráficos en 3D y la industria 4.0. Para ello, y como objetivo de este artículo, será desarrollar y explorar sus beneficios en distintos aspectos.

Metodología - Este artículo de investigación fue elaborado tomando en cuenta una revisión sistemática de numerosas publicaciones centradas en nuestro tema de investigación, usando el Servicio de Vigilancia Tecnológica de la Universidad Nacional de Trujillo.

Hallazgos - Este artículo de revisión muestra cómo el uso de los sistemas gráficos en 3D influye en la industria 4.0 en la investigación, el desarrollo y el prototipado en diferentes sectores industriales.

Valor - La fabricación aditiva (FA) y los sistemas gráficos en 3D tienen un efecto importante en el proceso de diseño como en la producción de prototipos, ahorrando en términos de costo y tiempo. Otro efecto importante es la capacidad de producir productos geoméricamente más complejos y un mejor aprovechamiento de recursos.

Palabras clave: Industria 4.0; sistemas gráficos; 3D; fabricación aditiva.

1. Introducción

El avance de la tecnología significa un cambio continuo en el sector industrial y por consiguiente en la sociedad misma, es por eso que en la actualidad se habla de Industria 4.0 y Sociedad 5.0. La Industria 4.0 se refiere a la interconexión inteligente de máquinas y procesos con la ayuda de la tecnología de la información y la comunicación [11].

En este contexto, las iniciativas de la Industria 4.0 están ganando terreno, ya que aumentan su competitividad aprovechando los avances tecnológicos [3], y el uso de sistemas gráficos en 3D es uno de ellos. Se desarrollan sobre la base de sistemas informáticos como son: Computer Aided Design o CAD, Computer Aided Manufacturing o CAM, Computer Aided Engineering o CAE y tecnologías aditivas [6,7]. La flexibilidad en el diseño, rediseño y reutilización de modelos 3D, es decir, la posibilidad de utilizarlos en otros contextos y aplicaciones [3,4], les otorga una gran importancia.

La industria 4.0 representa la transformación digital haciendo referencia a nueve tecnologías clave, dentro de las cuales se encuentra la fabricación aditiva [1] y cuyo tema trataremos en este artículo.

En la fabricación aditiva o impresión 3D, se crea un objeto físico a partir de una representación geométrica bajo un control computarizado. A diferencia de la complicada fabricación sustractiva, la fabricación aditiva tiene capacidades únicas tales como: producción de geometrías complejas, ensamblaje integrado y eliminación de restricciones de fabricación, lo que promueve la creación de prototipado rápido [6, 7].

Además, la impresión 3D es superior en la producción única o de lotes pequeños, es una solución potencial y rentable para las industrias manufactureras actuales en función de sus economías de escala. Hoy en día, se utiliza en aplicaciones industriales como: armas de fuego, equipos médicos, construcción, aeronaves y robótica [10].

En el ámbito de la Salud Dental, contribuye a un adecuado control en la etapa de diseño, lo que determina el rendimiento de los productos finales [12]. En la industria aeroespacial, tenemos la fabricación a gran escala como método para producir prototipos de herramientas aptas y no muy costosas [14]. Por otro lado, en la industria artesanal, los sistemas en 3D benefician la obtención de productos híbridos (artesano-industrial) gracias a las posibilidades de diseño y la viabilidad de los resultados que llegan al mercado [2].

Dentro de la ingeniería de diseño y producción, son los facilitadores tecnológicos los que permiten la realización de figuras complejas que requieren un mayor tiempo de elaboración, reduciendo la frontera en la innovación de productos [2]. Al mismo tiempo, gracias al rápido crecimiento y las significativas reducciones de costos de las impresoras 3D en la actualidad, han brindado soluciones de fabricación a nivel industrial y están llenando cada vez más el mercado con soluciones a nivel del consumidor [6, 13], por eso se dice que la impresión 3D es la industria del futuro.

Asimismo, la impresión 3D no representa una amenaza importante para el medio ambiente, debido a la situación climática actual es preferible contar con procesos de fabricación sostenibles, con un menor consumo de recursos, y una disminución en la generación de residuos. En nuestro país, existe un desconocimiento sobre los temas de la industria 4.0 y los beneficios de los sistemas gráficos a consecuencia de los avances tecnológicos limitados, las dificultades en el financiamiento, la visión en la gerencia y/o por trabajadores no calificados para manipular dichas tecnologías [5].

