

# 15. TECNOLOGÍA BLOCKCHAIN EN LA INDUSTRIA 4.0 Y SU APLICACIÓN EN EL CUIDADO DE LA SALUD: UN ANÁLISIS DE PATENTES Y ESTÁNDARES

## Blockchain Technology in Industry 4.0 and Its Application in Health Care: An Analysis of Patents and Standards

Jordan Piero Borda Colque<sup>88</sup>

Juan Carlos Juarez-Vargas<sup>89</sup>

Bernabé Canqui Flores<sup>90</sup>

Fred Torres-Cruz<sup>91</sup>

Hugo Ticona Salluca<sup>92</sup>

Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES.<sup>93</sup>

---

<sup>88</sup> Universidad Nacional del Altiplano de Puno, P.O. Box 291, Puno-Peru, <https://orcid.org/0000-0001-8488-1658> , jbordac@est.unap.edu.pe

<sup>89</sup> Universidad Nacional del Altiplano de Puno, P.O. Box 291, Puno-Peru, <https://orcid.org/0000-0002-2816-8003> , jjuarezv@unap.edu.pe

<sup>90</sup> Universidad Nacional del Altiplano de Puno, P.O. Box 291, Puno-Peru, <https://orcid.org/0000-0003-2204-0620> , bcanqui@unap.edu.pe

<sup>91</sup> Universidad Nacional del Altiplano de Puno, P.O. Box 291, Puno-Peru, <https://orcid.org/0000-0003-0834-6834> , ftorres@unap.edu.pe

<sup>92</sup> Universidad Nacional del Altiplano de Puno, P.O. Box 291, Puno-Peru, <https://orcid.org/0000-0002-3800-8433> , hticonas@est.unap.edu.pe

<sup>93</sup> Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES. [www.rediees.org](http://www.rediees.org)

## TECNOLOGÍA BLOCKCHAIN EN LA INDUSTRIA 4.0 Y SU APLICACIÓN EN EL CUIDADO DE LA SALUD: UN ANÁLISIS DE PATENTES Y ESTÁNDARES

*Jordan Piero Borda Colque, Juan Carlos Juarez-Vargas, Bernabé Canqui Flores, Fred Torres-Cruz, Hugo Ticona Salluca.*

### RESUMEN

El presente capítulo se adentra en un análisis de la madurez de los documentos académicos presentados en revistas revisadas por pares, patentes, estándares, y plataformas de desarrollo de código abierto en relación con la tecnología blockchain y su papel en la intersección de la Industria 4.0. En este sentido, se establece un contraste entre el enfoque académico y de código abierto relacionado con los cuidados de la salud 4.0 y la cadena de bloques y la Industria 4.0. Asimismo, se explora la comprensión de las innovaciones y desarrollos en la cadena de bloques, la Industria 4.0 y la atención médica, a través del análisis de la base de datos de patentes. En este sentido, se discuten las principales tendencias de desarrollo y direcciones de innovación para estas áreas. Se lleva a cabo una revisión preliminar de los estándares técnicos emergentes de blockchain con el fin de proporcionar una comprensión más completa del nivel de integración alcanzado en el escenario de aplicación actual. Finalmente, se clasifican las soluciones de cadena de bloques en el cuidado de la salud para casos de uso clínico efectivo, basándose en concesiones de patentes. Los resultados obtenidos en este capítulo proporcionan una comprensión más profunda de la evolución y el estado actual de la tecnología blockchain en la intersección de la Industria 4.0, así como su aplicación en el cuidado de la salud. Los hallazgos presentados en este estudio pueden ser de gran utilidad para investigadores, profesionales y empresas que buscan mejorar sus conocimientos y estrategias en torno a la tecnología blockchain.

**Palabras Clave:** industria 4.0; blockchain, patentes; cuidados de la salud 4.0; estándares emergentes.

## ABSTRACT

This chapter delves into an analysis of the maturity of academic papers presented in peer-reviewed journals, patents, standards, and open source development platforms in relation to blockchain technology and its role at the intersection of Industry 4.0. In this sense, a contrast is established between the academic and open source approach related to healthcare 4.0 and the blockchain and Industry 4.0. Likewise, the understanding of innovations and developments in the blockchain, Industry 4.0 and health care is explored, through the analysis of the patent database. In this sense, the main development trends and innovation directions for these areas are discussed. A preliminary review of emerging blockchain technical standards is carried out in order to provide a fuller understanding of the level of integration achieved in the current application scenario. Finally, blockchain solutions in healthcare are ranked for effective clinical use cases, based on patent grants. The results obtained in this chapter provide a deeper understanding of the evolution and current state of blockchain technology at the intersection of Industry 4.0, as well as its application in healthcare. The findings presented in this study can be very useful for researchers, professionals, and companies seeking to improve their knowledge and strategies around blockchain technology.

**Keywords:** industry 4.0; blockchain patents; healthcare 4.0; emerging standards.

## INTRODUCCIÓN

La Industria 4.0 se ha concebido como una hoja de ruta estratégica que tiene como objetivo incrementar la adopción de tecnologías de la información (TI) para impulsar la tasa de producción y reducir los costos. Esta iniciativa ha sido adoptada por las principales economías manufactureras del mundo y ha permitido la fabricación inteligente con inteligencia táctica adicional. La Industria 4.0 se define como la integración de diversas tecnologías y técnicas, tales como el Internet de las cosas (IoT), sistemas ciberfísicos (CPS), computación en la nube, realidad virtual, inteligencia artificial (IA), blockchain y análisis de big data, con el fin de mejorar el objetivo de un estado de defecto cercano a cero. El concepto se esfuerza por establecer vínculos entre las máquinas y los sistemas utilizados en la fabricación, y desarrollar inteligencia a lo largo de la cadena de valor para mejorar la eficiencia e influir en las relaciones entre las partes interesadas clave. Varias iniciativas regionales se han adaptado a la Industria 4.0, como la Asociación de Fabricación Avanzada 2.0 en los EE. UU., Fábricas del Futuro en la Unión Europea, Hecho en China 2025 como el plan estratégico de China, la Sociedad 5.0 de Industrias Conectadas en Japón, Smart Industry en Corea, Make en India y otras iniciativas que han visto inversiones considerables para ampliar la fabricación en los últimos años (Shukla y Shankar, 2022).

Las tecnologías emergentes en el contexto de la Industria 4.0 han ganado popularidad recientemente, aunque aún están en su infancia (Raut et al., 2020). La seguridad y privacidad son preocupaciones genuinas para la implementación basada en aplicaciones de la Industria 4.0 (Fraga-Lamas y Fernández-Caramés, 2019). Las violaciones de datos no autorizadas y la fuga de información pueden provocar graves pérdidas financieras, por lo que es de suma importancia contar con medidas de seguridad sólidas para hacer frente a amenazas como el phishing, la interferencia de ruido, la denegación de servicio distribuida (DDoS), la manipulación, la alteración de la velocidad de datos, los ataques de suplantación del Protocolo de Resolución de Direcciones (ARP), la congestión de la red y las amenazas de configuración, a fin de mantener la integridad y confidencialidad de los datos. Además, con la creciente tendencia de adopción de tecnologías vinculadas a la Industria 4.0, es más probable que se observen brechas de seguridad y nuevos ataques cibernéticos (Bodkhe et al., 2020). Las soluciones criptográficas y descentralizadas, plausiblemente a través de la

