

Usos de la tecnología blockchain para el desarrollo de diversas áreas de la sociedad

Uses of blockchain technology for the development of different areas of society

Resumen

La tecnología de cadena de bloques o blockchain, como mundialmente se nombra, es conocida como la base tecnológica que sustenta criptomonedas como Bitcoin. Esta tecnología está creando altas expectativas, ya que las transacciones de todo tipo se ejecutan de manera descentralizada. Actualmente se están proponiendo soluciones de blockchain para abordar diversos problemas en diferentes dominios, lo que ha atraído un interés considerable por parte de empresas, desarrolladores de tecnología, instituciones financieras, gobiernos nacionales y la comunidad académica. La presente investigación pretende ilustrar las diferentes áreas donde esta tecnología está siendo aplicada de manera novedosa, que se extienden más allá del ámbito de las criptomonedas. Se realizó una revisión bibliográfica usando los términos en inglés blockchain, blockchain application, blockchain use cases, entre otros, pues los resultados para sus equivalentes en español no arrojaron resultados relevantes. Posteriormente se hizo un análisis documental sobre los artículos científicos y libros recuperados para sistematizar los diferentes usos y aplicaciones de la tecnología blockchain. Los resultados encontrados muestran que existen numerosas y válidas aplicaciones para esta tecnología en diferentes sectores de la sociedad como las cadenas de suministro, salud, industria energética, negocios, industria, internet de las cosas, gobierno electrónico y ciudades inteligentes. Se demanda realizar un estudio consciente por parte de especialistas de diversas ramas para implementar estas soluciones en áreas que tributen al desarrollo de nuestra sociedad.

Palabras clave: blockchain; cadena de bloques; aplicaciones de la blockchain

Abstract:

Blockchain technology is known as the technological basis that sustains cryptocurrencies such as Bitcoin. This technology is creating high expectations, as transactions of every kind are executed in a decentralized way. Blockchain solutions are currently being proposed to address diverse problems in different domains, which has attracted considerable interest from companies, technology developers, financial institutions, national governments and the academic community. This research aims to illustrate the different areas where this technology is being applied in a novel way, which extend beyond the scope of cryptocurrencies. A literature review was conducted using the terms blockchain, blockchain application, blockchain use cases, among others; the results for their Spanish equivalents did not yield relevant results. Afterwards, a documentary analysis was made on the recovered scientific articles, books and books chapters to systematize the different uses and applications of the blockchain technology. The results show that there are many valid applications for this technology in different sectors of society such as supply chains, healthcare, energetic industry, business, industry, internet of things, e-government and smart cities. It is required to conduct a conscious study by specialists from various branches to implement these solutions in areas that pay tribute to the development of our society.

Keywords: blockchain; blockchain applications; blockchain use cases

Introducción

Blockchain es un modelo de aplicación novedoso que combina la singularidad y la innovación de tecnologías informáticas como el almacenamiento de datos distribuidos, transacciones *peer-to-peer* descentralizadas e independientes, mecanismos de consenso inteligentes y automáticos, contratos inteligentes programables y algoritmos de cifrado dinámico (Crosby, Pattanayak, Verma, & Kalyanaraman, 2016; Lu, 2018).

Blockchain es un libro contable público descentralizado y digitalizado destinado a mantener un registro de todas las transacciones de datos que ocurren en su red. Todo nodo de la red mantiene una copia del libro. Cada transacción en la cadena de bloques es verificada por los usuarios que participan en el sistema, por lo que no se requiere una verificación confiable de terceros.

En 2008, un autor (o grupo de autores) desconocido, Nakamoto, escribió un documento sobre el cumplimiento de transacciones de efectivo no reversibles sin la participación de ningún tercero. Este fue el primer uso de blockchain, la tecnología detrás de la criptomoneda bitcoin (Nakamoto, 2008).

Bitcoin ordena transacciones y las agrupa en una estructura de tamaño restringido llamada bloques que comparten la misma marca de tiempo. Los nodos de la red son responsables de vincular los bloques entre sí en orden cronológico, cada bloque contiene el hash del bloque anterior para crear una cadena de bloques (Crosby et al., 2016). Por lo tanto, la estructura de blockchain logra contener un registro robusto y auditable de todas las transacciones.