Debido a todo lo expuesto anteriormente podemos establecer una relación viable entre el uso de los sistemas gráficos en 3D y la industria 4.0. Para ello, y como objetivo de este artículo, será desarrollar y explorar los beneficios del uso de los sistemas gráficos en 3D en la investigación, desarrollo y prototipado en la industria 4.0

2. Metodología

En el presente artículo, para recopilar información acerca del uso de los sistemas gráficos en 3D en la investigación, desarrollo y prototipado en industrias 4.0, se realizó una búsqueda sistemática de la literatura en distintas revistas que cuentan con motores de búsqueda tales como Scopus, Scielo, LatinIndex, etc., teniendo en consideración la eliminación de los archivos duplicados con el fin de obtener estudios que involucren una síntesis cuantitativa y cualitativa.

Después se procedió a filtrar la información obtenida de acuerdo a la relevancia de su contenido para nuestro estudio. Para iniciar el proceso de búsqueda se utilizarán descriptores como términos a partir de la pregunta de investigación: “impresión 3d”, “industrias 4.0”, “prototipado”, “industria”, “sistemas gráficos”, “desarrollo”. Los artículos consultados en este artículo fueron seleccionados con la condición de que estos tengan una fecha de publicación no menor a 5 años de antigüedad.

3. Resultados y discusión

El aumento de la complejidad y la necesidad de acortar el tiempo del desarrollo de productos ha causado que las empresas cambien sus procesos clásicos por paradigmas de ingeniería concurrente [1]. Este tipo de ingeniería es más ágil y eficiente, pero es más difícil de administrar, ya que existe mayor interdependencia entre tareas multidisciplinarias.

La producción tradicional de prototipos es demasiado cara; el uso de un proceso FA [2] tiene un efecto significativo en términos de costo y tiempo. Así mismo, tiene la capacidad de producir productos geoméricamente más complejos. El factor clave para su ejecución exitosa es la adecuada parametrización del diseño de los algoritmos.

Las tecnologías de CAD, CAM y CAE son aplicadas cada vez más en la industria actual, ya que se pueden simular una serie de procesos de diseño y fabricación utilizando metodologías como el trabajo experimental combinado con herramientas estadísticas, análisis de elementos finitos aplicados con suficiente antelación en el ciclo de diseño, herramientas basadas en CAD para optimizaciones de diseño y herramientas basadas en CAM para optimizaciones de mecanizado [8]. Podemos ver algunas aplicaciones en sectores como:

Sector médico:

La Salud Dental se caracteriza por su parte técnica, donde nuevos materiales y métodos dependen del desarrollo de sistemas informáticos. Un problema importante, son las reacciones alérgicas de los pacientes hacia el material con el que se elaboran las estructuras dentales.

Los sistemas de diseño de código abierto como CAD y el uso de CAM son esenciales para la producción 3D en la industria dental, estos son sistemas relacionados con centros de mecanizado de control numérico, máquinas CNC.

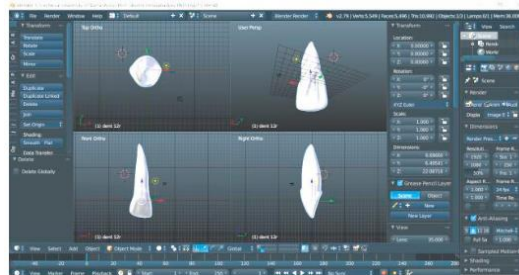
Una ventaja esencial para el software 3D son sus modelos tridimensionales, ya sea sólido o malla poligonal, compuesta por caras/aristas y vértices.

Tabla 1

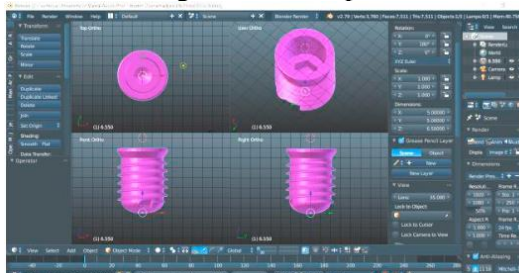
Diferencia entre diseños de computadora 2D Y 3D.