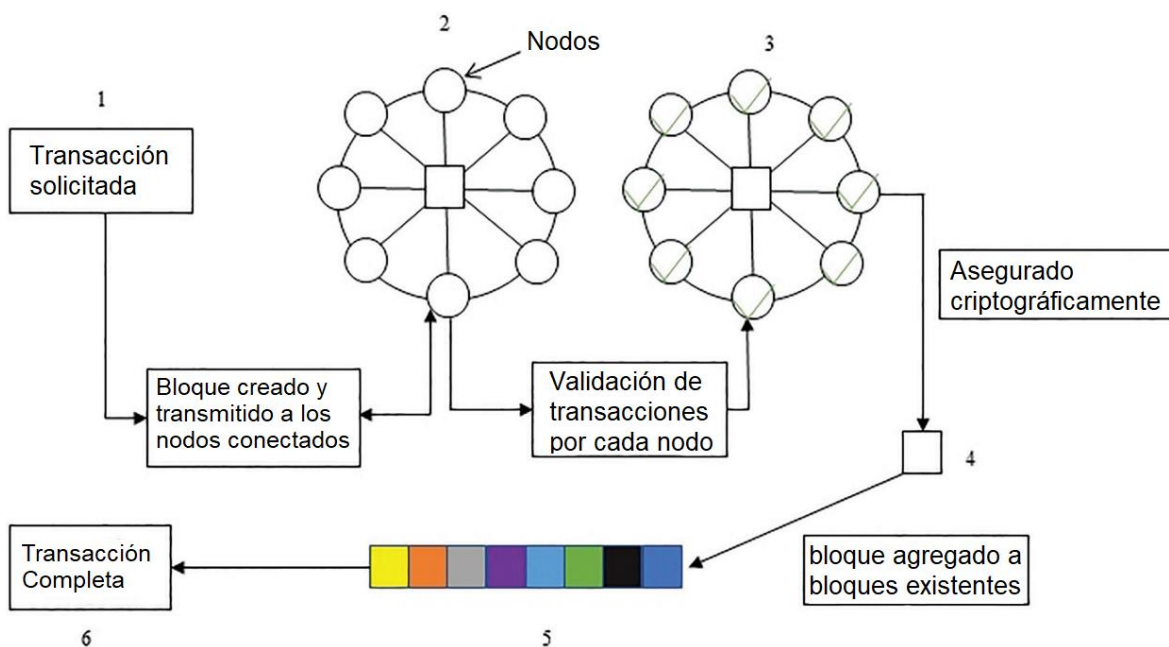
incorporación de tecnologías blockchain, pueden prevenir tales amenazas a las aplicaciones de la Industria 4.0 y evitar la pérdida de datos (Cole et al., 2019; Yadav et al., 2021).

El término blockchain se refiere a una tecnología de registro distribuido que se basa en la creación de bloques de información interconectados, formando cadenas inmutables y seguras. La creación de bloques adicionales permite almacenar nueva información de forma permanente y descentralizada, lo que implica un alto grado de confidencialidad y autenticidad en la información almacenada. La *figura 1* ilustra el funcionamiento básico de la tecnología blockchain. Para obtener más información sobre las aplicaciones y casos de uso habilitados por la tecnología blockchain en el contexto de la Industria 4.0, se recomienda la consulta de las obras de Alladi et al. (2019) y Bodkhe et al. (2021).

La digitalización es un elemento clave en la transformación hacia la Industria 4.0, que busca una cadena de valor interconectada, informada y estable. Por otro lado, la Healthcare 4.0 tiene como objetivo transformar la atención médica a través del almacenamiento, agregación, detección e intercambio de datos de salud, como se indica en el trabajo de Mahajan et al. (2022). Las tecnologías emergentes, como la realidad virtual, están alterando el ecosistema de la atención médica hacia metodologías de tratamiento más tradicionales, como se señala en el trabajo de Trappey et al. (2020). El sector de la salud está experimentando un cambio acelerado gracias a las tecnologías de la información y la comunicación.

**Figura 1**

*Funcionamiento de blockchain relativamente independiente.*



*Nota:* elaboración propia.

La digitalización de la atención médica ha permitido una rápida accesibilidad a los registros de salud de los pacientes, facilitando diagnósticos precisos y tratamientos efectivos. Además, la incorporación de tecnologías avanzadas, como la realidad extendida, ha abierto nuevos campos de aplicación en el ámbito de la atención médica inteligente y el bienestar (Govindarajan et al., 2021). Sin embargo, la seguridad de los datos de salud sigue siendo una preocupación importante, ya que cualquier vulnerabilidad podría ser explotada por partes fraudulentas. Para abordar esta cuestión, la monitorización de las Historias Clínicas Electrónicas (EHRs) a través de sistemas basados en blockchain se presenta como una solución viable. La tecnología blockchain ha demostrado ser un cambio de paradigma para el almacenamiento de datos descentralizado, permitiendo el monitoreo efectivo de EHRs, diagnósticos precisos y asegurando la cadena de suministro médico. La seguridad es un aspecto crítico en los sistemas blockchain, ya que los datos se almacenan en múltiples ubicaciones y dispositivos, y se protegen mediante complejos algoritmos. Esta técnica reduce la posibilidad de pérdida de datos y, en caso de una eventualidad de piratería, los datos originales pueden recuperarse de otros servidores (Chen et al., 2019; Zhao et al., 2018).

La combinación de módulos cibernéticos y físicos ha llevado a un aumento exponencial en las actividades de investigación y desarrollo a nivel mundial, gracias a la fusión tecnológica. Una búsqueda sistemática basada en palabras clave en revistas revisadas por pares, patentes, estándares y plataformas de datos de código abierto reveló un total de 134 728 publicaciones técnicas en el período de búsqueda de los últimos seis años. Este volumen de desarrollo tecnológico indica una madurez relativa y ofrece una oportunidad a las partes interesadas para considerar soluciones de dominio cruzado. Por lo tanto, este capítulo se centra en explorar las publicaciones académicas, las patentes y los estándares disponibles para comprender las tendencias actuales en la Industria 4.0 liderada por blockchain, con un enfoque en las aplicaciones potenciales en la atención médica.

El capítulo hace una contribución en la siguiente dirección:

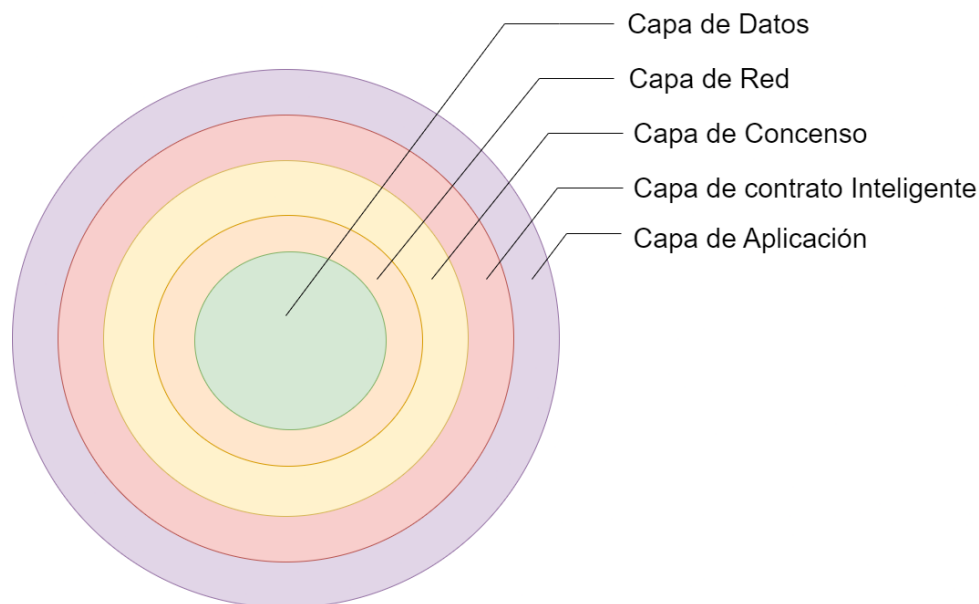
- La madurez de los documentos académicos se observa en revistas revisadas por pares, patentes, estándares, plataformas de desarrollo de código abierto hacia tecnologías de cadena de bloques y fabricación inteligente. El capítulo amplía los antecedentes para comprender el papel de la cadena de bloques en la intersección de la Industria 4.0.
- El capítulo presenta un contraste entre el código abierto y académico relacionado con el cuidado de la salud 4.0 en comparación con la cadena de bloques y la Industria 4.0.
- La comprensión de las innovaciones y desarrollos en la cadena de bloques, la Industria 4.0 y la atención médica se comprende analizando la base de datos de patentes. Se discuten las principales tendencias de desarrollo y direcciones de innovación.
- Una revisión preliminar de los estándares técnicos emergentes de blockchain proporciona el nivel de integración alcanzado en el escenario de aplicación actual.
- Una revisión basada en concesiones de patentes clasifica las soluciones de cadena de bloques entre dominios en el cuidado de la salud para casos de uso clínico efectivo.

