

Análisis

5.0

El aporte de Blockchain para avanzar hacia la Industria 5.0.

The contribution of Blockchain to advance towards Industry 5.0.

DOI: <https://doi.org/10.51378/reuca.vi19.8712>

Fecha de recibido: 12 de junio de 2024

Fecha de aceptado: 06 de septiembre de 2024

Erick Varela Guzmán

Docente

Universidad Centroamericana José Simeón Cañas

evarela@uca.edu.sv,

ORCID: 0000-0003-2259-5909

El Salvador, autor por correspondencia.

Gabriela Reynosa Pérez

Docente

Universidad Centroamericana José Simeón Cañas

greynosa@uca.edu.sv

ORCID: 0009-0003-5667-3036,

El Salvador.

Marlene Aguilar Navarro

Docente

Universidad Centroamericana José Simeón Cañas

meaguilar@uca.edu.sv

ORCID: 0009-0003-2309-3107,

El Salvador.



Publicamos bajo la Licencia de Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0)

Resumen

Los modelos de Industria 4.0 y 5.0 buscan aprovechar las ventajas habilitadas por las tecnologías y el intelecto humano para promover el desarrollo industrial y comercial, al mismo tiempo que se abordan los problemas actuales. Sin embargo, la transición hacia la Industria 5.0 no es fácil y requiere de una transformación de los fundamentos de la industria. Este artículo explora el aporte que realiza Blockchain para proponer modelos de trabajo compatibles con los ideales de la Industria 5.0. En la sección 1 se describe al modelo de la Industria 4.0; la sección 2 se enfoca en la caracterización de la Industria 5.0 y cómo se diferencia del modelo predecesor; en la sección 3 se discuten las principales características técnicas de Blockchain; finalmente, en las secciones 4 y 5 se hace una revisión documental y análisis de iniciativas basadas en Blockchain que están alineadas con los ideales que propone el modelo de la Industria 5.0. Con esta revisión del estado del arte relacionado a soluciones basadas en Blockchain alineadas con los ideales de la industria 5.0, se espera ampliar la discusión sobre el aporte que dicha tecnología realiza en la transición hacia los modelos industriales sostenibles a largo plazo.

Palabras claves: Blockchain, Industria, Desarrollo Industrial, Desarrollo Sostenible, Descentralización

Abstract

Both Industry 4.0 and Industry 5.0 are models that seek to leverage the advantages enabled by technologies and human intelligence to promote industrial and commercial development, while at the same time addressing current problems. However, the transition from Industry 4.0 to Industry 5.0 is not easy and requires a transformation of industry foundations. This paper explores Blockchain's contribution to proposing working models compatible with the ideals of Industry 5.0. In Section 1, the Industry 4.0 model is described; Section 2 focuses on the characterization of Industry 5.0 and how it differs from the predecessor model; Section 3 discusses the main technical characteristics of Blockchain; in Section 4, we conducted a documental review of Blockchain-based initiatives are aligned with the ideals proposed by the Industry 5.0 model; finally, this work ends with some conclusions in section 05. This review related to Blockchain-based solutions aligned with the ideals of Industry 5.0, is expected to broaden the discussion on the contribution this technology makes in the transition towards long-term sustainable industrial models.

Keywords: Blockchain, Industry, Industrial development, sustainable development, Decentralization

Introducción

Ante la histórica necesidad de satisfacer la demanda de consumo de la sociedad, el sector industrial ha buscado formas para innovar en los modelos de producción (Ghobakhloo, 2020), este proceso ha sido estudiado ampliamente, y se han identificado algunas etapas clave conocidas como revoluciones industriales. Las cuales presentan una estrecha relación con el desarrollo tecnológico, con lo que ha sido posible innovar para cambiar los modelos de producción (Rozo-García, 2020). Las primeras tres revoluciones fueron caracterizadas por aprovechar la mecanización, la electricidad y la informática respectivamente (Olsen & Tomlin, 2019).

