

La Industria 4.0: Tendencias, barreras y retos en la cuarta revolución industrial

Industry 4.0: Trends, barriers, and challenges in the fourth industrial revolution

Recibido: 15 de enero de 2024

Aprobado: 26 de mayo de 2024

publicación: 1 de septiembre 2024

Forma de citar: J. C. Gutiérrez Medina, A. Martínez, and P. Alzate, "La Industria 4.0: Tendencias, barreras y retos en la cuarta revolución industrial", Mundo Fesc, vol. 14, no. 30, pp 439- 448 sep. 2024, doi: 10.61799/2216-0388.1448.

Juan Camilo Gutiérrez-Medina



Universidad Católica Luis Amigó,

juan.gutierrezed@amigo.edu.co,

<https://orcid.org/0000-0002-3977-3698>,

https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0002024441

Arturo Martínez



Universidad Juárez Autónoma de Tabasco,

arturo.martinez@ujat.mx,

<https://orcid.org/0000-0001-5249-5824>

Paola Marcela Alzate-Montoya



Universidad Católica Luis Amigó,

paola.alzateon@amigo.edu.co,

<https://orcid.org/0000-0001-5406-3355>,

https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000116945

***Autor para correspondencia:**

juan.gutierrezed@amigo.edu.co



La Industria 4.0: Tendencias, barreras y retos en la cuarta revolución industrial

Resumen

Las empresas buscan complacer factores clave como la productividad, la innovación y la satisfacción del cliente. Esta investigación tiene como objetivo proporcionar información sobre las tendencias emergentes en el campo de la Industria 4.0, con especial enfoque en el sector industrial. Por lo tanto, se ha reconocido la necesidad de adoptar procesos de la Industria 4.0, los cuales implican la implementación de tecnologías que mejoren la cadena de suministro y permitan una gestión más rápida y eficiente, así como una mayor automatización. Se realizó una revisión documental utilizando la plataforma ScienceDirect para explorar la producción académica de la Industria 4.0 en los últimos cinco años. Los resultados revelaron que, dado que es un sistema relativamente nuevo, aún existen diversos desafíos y barreras, como la integración de la sostenibilidad en los procesos de la Industria 4.0.

Palabras clave: Industria 4.0; Sostenibilidad; Automatización.

Industry 4.0: Trends, barriers, and challenges in the fourth industrial revolution

Abstract

In the present study, the objective is to provide insights into emerging trends in the field of Industry 4.0, with a particular focus on the industrial sector. Technology serves as a facilitative tool for various processes across different domains. Consequently, companies in the industrial sector are compelled to address factors such as productivity, innovation, and customer satisfaction. Hence, the adoption of Industry 4.0 processes becomes necessary. These processes involve the utilization of technologies that contribute to efficient supply chain management, aiming to enhance speed and automation. A documentary review of Industry 4.0 was conducted, employing a methodology based on data retrieval from the ScienceDirect platform, focusing on academic publications from the past five years. The findings highlight that, as a relatively new system, Industry 4.0 continues to face challenges and barriers, including the integration of sustainability principles into its processes.

Keywords: Industry 4.0; Sustainability; Automation.

Introducción

La industria 4.0 surge a raíz de un proyecto impulsado por el gobierno alemán con el propósito de fomentar la fabricación computarizada, también conocida como la cuarta revolución industrial [1]. A pesar de los debates suscitados en los últimos años, este proceso ha contribuido al avance de las industrias a nivel mundial [2]. La digitalización de los procesos de la cadena de suministro se ha convertido en una necesidad imperante para la industria [3].

La industria 4.0 emplea tecnologías digitales con el fin de satisfacer criterios como la personalización de productos, ciclos de vida más cortos y la competencia global, además de hacer frente a la necesidad de sostenibilidad [4]. Estos procesos se llevan a cabo mediante el Internet de las Cosas, Internet Industrial, fabricación inteligente, fabricación basada en la nube y robótica [5]. Se espera que todas estas tecnologías contribuyan a la optimización de los procesos de la cadena de suministro, logrando así mayor rapidez y eficiencia [6].

La adopción de la cuarta revolución industrial se ha ido extendiendo también a las pequeñas y medianas empresas, y muchos países han implementado el modelo de la industria 4.0 [7]. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es analizar la producción bibliográfica actual para identificar las nuevas tendencias en la industria 4.0, dado que es un modelo en desarrollo. De esta manera, se busca proporcionar información sobre las tendencias emergentes para que los lectores interesados en implementar este modelo puedan comprender las posibles barreras y desafíos a enfrentar.