## DESARROLLO

La tecnología del libro mayor descentralizado (DLT, por sus siglas en inglés) se ha convertido en la base de una amplia gama de adaptaciones tecnológicas, infraestructuras y servicios. Las tecnologías de cadena de bloques se clasifican lógicamente en una arquitectura de cinco capas, como se presenta en la *Figura 2*, basada en una revisión exhaustiva de revistas académicas. Las capas incluyen la de datos, red, consenso, contrato y aplicación. La capa de datos aprovecha la capacidad de registro de blockchain, donde cada nodo en la red conectada almacena información. La presencia de un algoritmo hash garantiza que los cambios se mapeen en todos los bloques conectados y se identifique cualquier modificación. Los bloques en la capa de datos suelen estar descentralizados, lo que destaca la importancia de la capa de red contigua, que encapsula la red y los protocolos relacionados con la comunicación para sistemas distribuidos y conectados. Los sistemas de archivos distribuidos, como el Sistema de Archivos Interplanetarios (IPFS), se utilizan para abordar el contenido e identificar de forma única cada archivo en un espacio de nombres global que conecta todos los nodos conectados, lo que aumenta la eficiencia y seguridad de la red (Zheng et al., 2018).

### Figura 2

*División lógica de la arquitectura blockchain en capas*



*Nota:* elaboración propia.

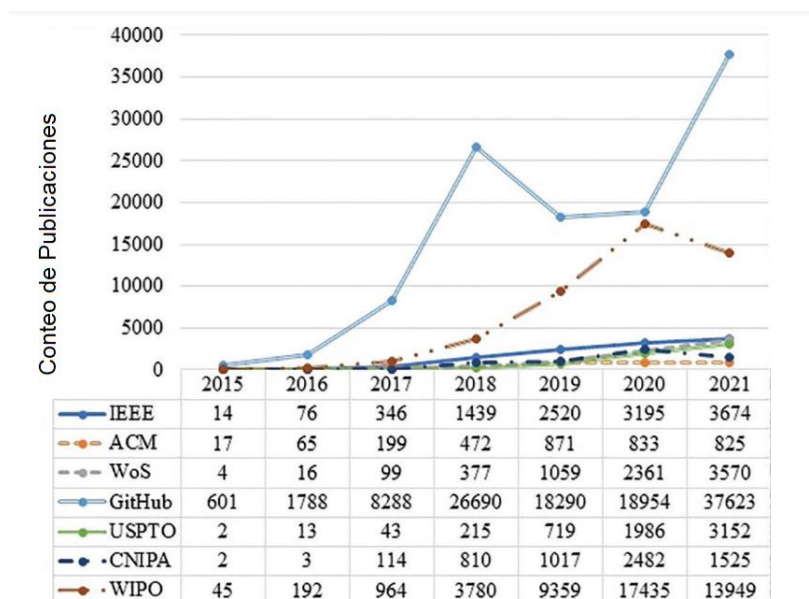
La adición de información a la cadena de bloques de cada nodo se lleva a cabo a través de la infraestructura de la capa de consenso. Esta capa proporciona mecanismos que permiten a los sistemas acordar la precisión de la información entre redes distribuidas. La tecnología resultante de la cadena de bloques tiene numerosas aplicaciones en todos los dominios, ya que utiliza uno u otro aspecto de las capas subyacentes de la clasificación lógica. Varios trabajos académicos de literatura han revisado estas aplicaciones (Kuo et al., 2017; Yuan y Wang, 2018).

El uso de la procedencia de los datos, la transparencia, la validación descentralizada de transacciones, los contratos inteligentes y la inmutabilidad en la infraestructura de la cadena de bloques ha permitido el surgimiento de nuevas direcciones en la tecnología de la cadena de bloques. La investigación se ha llevado a cabo en diferentes organismos globales, incluyendo editoriales académicas como el Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) Xplore, la Asociación de Maquinaria de Computación (ACM) y la base de datos de citas global Web of Science (WoS). Además, proyectos de desarrollo de código abierto han surgido a través de plataformas como GitHub, mientras que las oficinas de patentes, como la Administración Nacional de Propiedad Intelectual de China, la Oficina de Patentes y Marcas Registradas de los Estados Unidos (USPTO) y la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), también han sido importantes en este campo.

Un análisis de los conjuntos de documentos de tecnología en plataformas heterogéneas, durante un período de seis años desde 2015 hasta 2021, muestra un aumento exponencial. A pesar de una caída observable debido a las interrupciones de las actividades durante la pandemia, los documentos académicos han experimentado un aumento desde entonces. La *Figura 3* ilustra este crecimiento.

**Figura 3**

*Tendencia de publicación de Blockchain (2015-2021)*



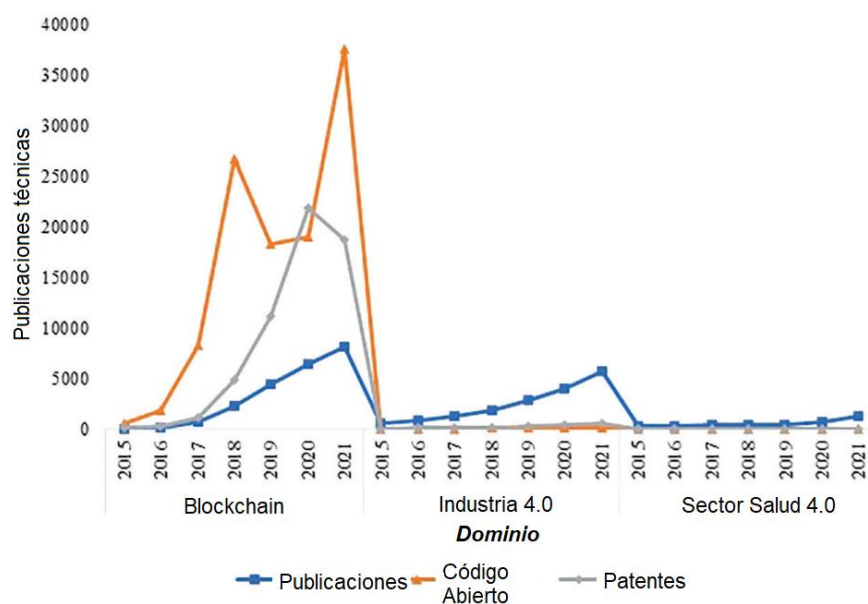
*Nota:* elaboración propia

El uso exitoso de aplicaciones tecnológicas en el contexto de Industria 4.0 ha sido objeto de gran atención por parte de la academia y la industria en la última década, como lo demuestra el número significativo de publicaciones en este campo. Las tecnologías de cadena de bloques han demostrado ser una solución eficaz en el ámbito de la Industria 4.0, gracias a su amplia gama de aplicaciones y su madurez. La transformación sistemática de los productos y servicios de atención médica mediante la incorporación de dispositivos conectados e inteligentes se conoce como Atención médica 4.0, en analogía con la Fabricación inteligente (Tortorella et al., 2020). La plantilla sistemática utilizada para la extracción de datos de la cadena de bloques se emplea para identificar tendencias similares en la Industria 4.0 y la Atención médica 4.0. En un análisis comparativo presentado en la *Figura 4*, se observa una marcada diferencia en el número de publicaciones técnicas y de código abierto entre la Industria 4.0 y la Atención médica 4.0. Además, mientras que las patentes relacionadas con la Industria 4.0 siguieron creciendo durante la pandemia, las patentes en el ámbito de la Atención médica 4.0 fueron escasas en comparación. Bodkhe et al. (2021) realizaron una

encuesta para mostrar cómo la tecnología blockchain puede proteger los registros médicos. De manera similar, Tadaka y Tawalbeh (2020) exploraron el uso de tecnologías de cadena de bloques en el ámbito de la atención médica, los sistemas ciberfísicos y la Industria 4.0. Jin et al. (2019) revisaron las medidas de seguridad y privacidad de los datos médicos en la atención médica digital, destacando también las ventajas y desventajas de las plataformas de cadena de bloques autorizadas y no autorizadas.

#### Figura 4

*Contraste entre dominios cruzados de tendencias de documentos técnicos publicados.*



*Nota:* elaboración propia.

Las aplicaciones de la tecnología blockchain están estrechamente relacionadas con el mantenimiento y la seguridad de los registros electrónicos de salud (EHR, por sus siglas en inglés). Sin embargo, se ha prestado poca atención a cómo asegurar la cadena de suministro médico crítica utilizando esta tecnología. En este capítulo, nos centraremos únicamente en las soluciones basadas en blockchain para el sector de la salud, las cuales incluyen la mejora de la interoperabilidad entre bases de datos de atención médica, el seguimiento de dispositivos, el mantenimiento de activos hospitalarios y las bases de datos de recetas. El uso de blockchain proporciona un acceso más amplio y seguro a estas bases de datos (Tanwar et al., 2020).