La cuarta revolución industrial o industria 4.0 (Ghobakhloo, 2020; Olsen & Tomlin, 2019; Rozo-García, 2020) es una perspectiva impulsada en Alemania que busca el desarrollo industrial, pero considerando la ciencia de la sostenibilidad para enfrentar los grandes desafíos de la sociedad contemporánea (Müller et al., 2018). Para lograr esto, el modelo de la industria 4.0 propone aprovechar a las tecnologías, con el fin de alcanzar una mayor eficiencia, flexibilidad y calidad en los procesos de producción (Ghobakhloo, 2020; Olsen & Tomlin, 2019; Rozo-García, 2020). La Industria 4.0 ha permitido a la industria progresar en muchas líneas de interés, por ejemplo, en la reducción de los costos de producción, utilización eficiente de los recursos

disponibles, agilización de las cadenas de suministro, resiliencia ante desastres y optimización de la calidad (Müller et al., 2018; Reiman et al., 2021; Rozo-García, 2020).

Sin embargo, a pesar de todas las ventajas habilitadas por la Industria 4.0, algunos autores han criticado la forma en que el modelo ha sido implementado en algunas industrias. En Laskurain-Iturbe et al. (2021) se realizó una revisión de 85 trabajos relacionados a la implementación de modelos basados en la Industria 4.0, observando que solo el 18% de las iniciativas realmente tomaban en cuenta temas relacionados a la sostenibilidad. En este mismo estudio, también se menciona que en el sector industrial existe una tendencia a minimizar temas de relevancia actual, como la economía circular. En Reiman et al. (2021), se discute sobre la percepción de los trabajadores de ser fácilmente reemplazables debido a la acelerada implantación de la tecnología en el espacio de la Industria. Estas observaciones sugieren que, a pesar de los ideales propuestos en el modelo, en la práctica, aún existe un marcado enfoque por el aumento de los ingresos y la producción en serie, y deja de lado temas como la inversión en capital humano, el aprovechamiento del intelecto humano, y la aplicación de prácticas respetuosas con el medio ambiente (Leng et al., 2022; Maddikunta et al., 2022; Varela, 2023).

Metodología

1. Este artículo busca ampliar la discusión sobre el aporte que está realizando Blockchain para establecer modelos de trabajo que sean sostenibles a largo plazo y que sean compatibles con los ideales que propone la industria 5.0. En este sentido, se ha realizado una revisión bibliográfica sistemática, que permita identificar las propuestas que se están discutiendo en la literatura. Para la ejecución de este trabajo, se busca dar respuesta a: ¿Cómo se pueden aprovechar las características de Blockchain para desarrollar herramientas compatibles con los ideales de la Industria 5.0?, también ¿Cuáles son las oportunidades generadas por Blockchain que permiten aportar a la perspectiva de la Industria 5.0? y

finalmente ¿Qué desafíos deben ser superados por Blockchain para establecerse como una tecnología generalizada en los entornos industriales?

2. En consecuencia, se proponen los objetivos que den respuesta a esos cuestionamientos: identificar y categorizar modelos, servicios y arquitecturas basadas en Blockchain que sean compatibles con los ideales de la industria 5.0; también se busca evaluar las oportunidades generadas por Blockchain para abordar algunos de los desafíos que enfrentan los sectores industrial y comercial; además de analizar los principales desafíos que deben ser superados por Blockchain para convertirse en una tecnología generalizada en el contexto de la industria 5.0

Con el fin de desarrollar un trabajo que ofrezca una revisión formal y rigurosa de la literatura, la metodología utilizada cumple con las siguientes etapas:

1. Selección de criterios de búsqueda. Se establecieron los criterios para la búsqueda y selección de trabajos bibliográficos, que incluyen la calidad, la relevancia y la fecha de publicación del estudio.
2. Proceso de revisión sistemática de bibliográfica. Los estudios que cumplieron con los criterios de selección fueron revisados sistemáticamente para obtener información clave como los detalles de la iniciativa, compatibilidad con los ideales de la industria 5.0, los desafíos identificados y las posibles líneas de investigación futura.
3. Análisis. En esta etapa, la información extraída se analizó de forma cualitativa, en donde se clasificaron los trabajos de acuerdo con el sector económico de aplicación, y los desafíos actuales que abordan a través de herramientas basadas en Blockchain.
4. Finalmente, se realiza la etapa de discusión, en donde se valida el aporte que realiza Blockchain para avanzar hacia una perspectiva industrial sostenible a largo plazo.