Blockchains introdujo cambios revolucionarios en los procesos comerciales tradicionales, ya que las aplicaciones y transacciones, que necesitaban arquitecturas centralizadas o terceros confiables para verificarlas, ahora pueden operar de manera descentralizada con el mismo nivel de certeza. Las características inherentes de la arquitectura y el diseño de blockchain proporcionan propiedades como transparencia, robustez, capacidad de auditoría y seguridad (Christidis &

Devetsikiotis, 2016). Una cadena de bloques se puede considerar una base de datos distribuida que se organiza como una lista de bloques ordenados, donde los bloques confirmados son inmutables.

Características de la blockchain

Descentralización

El blockchain consiste en bloques *peer-to-peer*, cada uno de los cuales tiene la capacidad de registrar y almacenar todas las transacciones. En términos técnicos, la información se comparte y distribuye automáticamente entre los nodos sin la intervención de terceros. En este sistema descentralizado, todos los participantes y nodos están activos para unirse a las actividades y transacciones (Crosby et al., 2016; Yli-Huumo, Ko, Choi, Park, & Smolander, 2016).

Desconfianza

Dado que la tecnología blockchain se implementa en un sistema descentralizado, la transferencia de datos entre nodos en la red no requiere confianza mutua entre los participantes. La cadena de bloques se basa en los principios de los protocolos de red *peer-to-peer* y métodos puramente matemáticos, que forma una relación de confianza entre los nodos de la red y las estructuras de sistemas distribuidos. La cadena de bloques almacena todos los datos de la transacción en cada bloque. La blockchain emplea una función hash y un protocolo de consenso para resolver este problema. Los participantes no necesitan cuidar las relaciones de confianza mutua en el sistema (Narayanan, Bonneau, Felten, Miller, & Goldfeder, 2016).

Transparencia

A través de la cadena de bloques, todos los participantes comparten registros y consultan datos en nodos en una estructura descentralizada. La tecnología blockchain garantiza que los sistemas registran y transfieren datos e información. Cada participante puede consultar los registros en la cadena de bloques para que la información en el sistema distribuido sea transparente y consistente. Cada dato

de transacción de un sistema distribuido es abierto y confiable. Cada nodo de la misma plataforma tiene los mismos permisos y obligaciones para acceder a la información autorizada y permite que otros nodos en la misma red accedan a esta información (Lin & Liao, 2017).

Rastreable e infalsificable

La cadena de bloques utiliza marcas de tiempo para identificar y registrar cada transacción, mejorando así la dimensión temporal de los datos. Esto permite al nodo mantener el orden de las transacciones y hacer que los datos sean rastreables. La marca de tiempo no solo garantiza la originalidad de los datos, sino que también reduce el costo de la trazabilidad de la transacción. Al mismo tiempo, refuerza modificaciones irreversibles a los datos o información. Una vez que se valida una transacción y se agrega al bloque, no se manipulará. La mayoría de los nodos del sistema deben revisar las transacciones antes de poder registrarlas (Yli-Huumo et al., 2016).

Anonimidad

La blockchain encripta los datos utilizando técnicas de encriptación asimétrica. Este cifrado asimétrico tiene dos usos en blockchains: cifrado de datos y firmas digitales. El cifrado de datos en la cadena de bloques garantiza la seguridad de los datos de transacción y reduce el riesgo de perder o falsificar los datos de transacción. Los datos de la transacción se transmiten a través de la red y se firman digitalmente para indicar la identidad del firmante y si se ha identificado la transacción (Narayanan et al., 2016).

Credibilidad

El intercambio de datos de la cadena de bloques depende completamente del autocontrol. Se basa en cada nodo para formar un cálculo poderoso para defenderse contra ataques externos sin intervención humana. Los participantes pueden completar la transacción bajo condiciones de completo anonimato. Protege

la privacidad de todas las partes involucradas y aumenta la seguridad y la credibilidad de la transacción (Lu, 2018).

Categorías de blockchain

Según las diferentes aplicaciones y umbrales, la blockchain se divide en tres categorías: blockchain pública (sin permiso), blockchain (con permiso) y blockchain híbrida (Lin & Liao, 2017).

La blockchain pública (sin permiso) es una cadena de bloques completamente descentralizada. Cualquier nodo del sistema distribuido puede participar en los procesos de lectura, escritura, verificación y consenso de los datos de la cadena, y puede obtener los incentivos económicos correspondientes, según la contribución. Las cadenas públicas fueron las primeras en aparecer y se extendieron a muchas disciplinas (Dinh et al., 2018).