2D/3D SOFTWARE	
Base	Subdivisión
Diseño de computadora 2D	Dibujo técnico Gráficos vectoriales Gráficos de trama
Diseño de computadora 3D	Modelos sólidos 3D Modelos de malla poligonal 3D

En [12] podemos evidenciar un ejemplo de lo mencionado anteriormente, el software 3D Open Source Blender permite el modelado de dientes de malla poligonal, implantes, coronas, entre otros. Asimismo, el uso de una base de datos con modelos de dientes en 3D. Las figuras 1 y 2 muestran modelos digitales 3D de dientes.

**Figura 1.** Modelo de diente digitalizado en 3D (12r) en Blender (Vista 3D: Sólido)**Figura 2.** Modelo de diente digitalizado en 3D (16r) en Blender.

Uno de los complementos especializados para hacer implantes dentales es Open Dental CAD, las figuras 3 y 4 muestran un modelo digital 3D de implantes dentales utilizándolo.

**Figura 3.** Modelo 3D digitalizado de implante dental (5/5/6.5) en Blender entorno de software.

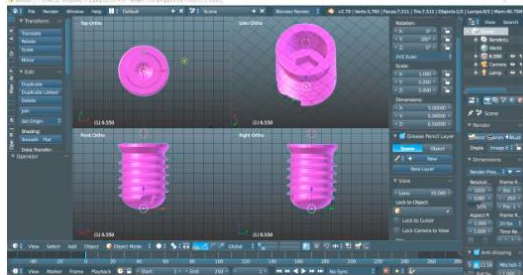


Figura 4. Modelo 3D digitalizado de implante dental (4.1/4.1/14) en Blender entorno de software (Vista 3D: estructura alámbrica)

Los modelos tridimensionales en Open Source Blender son malla poligonal. Para la producción real, se necesita darles una estructura sólida y transferir los datos a máquinas de impresión 3D o CNC.

El uso de modernas máquinas de impresión CNC y 3D es recomendado por las clínicas dentales para la materialización del modelo, ya que aumenta la calidad de los modelos tridimensionales finales.

Sector metalúrgico-mecánico:

En [9] se presentan simulaciones del material base acero, gracias al uso de CAE, como son: endurecimiento por inducción, granallado superpuesto y evaluación de la fatiga considerando las propiedades del material.

El endurecimiento del acero por inducción consta de dos partes, calentamiento inductivo y enfriamiento posterior. El calentamiento inductivo se realizó gracias a la utilización del software Comsol®, esta es una herramienta de modelado y análisis para prototipado virtual de fenómenos físicos, COMSOL Multiphysics puede modelar cualquier fenómeno físico que se pueda describir con ecuaciones diferenciales parciales.

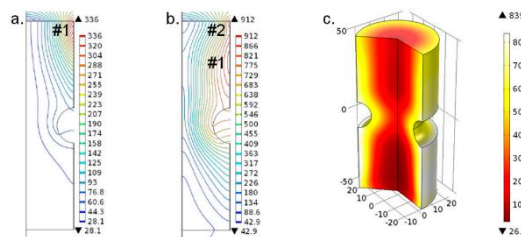


Figura 5. Resultados numéricos de simulación de calentamiento inductivo en Comsol®.

La posición calculada numéricamente y el campo de temperatura dependiente del tiempo se transfirieron luego a Sysweld®, software de simulaciones para tratamientos térmicos, soldaduras y ensambles por soldadura; con lo cual se examinó la simulación del proceso de tratamiento térmico. Esta interfaz convirtió la distribución temperatura-tiempo para cada nodo del modelo numérico.

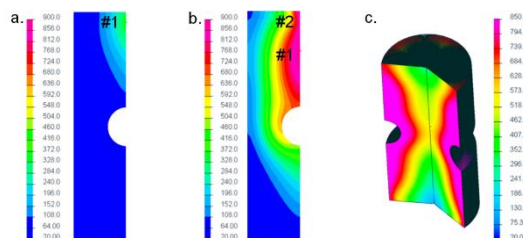


Figura 6. Resultados numéricos de simulación de calentamiento inductivo en Sysweld®.