Resultados

Avanzando hacia la Industria 5.0 para superar los desafíos actuales

Por lo antes descrito, surge una perspectiva llamada Industria 5.0, que a diferencia de las etapas industriales previas, este modelo propone colocar en el centro al ser humano, y establece un enfoque que busca equilibrar la sostenibilidad con el desarrollo industrial y económico (Leng et al., 2022). La Industria 5.0 busca el desarrollo de entornos productivos colaborativos, que aprovechan la creatividad humana y la precisión de las máquinas, para desarrollar modelos de producción industrial eficientes y sostenibles, utilizando como medio a las tecnologías (Travez Tipan & Villafuerte Garzon, 2023).

Con la Industria 5.0, se busca transformar y optimizar los procesos industriales tradicionales para crear productos, servicios y soluciones que respondan a las necesidades y requerimientos actuales (Travez Tipan & Villafuerte Garzon, 2023). A la vez colocar al ser humano en el enfoque del modelo, retando a la industria a reimaginar los procesos y dogmas tradicionales, estableciéndose como proveedores de prosperidad para la sociedad a través de modelos de trabajo sostenibles y resilientes, que permitan superar los desafíos actuales (García-Contreras & Mendoza-Hernández, 2023).

Los modelos de Industria 4.0 y 5.0 han surgido como propuestas para aprovechar las oportunidades generadas por la aplicación de herramientas y estrategias basadas en tecnologías, con el fin de promover el desarrollo industrial y comercial sostenible, mientras se abordan las urgencias y los desafíos actuales. En general, se acepta que la perspectiva de estos modelos se complementan mutuamente (X. Xu et al., 2021); la industria 4.0 plantea el aprovechamiento de las tecnologías para reducir costos, innovar y optimizar los procesos y el uso de recursos; mientras que la industria

5.0 propone aprovechar el intelecto y la creatividad de las personas (tanto trabajadores de la industria como ciudadanos en su papel de consumidores) encontrando formas creativas e innovadoras de asegurar la resiliencia y la sostenibilidad de los procesos de producción (Leng et al., 2022; Maddikunta et al., 2022).

Las oportunidades habilitadas por Blockchain en el contexto de la Industria

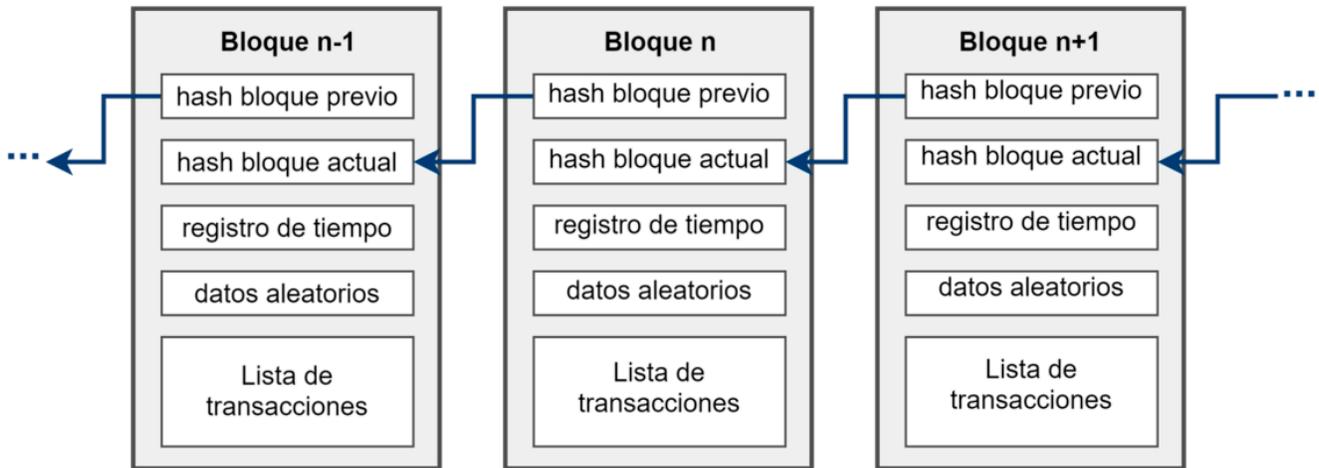
Blockchain ha captado rápidamente la atención de la comunidad internacional por la aparición de las criptomonedas, que desafiaron a las tecnologías financieras tradicionales, al demostrar que es posible crear un activo digital, cuyo valor y validez no depende de un agente central (Nakamoto, 2008). Sin embargo, la aplicabilidad de Blockchain va mucho más allá de las criptomonedas, y para entender mejor como puede aportar al sector industrial, a continuación, se realiza una breve caracterización de esta tecnología.