En el trabajo de Cerchione et al. (2022), se resalta la capacidad de la tecnología blockchain para revolucionar el campo médico a través de la digitalización de los servicios de atención médica. Los autores utilizaron la teoría del procesamiento de la información para diseñar y desarrollar registros electrónicos de salud habilitados para blockchain, los cuales permiten el almacenamiento de datos médicos y el intercambio de información entre las partes interesadas de la atención médica con una incertidumbre ambiental reducida. Este enfoque resultó en tres beneficios tangibles en términos de aspectos clínicos, organizacionales y de gestión.

No obstante, para aprovechar al máximo las ventajas que ofrece la tecnología blockchain en el sector de la salud, es necesario abordar varias barreras técnicas, organizacionales, legales y gubernamentales. Govindan et al. (2022) identificaron 19 obstáculos para la adopción de plataformas blockchain en el sector de la salud y modelaron sus interrelaciones mediante una metodología basada en el sistema Weighted Influence Non-Linear Gauge System (WINGS). Los autores destacaron que las restricciones financieras, problemas de seguridad, falta de experiencia y conocimiento, y políticas gubernamentales inciertas son las principales barreras para la adopción de plataformas blockchain en el sector de la salud. Organizaciones de renombre como Deloitte y PwC también han subrayado la importancia de la regulación y las cuestiones legales como obstáculos clave (Deloitte Blockchain Survey, 2018; PwC Blockchain Survey, 2018). Otras investigaciones relacionadas con estos temas incluyen los trabajos de Gökalp et al. (2018) y Sharma y Joshi (2021).

Asimismo, surge la pregunta de si es adecuado mantener los datos médicos dentro o fuera de la cadena de bloques. En el pasado, el diseño de blockchain se limitaba a un almacenamiento pequeño que no era adecuado para grandes datos médicos como registros de rayos X. Además, el Reglamento General de Protección de Datos (GDPR) en Europa permite a los pacientes eliminar permanentemente sus registros, pero los datos en la cadena de bloques no se pueden modificar. Por lo tanto, se requiere una consideración cuidadosa sobre cómo almacenar los datos en la cadena de bloques, ya que muchos datos médicos tienen una vida útil y quedan obsoletos y protegidos por la ley. La aplicación de la tecnología blockchain en la atención médica necesita una evaluación cuidadosa de estos temas.

## TENDENCIAS EMERGENTES EN LAS CONCESIONES DE PATENTES GLOBALES

El análisis de los avances actuales en las tecnologías de blockchain, fabricación y atención médica requiere una búsqueda exhaustiva de datos en las bases de datos de patentes y su correspondiente análisis para extraer la dinámica de la industria. Esta sección tiene como objetivo obtener información sobre las innovaciones y desarrollos prácticos que se han llevado a cabo utilizando la base de datos de patentes.

Una patente se define como un documento que protege un descubrimiento novedoso y que proporciona una garantía limitada en el tiempo para el desarrollo comercial del mismo. La evaluación de la industria se lleva a cabo mediante atributos tales como la producción industrial, las redes de cadenas de valor y la cuota de mercado. Además, la novedad relacionada con la publicación de la concesión de la patente, así como el número de solicitudes solicitadas y aprobadas, son atributos importantes que permiten la evaluación de la dinámica industrial (Hu, 2015).

Sin embargo, la evaluación del valor de novedad de la patente se lleva a cabo manualmente por expertos en el campo, lo que es un aspecto crítico para la comprensión de las tendencias tecnológicas emergentes. La rápida evolución tecnológica hace que la identificación manual sea un gran desafío, por lo que existen enfoques alternativos basados en la automatización computacional utilizando la inteligencia artificial.

Los datos de patentes globales utilizados en esta sección se extrajeron utilizando el software de búsqueda y análisis de patentes IncoPat (2022), el cual proporciona una amplia cobertura de más de 120 autoridades de patentes de todo el mundo. La *Tabla 1* presenta las subvenciones más recientes en el período de los últimos 6 años.

Esta sección se extiende al análisis de datos de patentes para extraer conocimiento sobre las tendencias comerciales críticas a nivel global. Las tendencias generales en la presentación de patentes han observado un crecimiento exponencial desde el año 2016. China ha presentado la mayor cantidad de solicitudes de patentes, seguida de los Estados Unidos y Corea del Sur. Las tendencias generales se entienden mediante la revisión de las patentes a

través de las características técnicas de su contenido utilizando sistemas de clasificación estandarizados establecidos por agencias globales.

**Tabla 1**

*Datos de patentes: consultas y concesiones de patentes correspondientes*

<b>Fuente</b>	<b>Consulta</b>	<b>Patentes subsidiadas</b>
Incopat	(TIABC=(Blockchain)) AND (PD=[20150101 TO 20211231])	64608
Incopat	(TIABC=(Blockchain) AND TIABC=(manufacturing)) AND (PD=[20150101 TO 20211231])	757
Incopat	(TIABC=(Blockchain) AND TIABC=(healthcare)) AND (PD=[20150101 TO 20211231])	327

*Nota:* elaboración propia.

El sistema de clasificación utilizado para identificar el tipo de innovación en el ámbito de las patentes, siendo las reglas estandarizadas por el sistema de Clasificación Cooperativa de Patentes (CPC) que es administrado conjuntamente por la Oficina Europea de Patentes (EPO) y la Oficina de Patentes y Marcas de los Estados Unidos (USPTO). El CPC se basa en el sistema de Clasificación Internacional de Patentes (IPC), y cada clasificación se compone de un símbolo que se adjunta a la patente en función de su cobertura tecnológica. Por ejemplo, el símbolo "G16H" indica que la patente se relaciona con tecnologías que manejan datos de atención médica relacionados con el paciente, y el código CPC completo se utiliza específicamente para registros electrónicos de pacientes. El sistema CPC se divide en nueve secciones principales utilizando los alfabetos A-H e Y, y se subdividen en clases, subclases, grupos y subgrupos que permiten aproximadamente 250,000 entradas.

Las reglas de clasificación aseguran que cada patente se asigne al menos a una clase, lo que significa que no hay un mapeo uno a uno entre las concesiones de patentes y los códigos, y no hay un límite superior en el número de clases que puede tener una sola patente. El cesionario es la entidad que posee los derechos de propiedad de una concesión de patente.

Para analizar las subvenciones de patentes relacionadas con la cadena de bloques y el cuidado de la salud, se recuperaron datos de la base de datos IncoPat. Se buscaron patentes

que contuvieran las palabras clave “fabricación” y “cuidado de la salud” en la sección de título, resumen y reivindicaciones, así como la palabra clave “blockchain”. Los datos se analizaron para los años 2015-2021, lo cual es plausible ya que los documentos individuales publicados antes de este período eran insignificantes.

La Tabla 2 presenta las tendencias de concesión de patentes de varios solicitantes útiles para clasificar los líderes tecnológicos del dominio, el panorama de la competencia y los recién llegados. Además, presenta la clasificación de los solicitantes para comprender los tipos de entidades de innovación para la ubicación de tecnología en la cadena industrial y evaluar posibles modelos de operación.

La distribución de patentes según el tipo de solicitante se respalda solo a través de patentes de China, que es el origen de patentes más grande para alrededor de 49,785 patentes en contraste con 20,414 de la USPTO en el caso de blockchain. Los solicitantes de universidades empresariales, personales y de instituciones de investigación lideran en gran medida la fabricación y la atención médica basadas en cadenas de bloques entre dominios.

**Tabla 2**

*Tendencias y tipos de solicitantes de dominios cruzados por principales editores*

Dominio	Apoderado	Numero de Patentes	Tipo de Aplicación	Numero de Patentes
Industria 4.0	General Electric Company	28	Empresa	189
	(Siemens Aktiengesellschaft	19	Educación	66
	Eight Plus Ventures LLC	17	Personal	29
	Univ Guangdong Technology	15	Instituto de Investigación	12
	Moog Inc.	13	Gobierno & organización	2
Cuidados de la salud 4.0	International Business Machines Corporation	17	Empresa	23
	Nant Holdings IP LLC	13	Educación	8
	Janssen Pharmaceutica NV	8	Personal	2
	LBXC Co Ltd.	8	Instituto de Investigación	2

*Nota:* elaboración propia.