Antecedentes

La Industria 4.0 es un término utilizado para satisfacer la creciente demanda de las empresas que buscan mejorar su fabricación productiva mediante la implementación de procesos automatizados e instrumentos organizativos que contribuyen al rendimiento empresarial [8]. Esta metodología ha generado un gran interés entre los profesionales debido a su capacidad para proporcionar un aporte significativo a la sostenibilidad empresarial a través de la intervención digital. La digitalización desempeña un papel fundamental en el impulso del desarrollo de actividades logísticas conectadas, rastreables y resistentes, con el objetivo de satisfacer los requisitos de los clientes [9].

El Internet de las Cosas (IoT) es la base fundamental de los procesos de la Industria 4.0, ya que permite la unificación de diferentes procesos para crear intersecciones y redes informáticas que optimicen dichos procesos [7]. La implementación de procesos de automatización y robótica requiere una gestión de datos que se logra a través del Big Data y el análisis de datos mediante la Inteligencia Artificial (IA) [8]. En este sentido, el Big Data se considera el “alimento” de la Industria 4.0, ya que la información proporcionada constantemente permite un análisis más profundo y una visión más precisa de los procesos, lo que a su vez mejora el rendimiento de dichos procesos. La IA y el Big Data van de la mano, permitiendo que la información se convierta en un proceso de aprendizaje automático que se aplica posteriormente en los procesos industriales.

El uso de software especializado, como el MES (Sistema de Ejecución de Fabricación), ERP (Planificación de Recursos Empresariales) y WMS (Sistema de Gestión de Almacenes), entre

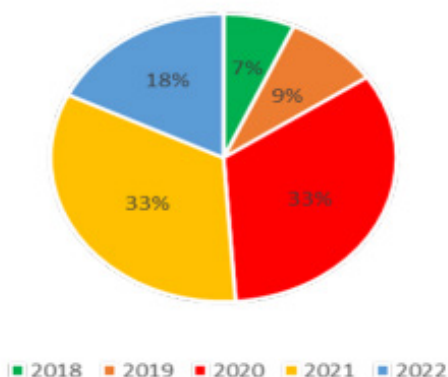
otros, desempeña un papel importante en la Industria 4.0. Estos programas permiten realizar un seguimiento de los productos a lo largo de los flujos de los procesos y recopilar datos valiosos para el sistema de información [8]. Además, los avances en robótica son fundamentales para la Industria 4.0, ya que estos dispositivos pueden llevar a cabo tareas que son difíciles para los seres humanos, de manera más rápida y eficiente. Los robots se programan para realizar actividades basándose en la interpretación de información realizada por la IA [7].

En su investigación, [8] presenta dos escenarios en el ámbito de la Industria 4.0: transporte de componentes y almacenamiento. En el primero, se proponen herramientas como DMAIC (Definir, Medir, Analizar, Innovar y Controlar) y Milk Run para complementar la productividad en la fabricación. Se destaca que las personas tienden a ser menos cuidadosas al repetir una misma actividad, lo que puede resultar en retrasos, accidentes, peligros, olvidos y accidentes laborales. En el segundo escenario, se recomienda el uso de transelevadores, dispositivos programados para el almacenamiento vertical y que funcionan de manera autónoma. Sin embargo, es necesario contar con instalaciones adecuadas para su adaptación. Estos transelevadores también ofrecen funciones de manejo de stock, donde se almacena información sobre los productos en inventario y los que se están moviendo, lo que permite un seguimiento en tiempo real del consumo de materias primas. Estos escenarios se presentan con el propósito de demostrar el gran impacto que los procesos automatizados pueden tener en la industria.