En palabras simples, Blockchain se puede comparar con una base de datos tradicional, en el sentido que permite el almacenamiento de información, pero aplicando una perspectiva de libro mayor distribuido (DLT), es decir, que registra la información de forma cronológica, descentralizada y sin la necesidad obligatoria de un agente gobernante como sucede con las bases de datos tradicionales (Rajasekaran et al., 2022; Treiblmaier, 2020).

Su naturaleza descentralizada permite detectar fácilmente y de forma automatizada cualquier discrepancia mínima en los datos, esta funcionalidad se logra almacenando en cada nuevo bloque un código único que se genera a partir de la información del bloque anterior, lo que faculta que la información esté protegida contra alteraciones involuntarias o mal intencionadas (Mora et al., 2021; Treiblmaier, 2020; Visvizi et al., 2023). La figura 1 muestra gráficamente el funcionamiento de Blockchain.

Figura 1

Ejemplo gráfico de Blockchain.



El alto grado de seguridad, trazabilidad y confiabilidad en los datos que ofrece Blockchain permite que tenga aplicabilidad en escenarios en donde interactúan múltiples agentes con diferentes intereses; por lo tanto, se requiere una fuente única y confiable de información, por lo que se elimina la necesidad de que exista un agente mediador, reduciendo así las potenciales malas prácticas (Visvizi et al., 2023). Por esta razón, Blockchain se presenta como una tecnología atractiva en la industria ya que permite pensar en modelos de trabajo innovadores que habilitan oportunidades para realizar avances considerables en los desafíos actuales.

Modelos de trabajo innovadores basados en Blockchain

En los últimos años, el sector industrial ha comprendido que es apremiante tomar medidas

para minimizar el impacto de las prácticas industriales y comerciales tradicionales. Como uno de los interesados más influyentes en la sociedad, la industria está adoptando perspectivas como las que propone la Industria 5.0. Llevar este ideal a la práctica no es nada fácil, aún existe mucho camino por recorrer para que un ideal como el que propone la industria 5.0 sea adoptado como un estándar mínimo de desarrollo. A pesar de esto, no es un escenario utópico el que se propone. A continuación, se describen algunas iniciativas actuales y basadas en Blockchain que promueven la participación de las personas en los procesos industriales y comerciales. Como criterio de clasificación de las propuestas se ha utilizado la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de Todas las Actividades Económicas (United Nations, 2008).

Tabla 1

Iniciativas basadas en Blockchain alineadas con la Industria 5.0.

Propuesta	Desafíos que se abordan
Agricultura	
Transparent Path. Empresa emergente que ofrece un servicio de seguimiento transparente y descentralizado de trazabilidad de alimentos desde las granjas hasta las distribuidoras (Xu et al., 2020).	<ul style="list-style-type: none"> - Agricultura sostenible - Participación proactiva de los consumidores
Regen Network. Plataforma que permite que usuarios de todo el mundo puedan patrocinar a pequeños agricultores que promueven prácticas agrícolas sostenibles con el medio ambiente (Howson, 2019).	<ul style="list-style-type: none"> - Agricultura sostenible - Participación proactiva de los consumidores
Industria (Fabricación)	
Cryptocarbon. Proyecto que permite a las industrias responsabilizarse por su huella de carbono generada por los procesos de manufactura (Howson et al., 2019).	<ul style="list-style-type: none"> - Gestión de la huella de carbono
Producción sostenible de madera. Ofrece información segura y transparente para rastrear la procedencia de la madera (Figorilli et al., 2018).	<ul style="list-style-type: none"> - Participación proactiva de los consumidores - Producción sostenible
Industria (Construcción)	
Gestión de contratos de construcción. Permite abordar el problema donde grandes contratistas ejercen dominio a través de condiciones contractuales injustas (Badi et al., 2021).	<ul style="list-style-type: none"> - Participación proactiva de los consumidores - Procesos más eficientes
Construcción fuera del sitio. Permite controlar actividades relacionadas a la "construcción fuera del sitio" (Scott et al., 2021).	<ul style="list-style-type: none"> - Procesos más eficientes - Mejora en la cadena de suministro
Industria (Minería y suministro de agua, energía y fas)	
Brooklyn Microgrid. Mercado que promueve el comercio de energía renovable a nivel comunitario (Freier, 2022).	<ul style="list-style-type: none"> - Participación proactiva de los consumidores - Descarbonización del sector energético
Slave free trade. Plataforma que permite asegurar que productos obtenidos a partir de la minería sean obtenidos sin prácticas libres de explotación y abusos (Thomason, 2021).	<ul style="list-style-type: none"> - Participación proactiva de los consumidores - Mejora en la cadena de suministro
Gestión del agua. Aprovecha múltiples tecnologías para proporcionar datos transparentes y en tiempo real sobre la calidad de los sistemas de gestión del agua (Berglund et al., 2020).	<ul style="list-style-type: none"> - Participación proactiva de los consumidores - Mejora en la cadena de suministro
Servicios (de mercado)	
Walmart. Ha trabajado para mejorar la cadena de suministro de alimentos, con lo que lograron mejoras en sus procesos de distribución (Sharma & Kumar, 2021).	<ul style="list-style-type: none"> - Mejora en la cadena de suministro - Costos - Desperdicio de alimentos
Servicios (Públicos y comunitarios)	
Inclusión económica, conecta a personas de todo el mundo para que puedan apoyar a través de micro préstamos a emprendedores de países en vías de desarrollo (Ammous, 2015).	<ul style="list-style-type: none"> - Acceso a financiamiento - Mitigación de la pobreza
Apoyo financiero. Aborda la dependencia que podrían tener mujeres y niñas en condición de refugio. Una red Blockchain almacena información para que las beneficiarias puedan obtener productos básicos en negocios locales (Thylin & Duarte, 2019).	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de la desigualdad de género - Trazabilidad de la información