El análisis de patentes muestra que el sistema de clasificación utilizado es el Clasificación Cooperativa de Patentes (CPC), una extensión del sistema de Clasificación Internacional de Patentes (IPC), administrado por la Oficina Europea de Patentes (EPO) y la USPTO. Cada clasificación consta de un símbolo alfanumérico que se adjunta a la patente en función de la cobertura tecnológica. Por ejemplo, el símbolo “G16H” indica que la patente está relacionada con tecnologías de manejo de datos de atención médica del paciente, y el código CPC completo se utiliza específicamente para registros electrónicos de pacientes.

Las reglas de clasificación garantizan que cada patente se asigne al menos a una clase, lo que permite una aproximación de 250,000 entradas en el sistema CPC, dividido en nueve secciones principales que se subdividen en clases, subclases, grupos y subgrupos. El análisis de las subvenciones 757 y 327 se observó en intersección con el total de 64,608 documentos publicados bajo la cadena de bloques de consulta.

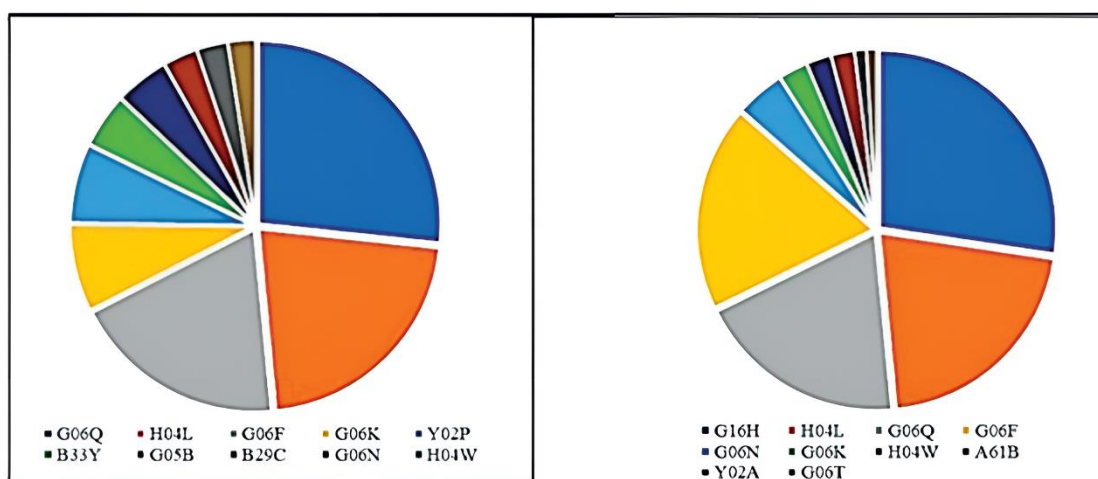
Para identificar las tendencias de concesión de patentes de varios solicitantes en el campo de la fabricación y el cuidado de la salud basados en cadenas de bloques, se realizaron búsquedas en la base de datos IncoPat para patentes tituladas o que contenían palabras clave relevantes. Los datos se analizaron para los años 2015-2021, y se presentan en la *Tabla 2* las tendencias de concesión de patentes de varios solicitantes útiles para clasificar los líderes tecnológicos del dominio, el panorama de la competencia y los recién llegados. La distribución de patentes según el tipo de solicitante se respalda solo a través de patentes de China, que es el origen de patentes más grande para alrededor de 49,785 patentes en contraste con 20,414 de la USPTO en el caso de blockchain.

Entre los líderes del mercado en la industria de blockchain, la compañía General Electric Company, con sede en Nueva York, domina la industria global individual con 28 patentes, seguida de cerca por Siemens Aktiengesellschaft, una corporación alemana que opera a nivel mundial, con 19 patentes hacia la Industria 4.0. La corporación estadounidense Eight Plus Ventures LLC tiene 17 patentes, mientras que la Universidad Tecnológica de Guangdong con sede en Guangzhou, China, posee 15 patentes. Moong Inc., una empresa aeroespacial y de defensa con sede en los EE. UU., tiene 13 patentes relacionadas con productos de control de precisión y automatización a nivel industrial.

En cuanto a las tendencias de aplicación de dominios cruzados de blockchain en el cuidado de la salud, International Business Machines (IBM) Corporation es el líder del mercado con 17 patentes individuales. IBM es una importante organización de investigación y el principal solicitante de patentes de EE. UU. durante casi dos décadas, con un enfoque adicional en el uso de tecnologías inteligentes en todas las áreas de aplicación mediante tecnologías de nube híbrida, computación cuántica y ciberseguridad.

### Figura 5

*La evolución de los principales códigos CPC (principales) se cruza en blockchain con Industria 4.0 (izquierda) y atención médica (derecha).*



*Nota:* elaboración propia.

A través del análisis de CPC, se pueden obtener nuevas perspectivas sobre las tendencias de innovación en aplicaciones de blockchain de dominio cruzado en la Industria 4.0 y la atención médica. El análisis se inicia mediante el desarrollo jerárquico de patentes, examinando primero el código principal de la CPC para comprender las áreas de desarrollo más amplias. En la *Figura 5* se presenta la distribución a lo largo del código principal de la CPC durante un período de 6 años del conjunto de datos recopilados.

El análisis de las patentes otorgadas durante el período analizado muestra que la mayoría de las patentes se otorgaron al código CPC G06Q en fabricación inteligente y G16H en atención médica. El código G06Q se enfoca en sistemas que procesan datos diseñados para fines administrativos, comerciales, financieros, de gestión, de supervisión o de previsión. Esto concuerda con la necesidad gerencial de investigación en la recolección y

procesamiento de datos para fines administrativos y gerenciales. Por otro lado, el código G16H se centra en la informática sanitaria, que incluye las TIC adoptadas específicamente para el manejo y procesamiento de datos sanitarios.

El código H04L es el segundo más publicado y se comparte en las secciones transversales de fabricación inteligente y atención médica con blockchain, cubriendo los métodos y arreglos para la transmisión digital de señales y la comunicación telegráfica. La subclase G06Q incluye sistemas para procesamiento de datos y G06N incluye arreglos informáticos generales que se basan en modelos computacionales específicos, los detalles del modelo se analizan más en la subclase. Además, otro código común en ambas exploraciones es la subclase G06F que cubre el procesamiento de datos digitales eléctricos y cubre estructuras de datos de elementos informáticos, procesamiento de lenguaje natural y protocolos de seguridad.

El subgrupo G06K cubre la grabación de datos gráficos, centrándose en el reconocimiento de imágenes o videos y la presentación de datos. Los códigos únicos observados en el análisis para la industria y los sistemas de cadena de bloques incluyeron presentaciones hacia el código Y02P que se enfoca en las tecnologías de mitigación del cambio climático y B33Y que se enfocó en la fabricación de objetos tridimensionales por deposición o estratificación.

Los códigos únicos para el cuidado de la salud incluyeron H04W que se enfoca en las redes de comunicación inalámbrica y G06T, que cubre instrumentos o procesos clínicos con fines de diagnóstico. En resumen, el análisis de CPC ofrece una visión profunda de las tendencias de innovación en aplicaciones de blockchain de dominio cruzado en la Industria 4.0 y la atención médica, lo que puede contribuir significativamente a la investigación y desarrollo en estas áreas.