La blockchain privada (con permiso) es una blockchain centralizada. El permiso de acceso de los datos en la cadena de bloques está controlado por la autoridad central, y el permiso de lectura se puede abrir al público de forma selectiva, principalmente para la gestión interna de datos o para la auditoría de organizaciones específicas. La cadena privada se limita a organizaciones específicas o pequeñas empresas, para un pequeño grupo de entidades (Lin & Liao, 2017).

La blockchain híbrida es una cadena de bloques parcialmente distribuida. La generación de cada bloque está determinada conjuntamente por nodos preseleccionados. Otros nodos solo pueden acceder a la cadena de bloques para ser responsables de las transacciones, pero no participan en el proceso de consenso. A través de un acuerdo, varias organizaciones pueden unirse para construir un sistema de consorcio para propósitos comunes (Brousmiche, Heno, Poulain, Dalmieres, & Hamida, 2018; Gu et al., 2018).

Contratos inteligentes en la blockchain

El paisaje está evolucionando rápidamente a medida que se está utilizando blockchain en otros campos más allá de las criptomonedas, con los contratos inteligentes desempeñando un papel central. Los contratos inteligentes fueron definidos en 1994 por Szabo como: "un protocolo de transacción computarizado que ejecuta los términos de un contrato" (Szabo, 1994). Permiten traducir las cláusulas contractuales en un código integrable, minimizando así la participación externa y los riesgos. Por lo tanto, un contrato inteligente es un acuerdo entre las partes que, aunque no confían entre sí, los términos acordados se aplican automáticamente. Por lo tanto, dentro del contexto de la blockchain, los contratos inteligentes son scripts que se ejecutan de forma descentralizada y se almacenan en la blockchain (Christidis & Devetsikiotis, 2016) sin depender de ninguna autoridad de confianza. En particular, los sistemas basados en blockchain que soportan contratos inteligentes permiten procesos e interacciones más complejos, por lo que establecen un nuevo paradigma con aplicaciones prácticamente ilimitadas. Como resultado, la tecnología blockchain es cada vez más relevante.

Generaciones

Se pueden distinguir tres generaciones de blockchains (Zhao et al., 2016): Blockchain 1.0, que incluye aplicaciones que permiten transacciones de criptomoneda digital; en Blockchain 2.0, el contrato inteligente se ha empleado e incorporado en el sistema, lo que amplía gradualmente su área de aplicación y su alcance. Esta fase debe extender la aplicación de la blockchain a diferentes industrias y permitirles colaborar entre sí. Blockchain 3.0 será la era de la sociedad programable con blockchain de las cosas. Los aspectos relacionados con la cadena de bloques afectarán tanto a la ideología humana como su forma social (Lu, 2018).

Por lo revolucionario de esta tecnología y las muchas aplicaciones que se avizoran en un futuro cercano se realiza la presente investigación con el objetivo de ilustrar las diferentes áreas donde la blockchain está siendo aplicada de manera novedosa,

que se extienden más allá del ámbito de las criptomonedas, para motivar a académicos y desarrolladores a estudiar a fondo las tecnologías que integran la blockchain.

Metodología

Se realizó una revisión bibliográfica usando las palabras claves en inglés blockchain, blockchain application, blockchain use cases, entre otros, pues los resultados para sus equivalentes en español no arrojaron resultados relevantes. Estos términos se localizaron en las secciones título, resumen y palabras claves.

Las fuentes seleccionadas fueron Science Direct, Springer Link, IEEE Xplore Digital Library, Scielo y Redalyc. Se tomaron los resultados que se publican en acceso abierto, por lo que aún existen otros estudios y aplicaciones de la blockchain que podrían nutrir aún más este estudio. No se tuvieron en cuenta restricciones por fecha de publicación.

Posteriormente se hizo un análisis documental sobre los artículos científicos, presentaciones en conferencias arbitradas, libros y capítulos de libros recuperados para sistematizar los diferentes usos y aplicaciones de la tecnología blockchain.