Discusión

La revisión de iniciativas presentada en la tabla 1, aborda desafíos como la mejora en la cadena de suministro, la participación proactiva de los consumidores y procesos más eficientes los cuales son comunes en las diversas actividades económicas de los países en los diferentes sectores: agricultura, industria, servicios públicos y comunitarios. Por lo que algunos países se encuentran enfrentando estos desafíos apostando por implementar tecnologías emergentes como Blockchain, debido a sus características que permiten desarrollar modelos de datos confiables, transparentes e inmutables, con lo cual pueden mejorar las conexiones entre todos los actores involucrados en un proceso en específico. La revisión de bibliografía ejecutada en este trabajo ha permitido identificar como los sectores de la industria y el comercio tienen un interés creciente en Blockchain y el potencial que demuestra para el desarrollo de herramientas que permiten realizar avances en los principales desafíos que enfrentan estos sectores actualmente.

Existen además otras tecnologías emergentes que se mencionan a lo largo de este artículo, las cuales tienen el potencial para aportar soluciones innovadoras que permiten realizar avances hacia un modelo industrial que aplica altos niveles de responsabilidad social, prácticas sostenibles, y sobre todo se centra en promover la participación proactiva de las personas, lo que a la vez aporta para avanzar hacia los ideales que propone el modelo de la Industria 5.0.

No obstante, se deben considerar los múltiples retos que conlleva la implementación del modelo de industria 5.0. a los diferentes sectores como gobierno, educación, salud, industria entre otros, ya que este proceso implica la adopción de un nuevo paradigma de desarrollo social y económico, lo cual requiere de la creación de políticas, normas, estándares industriales, seguridad informática para el manejo de los datos.

Además, deben considerarse los desafíos de la tecnología Blockchain en sí misma, que deben ser superados para convertirse en una tecnología implementable y generalizada en el sector. Desafíos como la falta de expertos en esta tecnología, las dificultades que tiene la población para entender su funcionamiento, infraestructuras poco escalables o inadecuadas para la

implementación de soluciones basadas en Blockchain y la incompatibilidad de la tecnología con normativa legal actual; vuelve necesario promover cambios en el marco legal, la educación, el empleo, desarrollar nuevos modelos de negocio, entre otros.

Todos estos cambios se abordarán de manera integral, así como considerar las diferentes características, condiciones y recursos específicos de cada país para asegurar una implementación exitosa de herramientas basadas en Blockchain que permitan avanzar hacia modelos industriales sostenibles a largo plazo.