La tercera parte de la simulación del proceso de fabricación fue el proceso mecánico StrP superpuesto. Por lo tanto, los datos de material local resultantes se transfirieron de Sysweld ® a Abaqus®, programa de cálculo por elementos finitos, para realizar la simulación mecánica.

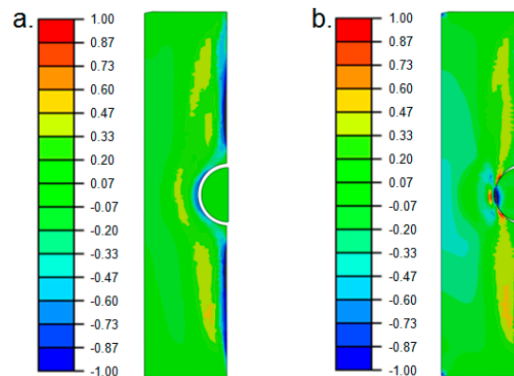


Figura 7. Estado de tensión residual axial antes (a) y durante la carga de compresión máxima (b) del proceso mecánico StrP.

Sector Artesanal:

En [2] se desarrolló una metodología que fue aplicada al proyecto denominado “ManBio”, esta metodología estuvo basada en estudio de casos, cuyo objetivo fue plantear pautas que faciliten explorar la intervención de la ingeniería de diseño y la producción con facilitadores tecnológicos, de la I4.0, en el sector artesanal. La metodología mostrada se basó en un conjunto de cinco fases.

La primera fase fue la caracterización de los factores comunes entre lo artesanal y lo industrial, la segunda fase fue identificar zonas de oportunidad incorporando la innovación mediante facilitadores tecnológicos y digitales de la I4.0, como la digitalización de soluciones, prototipado, animación y representación para el cliente, control en tiempo real, interconexión continua, conexión humano máquina y datos inteligentes. La tercera fase consistió en evaluar el posible impacto de los facilitadores tecnológicos seleccionados. La cuarta fase propone identificar nuevos facilitadores y también el momento adecuado para su implementación. Por último, la quinta fase consistió en un plan estratégico de innovación abierta dentro de la actividad artesanal a mejorar.

La metodología del proyecto “ManBio” tuvo como público objetivo diversas actividades del sector artesanal de mimbre tejido (fibra natural de un arbusto de la familia de los sauces); el proyecto se desarrolló en la región autónoma de Madeira y se consideró a 3 asociaciones de artesanos, 4 empresas artesanales y 37 artesanos. Dando los resultados mostrados en la siguiente figura:

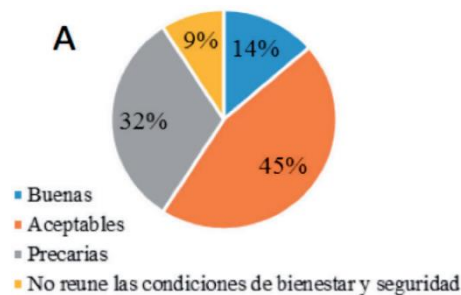


Figura 8. Seguridad y salud ocupacional.

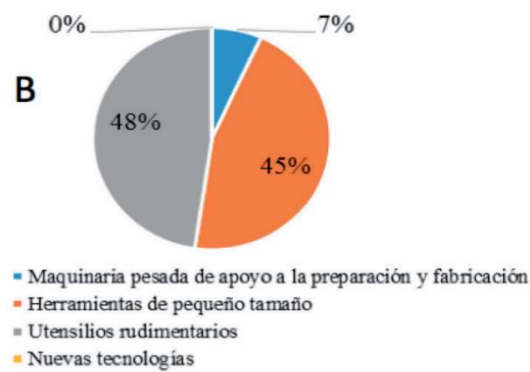


Figura 9. Equipamiento de fabricación.