La *tabla 3* expone una serie de códigos CPC principales junto con sus respectivos rangos de patentes y sus grupos correspondientes. Dentro del primer grupo principal de CPC, el grupo G06Q50 destaca con un recuento de patentes de 188, enfocándose en sistemas ajustados para fines comerciales específicos. Estos grupos incluyen subgrupos como G06Q50/04 (fabricación) y G06Q30/018 (tecnologías para comercio electrónico y certificación o verificación de productos). Además, se han identificado características

similares en aplicaciones de atención médica y blockchain, enfocadas en subgrupos como G06Q2220/00 (procesamiento que utiliza criptografía en los negocios). El código principal de CPC H04L2209 presenta la segunda cifra más alta de patentes con 251 y se enfoca en aplicaciones relacionadas con mecanismos criptográficos y comunicaciones seguras. Asimismo, H04L9, que se enfoca en protocolos de comunicación de red para la seguridad de la red, cuenta con 352 patentes. Estos códigos principales también se enfocan en la atención médica, incluyendo subgrupos como H04L2209/88 que se enfoca en mecanismos criptográficos para instrumentos médicos específicos. Los subgrupos con patentes destacadas son G06F21 y G06F16, enfocados en arreglos y mecanismos de seguridad para hardware, software o datos contra actividades no autorizadas, estructuras de bases de datos y estructuras de sistemas de archivos, respectivamente. Además, se han identificado áreas emergentes, como sistemas de la industria 4.0 basados en cadenas de bloques que contribuyen a la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero, evidenciado a través del subgrupo Y02P90/30 con 78 patentes. Las patentes individuales relacionadas con la salud y blockchain se han enfocado principalmente en la informática de la salud, destacando subgrupos como G16H10 (tecnologías para el manejo de datos de atención médica), G16H40 (tecnologías para la gestión de equipos médicos), G16H15 (generación y gestión de informes médicos) y G16H80 (facilitar la comunicación entre médicos). Asimismo, se han identificado 44 patentes en el subgrupo común de G04Q2220 a G06Q2220/00, enfocadas en el procesamiento comercial de atención médica mediante criptografía. Finalmente, otros subgrupos con invenciones de patentes notables, a través de G06F21/64, se han enfocado en evitar la reproducción o copia no autorizada de medios grabables tipo disco que se utilizan principalmente para la reproducción de registros de salud, como los resultados de imágenes por resonancia magnética (IRM).

**Tabla 3***Tendencias y tipos de solicitantes de dominios cruzados por principales editores*

Dominio Cruzado	Ranking	CPC (principal)	CPC (grupo)	Patentes totales (CPC grupo)	Patentes totales (CPC principal)
Industria 4.0	1	G06Q: Sistema de Procesamiento de datos	G06Q50 G06Q30	188 63	251
	2	H04L: Transmisión de información digital	H04L2209 H04L9	251 352	603
	3	G06F: Procesamiento de datos digitales eléctricos	G06F21 G06F16	87 74	161
	4	Y02P: Tecnologías para la mitigación del cambio climático	Y02P90	78	78
Cuidados de la Salud 4.0	1	G16H: Salud informática	G16H10 G16H40 G16H15 G16H80	157 51 44 40	472
	2	H04L: Transmisión de información digital	H04L2209 H04L9	115 134	249
	3	G04Q: Sistema de Procesamiento de datos	G04Q2220	44	44
	4	G06F: Procesamiento de datos digitales eléctricos	G06F21	89	89

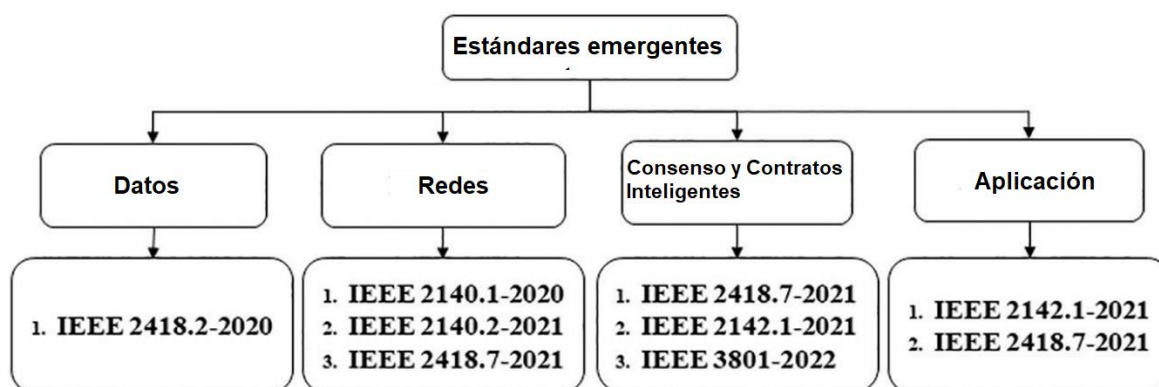
*Notas: elaboración propia.*

## NORMAS TÉCNICAS EMERGENTES

La adopción de las últimas tecnologías en el cuidado de la salud requiere comprender tanto el sector de la salud como el impacto de la tecnología para garantizar el cumplimiento de las necesidades médicas requeridas. El proceso de integración de la tecnología genera preocupaciones e inseguridades, como la privacidad de los datos, la regulación, la implementación adecuada de la tecnología, el control de los efectos negativos de la tecnología, etc. Al abordar tales preocupaciones, la estandarización ayuda a las tecnologías interoperables a nivel mundial, lo que hace que la tecnología subyacente sea más accesible y asequible. Esto, además, establece la confianza en la tecnología en los usuarios y fabricantes a nivel mundial.

**Figura 6**

*Los estándares emergentes (activos) mapeados hacia las capas de blockchain.*



*Notas:* elaboración propia.

La Asociación de Estándares del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE SA) es una organización líder en el desarrollo de estándares globales para diversas industrias, incluyendo el sector de la atención médica (Asociación de Estándares IEEE, 2021). Estos estándares son adoptados por diversas partes interesadas, lo que resulta en un mecanismo de consenso global en cuanto a las tecnologías, productos y servicios ofrecidos.

En la *Figura 6* se presentan los estándares recientes y emergentes seleccionados para la división de capas lógicas. La compilación se realiza mediante una revisión exhaustiva de

la base de datos de IEEE SA. Los estándares están lógicamente divididos en la estructura de capas descrita en la sección anterior. Dado que algunos estándares aún están emergiendo, la capa de consenso y contrato inteligente se fusiona. Esta compilación representa uno de los muchos marcos arquitectónicos que definen los roles funcionales para los sistemas impulsados por blockchain.

Los estándares relacionados con la capa de datos establecen los requisitos de formato de datos para los sistemas de cadena de bloques, incluyendo la definición de estructuras de datos, tipos de datos y sistemas almacenados de elementos de datos. El estándar destacado en esta categoría es el IEEE 2418.2-2020.

En cuanto a la capa de red, los estándares abordan aspectos de establecimiento de conexiones, gestión de seguridad para el intercambio de datos, seguridad, autenticación y protección del usuario contra el acceso no autorizado. Los estándares relevantes en esta categoría son el IEEE 2140.1-2020 y su versión más reciente, IEEE 2140.2-2021, junto con el IEEE 2418.7-2021.

Por otro lado, el consenso y el contrato inteligente establecen las reglas para agregar nueva información al sistema blockchain y la ejecución automatizada de un conjunto de reglas específicas. El estándar IEEE 2418.7-2021 define roles funcionales para las implementaciones de financiamiento de la cadena de suministro (SCF) impulsadas por blockchain, enfocándose en sus aplicaciones en instituciones financieras. Estos roles se utilizan para lograr funcionalidades como la emisión y transferencia de activos, préstamos basados en el activo emitido almacenado en cadena, y la gestión de activos, incluyendo la compensación y liquidación, así como el seguimiento. Además, las características de IEEE 2142.1-2021 estandarizan la facturación electrónica generada en empresas que se basan en el sistema blockchain, incluyendo funcionalidades comerciales típicas a través de plataformas digitales y mecanismos de seguridad relacionados.

Por último, la capa de aplicación incluye la implementación de tecnologías blockchain en sistemas completamente funcionales. Los estándares en esta capa no son exclusivos de ella, y se presentan en otras capas con un enfoque en las técnicas para los requisitos del sistema comercial y las plataformas de cadena de bloques. La lista de estándares agregados a la capa incluye IEEE 2418.7-2021 e IEEE 2418.7-2021.