Conclusiones

En este trabajo, se han revisado los desafíos que la industria 5.0 debe enfrentar para establecer un modelo de trabajo sostenible, al mismo tiempo que satisface la demanda de productos y servicios de la población. Los modelos de la industria 4.0 e industria 5.0 buscan realizar avances en esta línea, y revelan un panorama de evolución constante utilizando como estrategia el aprovechamiento de las ventajas generadas por el desarrollo tecnológico y de tecnologías emergentes. Tal ha sido el impacto positivo que ha generado la perspectiva de la industria 4.0 que algunos autores la han catalogado como la cuarta revolución industrial. A pesar de esto, se han identificado algunas inconsistencias y problemas que limitan los avances, por esta razón, surge el modelo de industria 5.0, que complementa la perspectiva, enfocando los esfuerzos en la apuesta sobre la colaboración entre humanos y máquinas, para aprovechar el ingenio e intelecto humano, convirtiendo al ser humano en el principal beneficiario de los resultados. Este nuevo modelo busca un aumento de productividad, así como promover un equilibrio entre el avance tecnológico y el bienestar humano.

Con esta revisión del estado del arte relacionado a soluciones basadas en Blockchain, tecnología subyacente de la cuarta revolución industrial que a la vez es implementada por sus características principales: descentralización, inmutabilidad y transparencia, lo que permite generar soluciones robustas hacia la transición de modelos industriales sostenibles a largo plazo y que están alineados con los ideales de la industria 5.0.

Además, es necesario recalcar que esta integración de alguna manera redefine los procesos industriales convencionales, por lo que se vuelve necesaria una vigilancia permanente, un enfoque de aprendizaje y una mejora constante que permita a las empresas adaptarse a los cambios tecnológicos.

Como futuras líneas de investigación se propone revisar el aporte que realizan otras tecnologías para avanzar hacia modelos industriales sostenibles basados en los ideales de la industria 5.0.

Referencias bibliográficas

- Ammous, S. (2015). Economics Beyond Financial Intermediation: Digital Currencies' Possibilities for Growth, Poverty Alleviation, and International Development. *Journal of Private Enterprise*, **30**(Fall 2015), 19–50. <https://ideas.repec.org/a/jpe/journal/1196.html>
- Badi, S., Ochieng, E., Nasaj, M., & Papadaki, M. (2021). Technological, organizational and environmental determinants of smart contracts adoption: UK construction sector viewpoint. *Construction Management and Economics*, **39**(1), 36–54. <https://doi.org/10.1080/01446193.2020.1819549>
- Berglund, E., Monroe, J., Ahmed, I., Noghabaei, M., Do, J., Pesantez, J., Khaksar Fasaee, M., Bardaka, E., Han, K., Proestos, G., & Levis, J. (2020). Smart Infrastructure: A Vision for the Role of the Civil Engineering Profession in Smart Cities. *Journal of Infrastructure Systems*, **26**(2). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)IS.1943-555X.0000549](https://doi.org/10.1061/(ASCE)IS.1943-555X.0000549)
- Figorilli, S., Antonucci, F., Costa, C., Pallottino, F., Raso, L., Castiglione, M., Pinci, E., Del Vecchio, D., Colle, G., Proto, A., Sperandio, G., & Menesatti, P. (2018). A Blockchain Implementation Prototype for the Electronic Open Source Traceability of Wood along the Whole Supply Chain. *Sensors*, **18**(9), 3133. <https://doi.org/10.3390/s18093133>
- Freier, A. (2022). Blockchain in the energy sector. An analysis of the Brooklyn case. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3998651>
- García-Contreras, J., & Mendoza-Hernández, L. (2023). El impacto de la Industria y Sociedad 5.0 en la educación. *UNO Sapiens Boletín Científico de La Escuela Preparatoria No. 1*, **5**(10), 15–18. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa1/article/view/10387/9932>
- Ghobakhloo, M. (2020). Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, **252**, 119869. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.119869>
- Howson, P. (2019). Tackling climate change with blockchain. *Nature Climate Change*, **9**(9), 644–645. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0567-9>
- Howson, P., Oakes, S., Baynham-Herd, Z., & Swords, J. (2019). Cryptocarbon: The promises and pitfalls of forest protection on a blockchain. *Geoforum*, **100**, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2019.02.011>
- Laskurain-Iturbe, I., Arana-Landín, G., Landeta-Manzano, B., & Uriarte-Gallastegi, N. (2021). Exploring the influence of Industry 4.0 technologies on the circular economy. *Journal of Cleaner Production*, **321**, 128944. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.128944>
- Leng, J., Sha, W., Wang, B., Zheng, P., Zhuang, C., Liu, Q., Wuest, T., Mourtzis, D., & Wang, L. (2022). Industry 5.0: Prospect and retrospect. *Journal of Manufacturing Systems*, **65**, 279–295. <https://doi.org/10.1016/J.JMSY.2022.09.017>
- Maddikunta, P., Pham, Q., Deepa, N., Dev, K.,