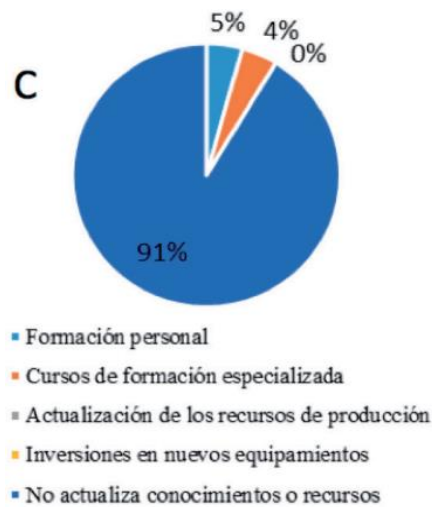


Figura 10. Actualización de conocimientos y recursos.

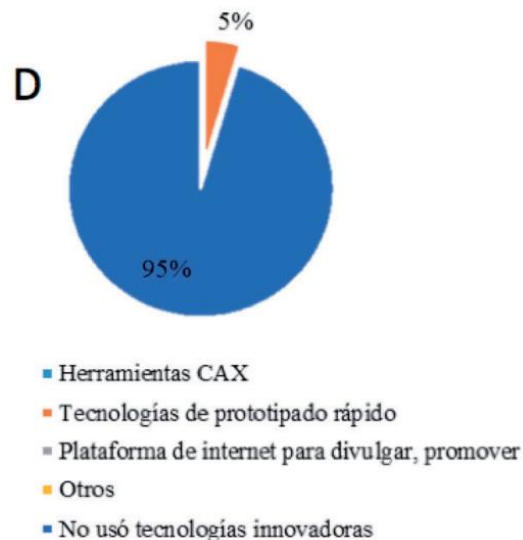


Figura 11. Uso de tecnologías innovadoras.

Observamos que un porcentaje muy pequeño de este sector utiliza herramientas de prototipado rápido, aquí se recomendó usar Rhinoceros 5.



Figura 12. Integración de herramientas digitales para el desarrollo del producto artesanal en Rhinoceros 5, software que permite la creación de modelos de alta calidad, que pueden ser complementados con procesos CAE para realizar ajustes y mejoras, para luego emplear técnicas de prototipado rápido y fabricación aditiva.

Sector ciber-físico:

En [6] nos hablan sobre propuestas de modelos de nube de impresión 3D, es decir una plataforma donde se promocionen servicios de impresión 3D.

El modelo de nube de impresión 3D principal incluye cuatro tipos de roles: operador de nube, proveedor de servicios de impresión 3D, demandante de servicios de impresión 3D y proveedor de servicios logísticos. Las interacciones se realizan en la plataforma de la nube.

El operador se encarga del mantenimiento de la plataforma en la nube y es intermediario entre los proveedores y consumidores. Los proveedores tienen sus propias impresoras 3D y publican la información del servicio disponible en la nube. Los consumidores pueden acceder a la plataforma y explorar los modelos 3D publicados y la información del servicio en línea. Después de contratar un servicio la plataforma registrará la información de la transacción. Una vez realizado todo, el proveedor de servicios logísticos de terceros entregará el producto final al consumidor.

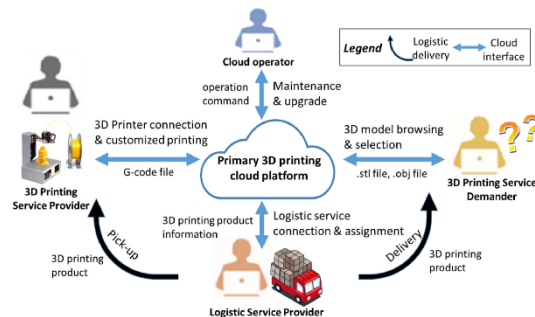


Figura 13. Modelo principal de nube de impresión 3D.

El modelo de nube de impresión 3D avanzada, en comparación con el modelo principal, incluye mayor cantidad de roles, servicios de impresión 3D especializados, diversos tipos de impresoras 3D para cumplir requisitos personalizados y los consumidores se clasifican en dos tipos, novatos y expertos.

Los consumidores novatos son aquellos que no tienen un conocimiento profundo del proceso de impresión 3D y seleccionan modelos predefinidos e impresoras recomendadas, pero también pueden pedir una solicitud de diseño a los proveedores de servicios. Un consumidor experto tiene habilidades sobre cómo utilizar software un CAD para crear modelos 3D y administrar parámetros de impresión 3D.