## CLÚSTERS TECNOLÓGICOS Y ASPECTOS CLÍNICOS

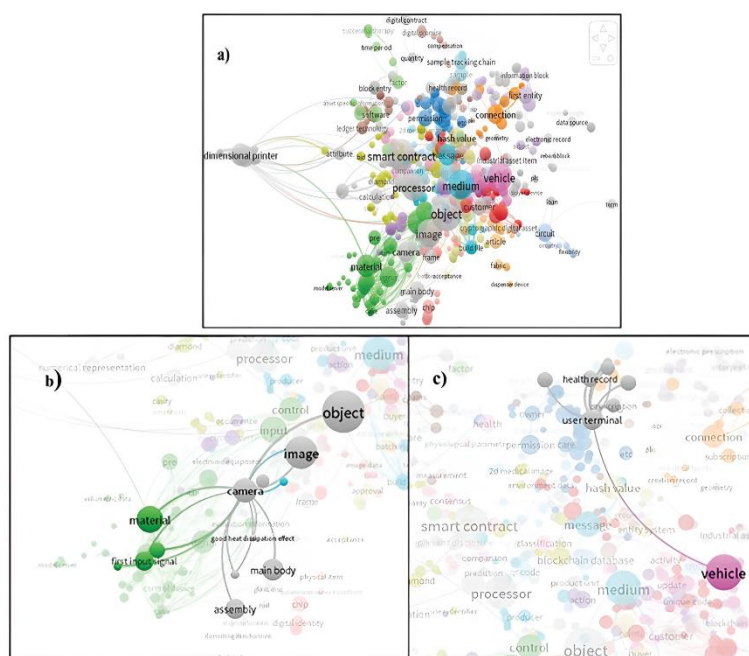
Esta sección presenta una ampliación lógica del análisis sistemático de los datos de concesión de patentes recopilados de la base de datos global IncoPat, enfocándose en la investigación sobre el uso de blockchain y soluciones basadas en la fabricación inteligente en la industria de la salud. Para extraer los términos clave del corpus de documentos académicos, se utiliza la herramienta VOSviewer, la cual es una herramienta de software utilizada para la visualización de concesiones de patentes (Van Eck y Waltman, 2013). La minería de textos se logra a través de la herramienta, la cual crea mapas de co-ocurrencia basados en datos textuales del resumen y títulos del corpus recopilado, con el objetivo de extraer patrones de palabras clave y evaluar las conexiones entre términos mediante la creación de un mapa de visualización de redes. El mapa se crea automáticamente, utilizando una implementación de back-end que implica dos etapas principales: identificación de términos y selección de términos. Para la etapa de identificación de términos, el software utiliza la biblioteca Apache OpenNLP para preprocesar datos de texto, mientras que para la etapa de selección de términos, los usuarios pueden personalizar la lista de palabras.

La investigación incluyó el escaneo de alrededor de 917 términos que ocurren al menos cinco veces, y para cada uno de los 917 términos, se calculó una puntuación de relevancia. Los términos más relevantes para el análisis de las solicitudes de patente fueron seleccionados. La conexión entre los nodos indica una desconexión del sector de fabricación inteligente conectado esporádicamente con términos relacionados con la atención médica. Los cuatro grupos clave observados relacionados con el sector de la atención médica seleccionados en función de las palabras clave incluyen atención médica digital, implantes interfaz hombre-máquina, herramientas quirúrgicas de precisión y atención clínica e informática, que se analizan más a fondo. El clúster de informática y salud digital se identifica como un destino clave donde se presentan la mayoría de las patentes en el momento actual. La digitalización de la atención médica es crítica en los marcos de tiempo actuales y se centra principalmente en comprender los requisitos de los usuarios de atención médica y cumplirlos utilizando la infraestructura digital subyacente. Esto incluye plataformas informáticas para recopilar y compartir datos de salud, uso de aplicaciones móviles y dispositivos portátiles

para la vigilancia de pacientes para la prevención de problemas de salud y el seguimiento de pacientes en el período preoperatorio, brindando educación relacionada con la salud y autoservicio del sistema de evaluación de salud y proceso inteligente de reclamos.

### Figura 7

(a) Gráfico de visualización de red de datos de concesión de patentes. (b) Clúster de palabras clave conectado a través de la fabricación inteligente relacionada con la cadena de bloques. (c) Grupo de palabras clave asociado con aplicaciones basadas en el usuario en el cuidado de la salud.



Notas: elaboración propia.

Las siguientes patentes están relacionadas con sistemas basados en blockchain que promueven la digitalización de la infraestructura sanitaria mediante la innovación. Un ejemplo es la patente estadounidense US20190266597A1 otorgada a Panaxea Life Inc. Esta patente describe un método implementado por computadora para realizar transacciones de atención médica. La novedad de este método radica en la ayuda al registro de un usuario y un proveedor de atención médica mediante una aplicación de servicio de atención médica. Los interesados están acoplados comunicativamente a una cadena de bloques, a través de una cuenta de servicio de salud respectiva. Además, la aplicación garantiza la opción de depositar criptomonedas de atención médica en la cuenta del servicio de atención médica del usuario.

La patente US20200402629A1, concedida a Electronic Health Record Data Inc, describe un sistema de cadena de bloques basado en entradas de registros electrónicos de salud (EHR). Este sistema está configurado para almacenar múltiples entidades dentro del ecosistema de proveedores de atención médica (por ejemplo, entidades de la industria farmacéutica, comerciantes, proveedores de servicios y usuarios de atención médica) de manera eficiente. Además, el sistema conecta dichas entidades, lo que permite una solución integral conveniente para la siguiente comunicación, lo que garantiza la uniformidad. La patente también propone la interfaz de programación de aplicaciones (API) de obtención de datos y la API de transacciones financieras entre las entidades de la ecosfera, lo que garantiza la centralización sistemática de los diversos aspectos del proceso de atención médica a través de esquemas de datos unificados y conectados digitalmente.

El grupo de implantes se enfoca en el uso de blockchain y técnicas basadas en la fabricación, como códigos QR o tecnologías visuales emergentes para mejorar la infraestructura de atención médica. La patente US20210225493A1 brinda responsabilidad a la industria por los implantes quirúrgicos, lo que brinda transparencia y seguridad en el manejo de dispositivos quirúrgicos y, en última instancia, reduce los costos para los miembros, cirujanos y aseguradoras. La patente IN202111000130A fue presentada en la Oficina de Patentes de la India por Eswasthalya Healthcare Private Limited, que incluye un sistema de plataforma de hospital virtual personalizable para la prestación virtual de servicios de atención médica y educación similar al hospital físico. Los componentes aprovechan las tecnologías emergentes comunes en las configuraciones de fabricación inteligente para ayudar a la educación quirúrgica continua y efectiva de los médicos.

La atención clínica es un campo importante de innovación tecnológica, particularmente en lo que respecta a sistemas personalizados y patentados para aplicaciones médicas y personales. La utilización de aplicaciones móviles y dispositivos portátiles para la vigilancia de pacientes, seguimiento preoperatorio, educación en salud, y autoevaluación de la salud es una tendencia creciente en la industria.

La oficina de patentes IP Australia ha otorgado la patente AU2020101946A4, que garantiza un acceso flexible a los recursos de información sanitaria (HIR) en la base de datos EHR. Esta invención utiliza análisis EHR para producir informes resumidos que contienen

estrategias de tratamiento y recomendaciones para los médicos y usuarios de atención médica.

La patente AU2020102115A4 mejora los ensayos clínicos, la investigación y el desarrollo sanitario mediante la utilización de tecnología blockchain. Esta tecnología recopila y analiza información de pacientes antiguos y nuevos a través de una base de datos y un servidor local conectados a una red informática desde una dirección IP fija y un número de identificación. Luego, la información del perfil del paciente se compara con los criterios de los ensayos clínicos para obtener información relevante.

La patente IN202021030276A combina blockchain y sistemas de monitoreo habilitados para IoT para almacenar ecografías de embarazos y prevenir el feticidio femenino. La información del paciente se almacena de forma segura en una base de datos electrónica y se cifra y descifra mediante blockchain para su almacenamiento interno o remoto.

La patente US20190358428A1 presenta un robot basado en blockchain e IoT para monitorear el entorno del sueño, la fisiología, la iluminación, el sonido y la electricidad. Este sistema IoT ejecuta las instrucciones del robot que cuida el sueño y atiende las actividades del dormitorio del usuario.

La subvención AU2021100088A4 utiliza un método ordenado caótico (MDDC-BCO) basado en blockchain criptográfico de resumen de datos multimedia para asegurar una comunicación efectiva entre dispositivos de atención médica conectados. La patente IN201742024550A proporciona un ecosistema seguro para los servicios de registro de registros médicos digitales únicos y los servicios de registro de nacimientos.

## **DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

La pandemia de Covid-19 ha puesto en evidencia la fragilidad y la falta de resiliencia en las cadenas de suministro globales, especialmente en la industria de la salud. Ante esta situación, se hace necesario buscar soluciones innovadoras que permitan optimizar los procesos comerciales y mejorar la competitividad en el sector.

En este contexto, el uso de tecnologías emergentes como la cadena de bloques y la Industria 4.0 se presenta como una oportunidad única para impulsar la transformación digital en la fabricación y la atención médica. De hecho, la combinación de dispositivos de alta precisión y soluciones basadas en la blockchain permite garantizar la calidad y la seguridad de los equipos y registros médicos, así como integrar los datos necesarios para la toma de decisiones informadas en tiempo real.