- Gadekallu, T. , Ruby, R., & Liyanage, M. (2022). Industry 5.0: A survey on enabling technologies and potential applications. *Journal of Industrial Information Integration*, *26* <https://doi.org/10.1016/J.JII.2021.100257>
- Mora, H., Mendoza-Tello, J. , Varela-Guzmán, E. , & Szymanski, J. (2021). Blockchain technologies to address smart city and society challenges. *Computers in Human Behavior*, *122*. <https://doi.org/10.1016/J.CHB.2021.106854>
- Müller, J. , Kiel, D., & Voigt, K.-I. (2018). What Drives the Implementation of Industry 4.0? The Role of Opportunities and Challenges in the Context of Sustainability. *Sustainability*, *10*(1). <https://doi.org/10.3390/su10010247>
- Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system*.
- Olsen, T. , & Tomlin, B. (2019). Industry 4.0: Opportunities and Challenges for Operations Management. *Manufacturing & Service Operations Management**22*(1), 113–122. <https://doi.org/10.1287/MSOM.2019.0796>
- Rajasekaran, A. , Azees, M., & Al-Turjman, F. (2022). A comprehensive survey on blockchain technology. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, *52*. <https://doi.org/10.1016/J.SETA.2022.102039>
- Reiman, A., Kaivo-oja, J., Parviainen, E., Takala, E., & Lauraeus, T. (2021). Human factors and ergonomics in manufacturing in the industry 4.0 context – A scoping review. *Technology in Society*, *65*.. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101572>
- Rozo-García, F. (2020). Revisión de las tecnologías presentes en la industria 4.0. *Revista UIS Ingenierías*, *19*(2), 177–191. <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n2-2020019>
- Scott, D., Broyd, T., & Ma, L. (2021). Exploratory literature review of blockchain in the construction industry. *Automation in Construction*, *132*. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103914>
- Sharma, M., & Kumar, P. (2021). *Adoption of Blockchain Technology: A Case Study of Walmart*. IGI Global DOI: 10.4018/978-1-7998-8081-3.ch013
- Thomason, J. (2021). Blockchain for Growth: Applying DLTs to the UN Sustainable Development Goals. In *Disintermediation Economics* (pp. 93–110). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-65781-9_6
- Thylin, T., & Duarte, M. (2019). Leveraging blockchain technology in humanitarian settings – opportunities and risks for women and girls. *Gender & Development*, *27*(2), 317–336. <https://doi.org/10.1080/13552074.2019.1627778>
- Travez , A. , & Villafuerte , C. (2023). Industria 5.0, revisión del pasado y futuro de la producción y la industria. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *7*(1), 1059–1070. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4457
- Treiblmaier, H. (2020). *Toward More Rigorous Blockchain Research: Recommendations for Writing Blockchain Case Studies*. 1–31. https://doi.org/10.1007/978-3-030-44337-5_1
- United Nations. (2008). International standard industrial classification of all economic activities (ISIC). *Statistical Papers, Series M, N°4 (4)*, 13-40. https://unstats.un.org/unsd/publication/seriesm/seriesm_4rev4e.pdf
- Varela, E. (2023). *Modelos de gestión impulsados*

por la tecnología para el desarrollo de sociedades inteligentes. [Tesis doctoral, Universidad de Alicante] Repositorio Institucional de la Universidad de Alicante. <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/138287>

Visvizi, A., Mora, H., & Varela-Guzman, E. (2023). The case of rWallet: A blockchain-based tool to navigate some challenges related to irregular migration. *Computers in Human Behavior*, **139**, 107548. <https://doi.org/10.1016/J.CHB.2022.107548>

Xu, J., Guo, S., Xie, D., & Yan, Y. (2020). Blockchain: A new safeguard for agri-foods. *Artificial Intelligence in Agriculture*, **4**, 153–161. <https://doi.org/10.1016/J.AIIA.2020.08.002>

Xu, X., Lu, Y., Vogel-Heuser, B., & Wang, L. (2021). Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception. *Journal of Manufacturing Systems*, **61**, 530–535. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.10.006>