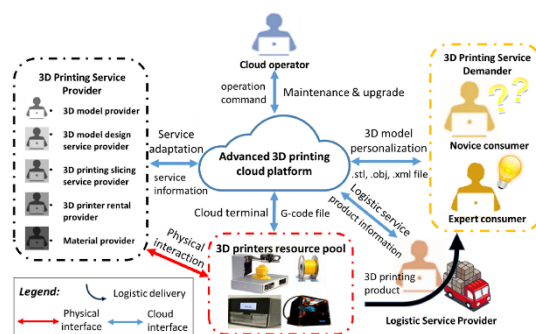


Figura 14. Modelo de nube de impresión 3D avanzada.

El proveedor tiene diferentes clasificaciones como el proveedor de modelos de impresión 3D que publica los existentes, ofrece servicios de diseño CAD personalizado o proporciona las herramientas para la creación de estos; el de servicios de corte de impresión 3D; el de alquiler de impresoras 3D y el proveedor de materiales.

El modelo avanzado reduce el umbral de conocimiento profesional del usuario potencial y reduce también el costo de beneficiarse de la tecnología de impresión 3D, promueve el desarrollo colaborativo de las industrias relacionadas con la impresión 3D.

En las aplicaciones por sector presentadas anteriormente podemos observar criterios con los que podemos agruparlas como, por ejemplo:

a. Diseño de productos con tecnologías CAD y/o CAE:

El proceso para seleccionar la herramienta de CAD y/o CAE más apropiada es muy importante. Los criterios de selección incluyen la calidad, limitaciones, aplicaciones, defectos, utilidades, tiempo de construcción y el costo.

En el estudio de Mrugalska, B. et al. en 2021, concluyó que el sistema más apropiado para una mejor precisión en el sector dental es Open Source Blender, acompañado del complemento especializado Open Dental CAD para el diseño requerido.

Mientras que en el estudio de Leitner, M.; Aigner, R.; Grün, F. de 2019, el sistema apropiado para la simulación de calentamiento inductivo se optó por el software Comsol®. Así mismo, la simulación del proceso de tratamiento térmico se realizó con el software Sysweld® y por último para la simulación del proceso de fabricación se seleccionó el software Abaqus®.

Con respecto al estudio de Alexandre, B. et al. en 2017 nos muestra que en el sector artesanal español no se encuentra adaptado a las tecnologías de la industria 4.0. ya que sólo un 5% usa tecnologías de prototipado rápido, aquí se recomendó usar el software Rhinoceros 5.

Por otro lado, Cui, J. et al. en 2022 nos hablaron sobre la posibilidad de implementar un modelo de nube de impresión 3D, donde se brinden servicios como el diseño asistido por computadora (CAD), en una plataforma totalmente digital donde los productos, fabricación aditiva, puedan llegar a las personas de una manera menos complicada.

b. Fabricación aditiva y modelos de costos de producción.

La fabricación aditiva incluye los estudios revisados donde se investigan las capacidades que FA proporciona a los diseñadores de productos, como por ejemplo en [9] con las máquinas de control numérico por computadora - CNC, que recomiendan son las adecuadas para llevar a la realidad las prótesis, implantes, coronas, entre otros. diseñadas, ya que aumenta la calidad de los modelos tridimensionales finales.

En [6] donde nos mencionan el modelo de nube de impresión 3D, el proceso de contratación del servicio termina en la fabricación aditiva del producto diseño o seleccionado por el comprador, así mismo en la plataforma se presenta la idea de seleccionar entre las diferentes opciones de impresoras 3D.

La reducción de costos y tiempos de producción son mencionados como las ventajas principales de la fabricación aditiva en el diseño de productos, ya que se necesitan

herramientas, moldes y grupos de personas, como podemos ver en el sector artesanal en [2], ya que se pueden realizar prototipos virtuales sin necesidad incurrir en costos convencionales.

Otro beneficio importante es la capacidad para crear y llevar a la realidad productos geoméricamente complejos, como vemos en el sector dental en [12] con los implantes dentales personalizados al cliente.