Además, se ha evidenciado que la adopción de la fabricación inteligente vinculada a la Industria 4.0 tiene el potencial de mejorar significativamente la eficiencia y la eficacia en el campo médico, a través de la implementación de sistemas asistidos por computadora. Asimismo, la aplicación de soluciones de dominio cruzado entre la fabricación y la atención médica puede contribuir a reducir los desechos biológicos y hacer que el ecosistema de atención médica sea más ágil y sostenible.

Es fundamental destacar que, para lograr una implementación efectiva de estas tecnologías, es necesario abordar las barreras de adopción y establecer modelos comerciales que brinden seguridad y rentabilidad en un sector ya de por sí tenso. Por ello, se hace imprescindible que los gerentes de la industria y la atención médica trabajen de manera colaborativa para identificar y desarrollar áreas de aplicación de la blockchain en el flujo de trabajo, y así aprovechar todo su potencial.

La combinación de la cadena de bloques y la Industria 4.0 se presenta como una herramienta clave para enfrentar los desafíos actuales y futuros en la industria de la salud. Su adopción puede mejorar significativamente la calidad y la eficiencia de los procesos, lo que se traduce en beneficios concretos tanto para los pacientes como para los actores involucrados en el sector.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alladi, T., Chamola, V., Parizi, R. M. y Choo, K. K. R. (2019). Blockchain applications for industry 4.0 and industrial IoT: A review. *IEEE Access*, 7, 176935-176951.
- Bajpai, C. P. (2021). *Top Patent Holders of 2020*. National Association of Securities Dealers Automated Quotations. <https://www.nasdaq.com/articles/top-patent-holders-of-2020-2021-01-29>
- Bodkhe, U., Tanwar, S., Bhattacharya, P. y Verma, A. (2021). Blockchain adoption for trusted medical records in healthcare 4.0 applications: A survey. En *Proceedings of Second International Conference on Computing, Communications, and Cyber-Security* (pp. 759-774). Springer.
- Bodkhe, U., Tanwar, S., Parekh, K., Khanpara, P., Tyagi, S., Kumar, N. y Alazab, M. (2020). Blockchain for industry 4.0: A comprehensive review. *IEEE Access*, 8, 79764-79800.
- Cerchione, R., Centobelli, P., Riccio, E., Abbate, S. y Oropallo, E. (2022). Blockchain's coming to hospital to digitalize healthcare services: Designing a distributed electronic health record ecosystem. *Technovation*, 120, 102480. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2022.102480>
- Chen, L., Lee, W. K., Chang, C. C., Choo, K. K. R. y Zhang, N. (2019). Blockchain based searchable encryption for electronic health record sharing. *Future Generation Computer Systems*, 95, 420-429.
- Cole, R., Stevenson, M. y Aitken, J. (2019). Blockchain technology: implications for operations and supply chain management. *Supply Chain Management: An International Journal*, 24(4), 469-483.
- Deloitte (2018). Blockchain Survey. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/cz/Documents/financial-services/cz-2018-deloitteglobal-blockchain-survey.pdf>.

- European Patent Office. (2017). *EPO – Cooperative Patent Classification (CPC)*. European Patent Office. <https://www.epo.org/searching-for-patents/helpful-resources/first-time-here/classification/cpc.html>
- Fraga-Lamas, P. y Fernández-Caramés, T. M. (2019). A review on blockchain technologies for an advanced and cyber-resilient automotive industry. *IEEE Access*, 7, 17578-17598.
- Gökalp, E., Gökalp, M. O., Çoban, S. y Eren, P. E. (2018). Analysing opportunities and challenges of integrated blockchain technologies in healthcare. En *Eurosymposium on Systems Analysis and Design* (pp. 174–183). Springer.
- Govindan, K., Nasr, A. K., Saeed Heidary, M., Nosrati-Abargooee, S. y Mina, H. (2022). Prioritizing adoption barriers of platforms based on blockchain technology from balanced scorecard perspectives in healthcare industry: A structural approach. *International Journal of Production Research*, 61(11), 3512-3526. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.2013560>
- Govindarajan, U. H., Zhang, D. y Anshita. (2021). *Extended Reality for Patient Recovery and Wellness. Extended Reality for Healthcare Systems: Recent Advances in Contemporary Research*. Elsevier.
- Hu, M. C. (2015). Industrial dynamics: Patenting perspectives. En *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences* (pp. 834-842). <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-097086-8.73095-9>.
- IEEE Standards Association. (s. f). *IEEE SA – What Are Standards?* <https://standards.ieee.org/develop/develop-standards/overview.html>.
- Jin, H., Luo, Y., Li, P. y Mathew, J. (2019). A review of secure and privacy preserving medical data sharing. *IEEE Access*, 7, 61656-61669.
- Kuo, T. T., Kim, H. E. y Ohno-Machado, L. (2017). Blockchain distributed ledger technologies for biomedical and health care applications. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 24(6), 1211-1220.

- Mahajan, H. B., Rashid, A. S., Junnarkar, A. A., Uke, N., Deshpande, S. D., Futane, P. R. y Alhayani, B. (2022). Integration of Healthcare 4.0 and blockchain into secure cloud-based electronic health records systems. *Applied Nanoscience*, 1-14. <https://doi.org/10.1007/s13204-021-02164-0>.
- Raut, R. D., Gotmare, A., Narkhede, B. E., Govindarajan, U. H. y Bokade, S. U. (2020). Enabling technologies for Industry 4.0 manufacturing and supply chain: concepts, current status, and adoption challenges. *IEEE Engineering Management Review*, 48(2), 83-102.
- Sharma, M. y Joshi, S. (2021). Barriers to blockchain adoption in health-care industry: An Indian perspective. *Journal of Global Operations and Strategic Sourcing*, 14(1), 134-169.
- Shukla, M. y Shankar, R. (2022). An extended technology-organizationenvironment framework to investigate smart manufacturing system implementation in small and medium enterprises. *Computers & Industrial Engineering*, 163, 107865.
- Tadaka, S. M. y Tawalbeh, L. A. (2020). Applications of blockchain in healthcare, industry 4, and cyber-physical systems. En *7th International Conference on Internet of Things: Systems, Management and Security (IOTSMS)*, 1-8.
- Tanwar, S., Parekh, K. y Evans, R. (2020). Blockchain-based electronic healthcare record system for healthcare 4.0 applications. *Journal of Information Security and Applications*, 50, 102407.
- Tortorella, G. L., Fogliatto, F. S., Mac Cawley Vergara, A., Vassolo, R. y Sawhney, R. (2020). Healthcare 4.0: trends, challenges and research directions. *Production Planning & Control*, 31(15), 1245-1260.
- Trappey, A. J., Trappey, C. V., Chang, C. M., Shih, X. Y., Govindarajan, U. H., Gupta, N. y Su, I. A. (2020). Behavioral therapy for phobias using immersive virtual reality technology. *Journal of the Chinese Society of Mechanical Engineers*, 41(2), 131-140.
- Van Eck, N. J. y Waltman, L. (2013). VOSviewer manual. *Leiden: Univeriteit Leiden*, 1(1), 1-53.

- WIPO Inspire. (n.d.). *IncoPat Global Patent Database*. <https://inspire.wipo.int/incopat-global-patent-database>.
- Yadav, V. S. y Singh, A. R. (2019). A systematic literature review of blockchain technology in agriculture. En *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (pp. 973-981).
- Yadav, V. S., Singh, A. R., Raut, R. D. y Cheikhrouhou, N. (2021). Blockchain drivers to achieve sustainable food security in the Indian context. *Annals of Operations Research*, 1-39. <https://doi.org/10.1007/s10479-021-04308-5>.
- Yuan, Y. y Wang, F. Y. (2018). Blockchain and cryptocurrencies: Model, techniques, and applications. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 48(9), 1421-1428.
- Zhao, H., Bai, P., Peng, Y. y Xu, R. (2018). Efficient key management scheme for health blockchain. *CAAI Transactions on Intelligence Technology*, 3(2),114-118.
- Zheng, Q., Li, Y., Chen, P. y Dong, X. (2018). An innovative IPFS-based storage model for blockchain. En *IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence (WI)* (pp. 704–708). IEEE.