Resultados y discusión

El rendimiento eficiente y la reducción de costos que brinda la blockchain proporcionan nuevas ideas para la prosperidad económica y el desarrollo social. Los usuarios individuales pueden comerciar electrónicamente, compartir recursos de manera justa y crear valor de manera inteligente. Usando la tecnología de blockchain, se pueden registrar datos e información en una plataforma descentralizada utilizando libros de contabilidad infalsificables. El cifrado digital puede garantizar la seguridad de los datos y la privacidad individual. Sus ventajas de aplicación en la industria se encuentran en optimizar los procesos comerciales,

reducir los costos operativos y aumentar las sinergias. Estas ventajas se reflejan en diversos campos que se ilustran a continuación.

Cadena de suministros

La tecnología blockchain garantiza la identificación de la procedencia del producto y facilita el seguimiento de los procesos (Toyoda, Mathiopoulos, Sasase, & Ohtsuki, 2017; J. Zhao, Fan, & Yan, 2016). Además, Toyoda y otros (2017), demuestran que un sistema de gestión de propiedad de productos evita las falsificaciones una vez que los productos llegan al final de la cadena de suministro. De esta manera, el seguimiento del origen se puede implementar después de comprar y adquirir un producto. Kshetri (2017a) argumenta que la tecnología blockchain proporciona seguridad en la cadena de suministro. Puede identificar la fuente de las partes problemáticas y puede garantizar la confiabilidad entre los socios de la cadena de suministro.

Salud

La tecnología blockchain podría desempeñar un papel fundamental en la industria de la salud con varias aplicaciones en áreas como la gestión de la salud pública, registros longitudinales de atención de la salud, acceso en línea al paciente, intercambio de información médica de los pacientes, investigación médica orientada al usuario, falsificación de medicamentos, ensayos clínicos y medicina de precisión (Mettler, 2016). En particular, la tecnología blockchain y el uso de contratos inteligentes podrían resolver problemas de credibilidad científica de los hallazgos (datos faltantes, cambio de punto final, dragado de datos y publicación selectiva) en ensayos clínicos (Nugent, Upton, & Cimpoesu, 2016). Un estudio completo en el dominio biomédico concluye que las aplicaciones de blockchain todavía son un campo emergente. La investigación se centra en gran medida en la integración, la integridad y el control de acceso de los registros de salud y los datos relacionados del paciente. Sin embargo, están surgiendo otras aplicaciones diversas e interesantes, que abordan la investigación médica, los ensayos clínicos, la cadena

de suministro de medicamentos y el seguro médico. Hasta ahora, la blockchain aún tiene que encontrar los paradigmas de aplicación adecuados, alejándose de los enfoques que analizan el almacenamiento de fragmentos de datos de salud reales en la cadena de bloques, a soluciones que utilizan la cadena de bloques como un libro de contabilidad que almacena principalmente referencias a datos o hashes de datos (Drosatos & Kaldoudi, 2019).

Internet de las Cosas (IoT)

Si bien las posibilidades de expansión de las tecnologías blockchain e IoT ya son muy amplias por sí mismas, de la relación simbiótica de estos dos campos surge mucho más. Por ejemplo, las redes de sensores inalámbricos distribuidos son uno de los pilares de la evolución tecnológica y humana, Kshetri (2017b) demuestra que la arquitectura de blockchain puede mejorar la IoT minimizando sus deficiencias y maximizando su potencial.

La atención creciente y las inversiones para implementar plataformas IoT descentralizadas (Samaniego & Deters, 2016) se deben principalmente a la tecnología blockchain y sus capacidades inherentes (Christidis & Devetsikiotis, 2016). La idea principal es proporcionar un intercambio de datos seguro y auditable en escenarios heterogéneos conscientes del contexto con una gran cantidad de dispositivos inteligentes interconectados (Crosby et al., 2016). Además, operar de manera automatizada y descentralizada permite la alta escalabilidad y la administración eficiente de la red (Li & Zhang, 2017).

Energía

La tecnología blockchain puede ser utilizada para realizar transacciones transparentes en el mercado de la energía entre consumidores y prosumidores (consumidores activos que producen y consumen electricidad) en las redes de energía locales (Aitzhan & Svetinovic, 2016; Munsing, Mather, & Moura, 2017). En particular, Aitzhan y Svetinovic (2016) proponen un sistema de comercio de energía descentralizado basado en token donde los pares negocian de forma anónima los

precios de la energía y pueden realizar transacciones de forma segura. Mengelkamp y otros (2017), presentan un escenario de mercado energético local de hogares residenciales con agentes artificiales, implementados en una cadena de bloques privada, destacando que la tecnología de cadena de bloques en las redes eléctricas locales permite la distribución, medición y facturación de la electricidad para ser administrado por la propia comunidad sin una intervención de terceros. También se sugiere una medición y monitoreo inteligente, basado en cadenas de bloques, de activos relacionados con la energía en una red inteligente o una microrred.