Según nuestra bibliografía, la cual cuenta con 13 artículos científicos que están relacionados con los sistemas gráficos en 3D y la industria 4.0, podemos percibir lo siguiente:

- El 38.46% de los artículos que conforman nuestra bibliografía son investigaciones llevadas a cabo mediante observación y análisis de información ya existente
- El 23.08% de los artículos que conforman nuestra bibliografía son trabajos que analizan y discuten artículos científicos
- El 38.46% de los artículos que conforman nuestra bibliografía son investigaciones basadas en la experimentación y observación



Figura 15. Porcentajes de las clasificaciones de los artículos científicos revisados

Además, se realizó un análisis de los principales temas en los que se enfocan los artículos científicos que conforman nuestra bibliografía, esto se debe a la importancia de la clasificación de los artículos científicos según el enfoque principal que los autores pretenden dar a entender.

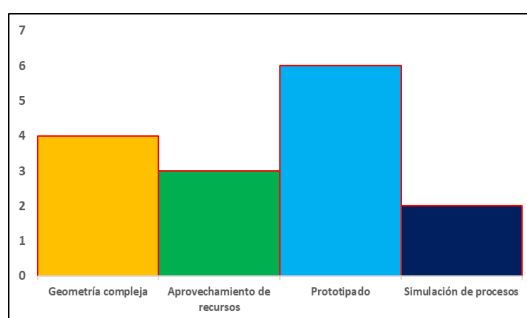


Figura 16. Clasificación de los enfoques principales de los artículos científicos

- De los 14 artículos científicos revisados, solo 4 pretenden un enfoque en la geometría compleja, ya que pretenden dar a entender que programas como CAD y CAM ayudan, en gran medida, a la elaboración de formas complejas de esbozar
- De los 14 artículos científicos revisados, solo 3 pretenden un enfoque en el aprovechamiento de recursos, debido a que el uso software de modelamiento permite una mayor planeación en la fabricación de algún producto, lo cual deriva en un mejor uso de los recursos
- De los 14 artículos científicos revisados, solo 6 pretenden un enfoque en el prototipado, debido a que el prototipo muestra el estado final de lo que vendría a ser nuestro

producto, esto ayuda en gran medida a la planeación del proceso de fabricación del producto

- De los 14 artículos científicos revisados, solo 2 pretenden un enfoque en la simulación de procesos, eso se debe a que el uso de sistemas gráficos permite realizar simulaciones del proceso de fabricación del producto al ya tener una guía.

Se deben recopilar datos de diferentes campos industriales para distinguir varios procesos de fabricación y ayudar a la toma de decisiones sobre las prácticas de fabricación ambientalmente responsables en la industria.

Además, una limitación de nuestro estudio es la siguiente, y al igual que otras tecnologías, en ciertos casos, la industria está mucho más avanzada que la literatura, y algunos de los desafíos considerados en el estudio ya han sido resueltos en gran medida por algunas de las empresas líderes.

4. Conclusiones

El uso de los sistemas gráficos en 3D ha tenido un gran impacto en diferentes industrias a nivel de productos, innovación y creatividad. Por un lado, en comparación con los diseños convencionales donde los prototipos de productos finales eran tradicionalmente demasiado caros para producir, el uso de los sistemas en 3D tiene un efecto positivo en la producción de prototipos en términos de costo y tiempo. Otro efecto importante es la capacidad de producir productos geoméricamente más complejos y un mejor aprovechamiento de recursos.

Por otro lado, recomendamos a la mayoría de las organizaciones adaptarse al uso de los sistemas gráficos en 3D y tener una ventaja competitiva que las diferencie de otras que no los usan.

Como hemos podido analizar, el uso de los sistemas gráficos en 3D presenta amplios beneficios ya que contribuyen a un adecuado control en la etapa de diseño y un mejor rendimiento en los productos finales, ayudando a construir un sistema sostenible compatible con las Industrias 4.0.