Gobierno electrónico

En los últimos años, ha habido una expansión masiva de servicios de gobierno electrónico para ciudadanos, empresas y organismos públicos. La tecnología blockchain puede servir como una plataforma capaz de fomentar aplicaciones innovadoras y manejar las transacciones de información donde está involucrada la digitalización de activos (dinero, acciones, derechos de propiedad) y el intercambio descentralizado. Zhao y Chan (2016) proponen sistemas de votación electrónica basados en blockchain, haciendo que los votos sean transparentes y garantizando que los gobiernos no puedan manipular las elecciones porque todos son capaces de leer y verificar los votos.

La gobernanza de blockchain apunta a proporcionar los mismos servicios que ofrecen el estado y las autoridades públicas correspondientes de manera descentralizada y eficiente, manteniendo la misma validez. Los ejemplos de dichos servicios incluyen registro de documentos legales, certificación, identificación, contratos matrimoniales, impuestos y votaciones (Swan, 2015). El proyecto World Citizen (McMillan, 2014) es un ejemplo de un servicio de pasaportes descentralizado para identificar a los ciudadanos de todo el mundo. Las cadenas de bloques también se pueden usar para otros servicios públicos como el registro de matrimonio, la gestión de patentes y los sistemas de impuestos sobre la renta (Akins, Chapman, & Gordon, 2013).

Educación

Se puede desarrollar un sistema distribuido basado en blockchain para el historial educativo, las insignias alcanzadas, premios obtenidos y demás sistemas de reputación (Sharples & Domingue, 2016). Otro estudio propone que los maestros agreguen bloques a la blockchain que almacenen los logros de aprendizaje de los estudiantes. La gestión de certificados educativos también puede mejorarse con blockchain mejorando la seguridad de los datos y la confianza en las infraestructuras digitales y para la gestión de créditos (Xu et al., 2017). Además, las aplicaciones basadas en blockchain podrían mejorar la acreditación digital del aprendizaje personal y académico. Finalmente, en el caso de la publicación académica, blockchain se puede usar para manejar mejor las presentaciones de manuscritos y para realizar revisiones adecuadas de manera oportuna o para la verificación de manuscritos (Gipp, Breitinger, Meuschke, & Beel, 2017).

Negocios e industria

Blockchain tiene el potencial de convertirse en una fuente importante de innovaciones disruptivas en los negocios y la administración a través de la mejora, optimización y automatización de los procesos de negocios. La industria contemporánea ha entrado en una nueva era: la Industria 4.0. En un futuro próximo, la tecnología blockchain se convertirá en una herramienta poderosa para que la Industria 4.0 la utilice, ya que la integran y operan entre sí arquitecturas, tecnologías y dispositivos para proporcionar productos y servicios de alta calidad para la sociedad (Lu, 2017).

Están surgiendo muchos modelos de negocios electrónicos basados en IoT y blockchain. Se puede encontrar un ejemplo en Zhang y Wen (2015) donde los autores proponen un modelo de negocio en el que las transacciones entre dispositivos se realizan utilizando contratos inteligentes en una base de datos distribuida basada en blockchain. En Hardjono y Smith (2016), los autores proponen un sistema de preservación de la privacidad que utiliza una red IoT y una cadena

de bloques para probar la procedencia de las materias primas en el proceso de fabricación sin la autenticación de terceros.

Las aplicaciones de blockchain parecen ofrecer oportunidades considerables de mejora del rendimiento y comercialización, mejorando la credibilidad en el comercio electrónico y permitiendo a las empresas de IoT optimizar sus operaciones al tiempo que ahorra tiempo y costos (White, 2017). Las aplicaciones basadas en blockchain podrían servir como sistemas de gestión de procesos de negocios descentralizados para varias empresas.

Mientras que las aplicaciones de blockchain se están implementando ampliamente, aún quedan problemas por resolver como: la falta de regulación desde el punto de vista legal; la sostenibilidad del protocolo blockchain teniendo en cuenta el coste medioambiental de mantener una red que ejecuta algoritmos complejos en cada nodo, que a su vez requieren grandes cantidades de potencia de cálculo; falta de estandarización entre los diferentes tipos de cadenas de bloques lo que dificulta la interoperabilidad entre los recursos que gestionan; latencia y escalabilidad; así como la idoneidad del uso de blockchain para cada dominio de aplicación.

Conclusiones

La tecnología blockchain está desafiando el *status quo* en diversas áreas de la sociedad de una manera radical al proporcionar una base de datos descentralizada de cualquier transacción que implique una transferencia de valor, es decir (dinero, bienes, propiedades, activos). Esta naturaleza genérica es lo que hace que la tecnología blockchain sea atractiva para muchas áreas de negocios hoy día. Sin embargo, existen riesgos, efectos y consecuencias no deseadas de la tecnología blockchain en los mercados establecidos. La irrupción de la tecnología blockchain en los sectores de negocios está aumentando en ritmo. Por lo tanto, se necesita más investigación crítica para explotar sus capacidades y comprender las limitaciones cuando se aplica en gran escala.

Los resultados encontrados muestran que existen numerosas y válidas aplicaciones para esta tecnología en diferentes sectores de la sociedad como las cadenas de suministro, salud, industria energética, negocios, industria, internet de las cosas, gobierno electrónico y ciudades inteligentes. Realizar un estudio consciente por parte de especialistas de diversas ramas se hace necesario para implementar estas soluciones en áreas que tributen al desarrollo de nuestra sociedad.

Bibliografía

- Aitzhan, N. Z., & Svetinovic, D. (2016). Security and privacy in decentralized energy trading through multi-signatures, blockchain and anonymous messaging streams. *IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing*, 1. <https://doi.org/10.1109/TDSC.2016.2616861>
- Akins, B. W., Chapman, J., & Gordon, J. (2013). *A Whole New World: Income Tax Considerations of the Bitcoin Economy* (SSRN Scholarly Paper No. ID 2394738). Rochester, NY: Social Science Research Network. Recuperado a partir de <https://papers.ssrn.com/abstract=2394738>
- Brousmiche, K. L., Heno, T., Poulain, C., Dalmieres, A., & Hamida, E. B. (2018). Digitizing, Securing and Sharing Vehicles Life-cycle Over a Consortium Blockchain: Lessons Learned (pp. 1-5). Presentado en Proc. 9th IFIP International Conference on New Technologies, Mobility and Security (NTMS), IEEE.
- Christidis, K., & Devetsikiotis, M. (2016). Blockchains and smart contracts for the internet of things. *IEEE Access*, 4, 2292–2303.
- Crosby, M., Pattanayak, P., Verma, S., & Kalyanaraman, V. (2016). Blockchain technology: beyond bitcoin. *Applied Innovation*, 2, 6-10.
- Dinh, T. T. A., Liu, R., Zhang, M., Chen, G., Ooi, B. C., & Wang, J. (2018). Untangling blockchain: a data processing view of blockchain systems. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 30(7), 1366-1385.

- Drosatos, G., & Kaldoudi, E. (2019). Blockchain Applications in the Biomedical Domain: A Scoping Review. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 17, 229–240.
- Gipp, B., Breitinger, C., Meuschke, N., & Beel, J. (2017). CryptSubmit: Introducing Securely Timestamped Manuscript Submission and Peer Review Feedback Using the Blockchain. Presentado en Proceedings of the ACM/IEEE Joint Conference on Digital Libraries.
- Gu, J., Sun, B., Du, X., Wang, J., Zhuang, Y., & Wang, Z. (2018). Consortium blockchain-based malware detection in mobile devices. *IEEE Access*, 6, 12118-12128.
- Hardjono, T., & Smith, N. (2016). Cloud-based commissioning of constrained devices using permissioned blockchains (pp. 29–36). Presentado en 2Nd ACM International Workshop on IoT Privacy, Trust, and Security, IoTPTS '1, New York, USA: ACM.
- Kshetri, N. (2017a). Blockchain's roles in strengthening cybersecurity and protecting privacy. *Telecommunications Policy*, 41, 1027–1038.
- Kshetri, N. (2017b). Can blockchain strengthen the internet of things? *IT Professional*, 19(4), 68–72.
- Li, C., & Zhang, L. J. (2017). A blockchain based new secure multi-layer network model for internet of things (pp. 33–41). Presentado en 2017 IEEE 2nd International Congress on Internet of Things, ICIOT.