5. Referencias Bibliográficas

- [1] Alcácer, V. y Cruz-Machado, V. (2019). Scanning the Industry 4.0: A Literature Review on Technologies for Manufacturing Systems. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 22(3), 899-919. <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2019.01.006>
- [2] Alexandre, B., Salguero, J., Peralta, M. E., Aguayo, F., y Ares, E. (2017). Aplicación de las tecnologías de la industria 4.0 al diseño y fabricación de productos artesanales. *DYNA: Ingeniería e Industria*, 92, 435-441. <https://doi.org/10.6036/8169>
- [3] Aranburu, A., Justel, D., Contero, M. y Camba, J. (2022). Geometric Variability in Parametric 3D Models: Implications for Engineering Design. *Procedimiento CIRP*, 109, 383-388. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.05.266>
- [4] Camba, J., Contero, M. y Company, P. (2016). Parametric CAD modeling: An analysis of strategies for design reusability. *Computer-Aided Design*, 74, 18-31. <https://doi.org/10.1016/j.cad.2016.01.003>
- [5] Chung, H., Elisa, T. y Yi, H. (2019). Evaluating the Factors that are Affecting the Implementation of Industry 4.0 Technologies in Manufacturing MSMEs, the Case of Peru. *Processes*, 7(3), 161. <https://doi.org/10.3390/pr7030161>

- [6] Cui, J., Ren, L., Jingeng, M., Zheng, P. y Zhang, L. (2022). 3D Printing in the Context of Cloud Manufacturing. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 74(102256). <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2021.102256>
- [7] Gibson, I., Rosen, D. W. y Stucker, B. (2010). *Additive manufacturing technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing*. Springer Science. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4419-1120-9>
- [8] Kyratsis, P., Kakoulis, K. y Markopoulos, A. P. (2020). Advances in CAD/CAM/CAE Technologies. *Machines*, 8(1), 13. <https://doi.org/10.3390/machines8010013>
- [9] Leitner, M.; Aigner, R.; Grün, F. (2019). Numerical Fatigue Analysis of Induction-Hardened and Mechanically Post-Treated Steel Components. *Machines*, 7(1), 9. <https://doi.org/10.3390/machines7010001>
- [10] Lipson, H. y Kurman, M. (2013). *Fabricated: The New World of 3D Printing*. John Wiley & Sons, Hoboken. [https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=MpLXWHp-srIC&oi=fnd&pg=PA1&dq=H.+Lipson+,+M.+Kurman+\(2013\)&ots=Z4eZtUM2ZG&sig=2M5r1i_lqko-TbF8FyYy9O3KHvU#v=onepage&q=H.%20Lipson%20%2C%20M.%20Kurman%20\(2013\)&f=false](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=MpLXWHp-srIC&oi=fnd&pg=PA1&dq=H.+Lipson+,+M.+Kurman+(2013)&ots=Z4eZtUM2ZG&sig=2M5r1i_lqko-TbF8FyYy9O3KHvU#v=onepage&q=H.%20Lipson%20%2C%20M.%20Kurman%20(2013)&f=false)
- [11] Ministerio Federal de Asuntos Económicos y Acción Climática, Ministerio Federal de Educación e Investigación. (2019). What is Industrie 4.0?. *Plattform-i40.de*. <https://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/EN/Industrie40/WhatIsIndustrie40/what-is-industrie40.html>.
- [12] Mrugalska, B., Dovramadjiev, T., Pavlova, D., Filchev, R., Stoeva, M., Bozhikova, V. y Dimova, R. (2021). Open source systems and 3D computer design applicable in the dental medical engineering Industry 4.0 – sustainable concept. *Procedia Manufacturing*, 54, 296-231. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2021.09.002>
- [13] Niaki, M. K. y Nonino F. (2017). Additive manufacturing management: a review and future research agenda. *International Journal of Production Research*, 55 (5), 1419-1439. <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1229064>
- [14] Stiles, A., Kobler, W., Yeole, P. y Vaidya, U. (2022). Photopolymer formulation towards large scale additive manufacturing of autoclave capable tooling. *Additive Manufacturing*, 50(102571). <https://doi.org/10.1016/j.addma.2021.102571>



Universidad Nacional de Trujillo
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Industrial
Correo de Revista: goi4.0@unitru.edu.pe
Plataforma de Vigilancia Tecnológica
Correo electrónico: vgtindustrial@unitru.edu.pe
Sitio web: <https://vtindustrial.unitru.edu.pe>