- Lin, I. C., & Liao, T. C. (2017). A survey of blockchain security issues and challenges. *International Journal of Network Security*, 19(5), 653-659.
- Lu, Y. (2017). Industry 4.0: a survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of Industrial Information Integration*, 6, 35–42.
- Lu, Y. (2018). Blockchain and the related issues: a review of current research topics. *Journal of Management Analytics*, 5(4), 231-255.
- McMillan, R. (2014). Hacker Dreams Up Crypto Passport Using the Tech Behind Bitcoin. Recuperado a partir de http://www.wired.com/2014/10/world_passport/
- Mengelkamp, E., Notheisen, B., Beer, C., Dauer, D., & Weinhardt, C. (2017). A blockchain-based smart grid: towards sustainable local energy markets. *Computer Science - Research and Development*, 33, 207–214. <https://doi.org/10.1007/s00450-017-0360-9>
- Mettler, M. (2016). Blockchain technology in healthcare: the revolution starts here (pp. 1-3). Presentado en 2016 IEEE 18th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom), IEEE.
- Musing, E., Mather, J., & Moura, S. (2017). Blockchains for decentralized optimization of energy resources in microgrid networks. Presentado en 2017 IEEE Conference on Control Technology and Applications, CCTA. <https://doi.org/10.1109/CCTA.2017.8062773>
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: a peer-to-peer electronic cash system.

- Narayanan, A., Bonneau, J., Felten, E., Miller, A., & Goldfeder, S. (2016). *Bitcoin and Cryptocurrency Technologies: A Comprehensive Introduction*. Princeton, NJ, USA: Princeton University Press.
- Nugent, T., Upton, D., & Cimpoesu, M. (2016). Improving data transparency in clinical trials using blockchain smart contracts. *F1000Research*.
- Samaniego, M., & Deters, R. (2016). Blockchain as a Service for IoT (pp. 433–436). Presentado en 2016 IEEE International Conference on Internet of Things, IEEE Green Computing and Communications.
- Sharples, M., & Domingue, J. (2016). The Blockchain and Kudos: A Distributed System for Educational Record, Reputation and Reward. En *Lecture Notes in Computer Science* (pp. 490–496). Springer International Publishing.
- Swan, M. (2015). *Blockchain Blueprint for a New Economy*. O'Reilly Media Inc.
- Szabo, N. (1994). Smart contracts.
- Toyoda, K., Mathiopoulos, P., Sasase, I., & Ohtsuki, T. (2017). A novel blockchain-based Product Ownership Management System (POMS) for anti-counterfeits in the post supply chain. *IEEE Access*, 17465–17477. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2720760>
- White, G. R. T. (2017). Future applications of blockchain in business and management: a Delphi study. *Strategic Change*, 26(6), 439–451.
- Xu, Y., Zhao, S., Kong, L., Zheng, Y., Zhang, S., & Li, Q. (2017). ECBC: a high performance educational certificate blockchain with efficient query. En

Lecture Notes in Computer Science (pp. 288–304). Springer International Publishing.

Yli-Huumo, J., Ko, D., Choi, S., Park, S., & Smolander, K. (2016). Where is current research on blockchain technology?—a systematic review. *PLoS ONE*, 11(10). Recuperado a partir de <https://j.s.plos.org/plosone/article?id=10.1371/j.pone.0163477>

Zhang, Y., & Wen, J. (2015). An IoT electric business model based on the protocol of bitcoin (pp. 184–191). Presentado en 18th International Conference on Intelligence in Next Generation Networks. <https://doi.org/10.1109/ICIN.2015.7073830>

Zhao, J., Fan, S., & Yan, J. (2016). Overview of business innovations and research opportunities in blockchain and introduction to the special issue. *Financial Innovation*, 2.

Zhao, Z., & Chan, T. H. (2016). How to Vote Privately Using Bitcoin. En *Information and Communications Security. ICICS 2015. Lecture Notes in Computer Science*. Springer, Cham. Recuperado a partir de https://doi.org/10.1007/978-3-319-29814-6_8