Metodología

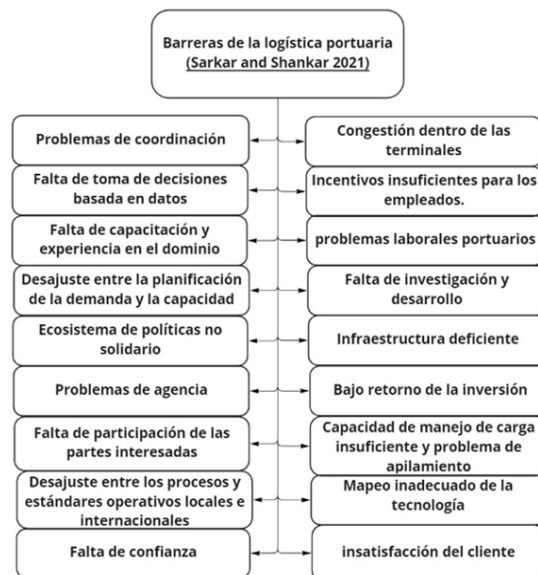
En esta investigación, se implementó una metodología de investigación documental para examinar la industria 4.0 en México. La búsqueda de información se llevó a cabo utilizando la ecuación de búsqueda “Logistic 4.0 OR Industry 4.0 AND México” en la plataforma de base de datos SienceDirect, reconocida por su prestigio y fiabilidad. Se obtuvieron inicialmente 105,756 resultados de artículos relacionados. Para centrarse en la producción más reciente y actualizada, se aplicó un filtro que abarcaba estudios desde 2018 hasta 2022, y se requería que el título de la obra incluyera las palabras “industria 4.0” o “logística 4.0”. Con estas condiciones, se seleccionaron 44 artículos científicos, que se descargan en formato de cita a texto y se organizaron en una hoja de cálculo de Excel. En el análisis, se observó que el 18% de los artículos eran del año 2022, mientras que el 33% pertenecían al período de 2020 a 2021. Además, el 9% de los artículos datan del año 2019 y solo el 7% correspondía al año 2018. Estos hallazgos se presentan de manera gráfica en la Figura 1.

Artículos utilizados



Resultados

En el contexto actual, la rapidez, resiliencia y confiabilidad de los procesos en la cadena de suministro son de gran importancia tanto en el mundo digitalizado como en el ámbito industrial [10]. La adopción de tecnologías digitales y el intercambio de datos han sido fundamentales en la Industria 4.0, sin embargo, aún se desconoce cómo las industrias buscan impulsar la transparencia de sus cadenas de suministro para evaluar su sostenibilidad [11]. Se espera que haya una mayor colaboración entre empresas compradoras y proveedores de la cadena de suministro, incluyendo aspectos de sostenibilidad, para facilitar el intercambio de información y la cooperación [12]. El análisis de la sostenibilidad en la Industria 4.0 se ve influenciado por factores económicos y sociales, lo que destaca la importancia de evaluar los criterios de calidad de servicio en la logística 4.0 (L4.OSQ) a través de métricas y habilitadores de sostenibilidad [13]. La implementación del desarrollo industrial sostenible a largo plazo debe ser considerada con la participación de las partes interesadas, buscando un equilibrio entre el crecimiento económico y el bienestar social y ambiental regional [14]. La logística basada en recursos de la Industria 4.0 impulsa la sostenibilidad en la gestión de operaciones comerciales al utilizar recursos como el Internet de las Cosas (IoT) para el desarrollo de capacidades de procesamiento de datos y la reducción de desperdicios en la cadena de suministro [15]. La transformación digital de la industria presenta desafíos en cuanto a presentación de informes, transparencia y seguridad de los datos, requiriendo una infraestructura sólida para garantizar la protección de la información [16]. Asimismo, la internacionalización de empresas se enfrenta a barreras legales, políticas, económicas, gubernamentales y socioculturales, junto con la escasez de recursos organizativos, humanos y financieros [17]. En cuanto a la adopción de la Industria 4.0, las barreras identificadas incluyen la falta de expertos en la materia, falta de comprensión de los conceptos, insuficientes programas de capacitación y políticas de apoyo gubernamentales [18]. En el ámbito de la logística portuaria, que se desarrolla a través del transporte marítimo en el 80% del comercio internacional, se han identificado diversas barreras operativas en la adopción de la Industria 4.0. El autor destaca dieciocho barreras utilizando el método de telecomunicaciones, información, estudios y medios (TISM) como se presenta en la figura 3 [19].



- Problemas de coordinación: Se debe tener una coordinación correcta entre los operadores y los coordinadores portuarios
- Congestión dentro de las terminales: La congestión genera un incremento en los tiempos logísticos y por ende aumenta los costos
- Falta de toma de decisiones basada en datos: Las navieras tienen gran cantidad de datos que pueden utilizar para optimizar los procesos generales
- Incentivos insuficientes para los empleados: Los incentivos para los trabajadores pueden evitar problemas como aumento de tiempo, corrupción, inseguridad entre otros
- Falta de capacitación y experiencia en el dominio: Se debe tener una capacitación adecuada para que los colaboradores puedan implementar las tecnologías de forma eficiente
- Problemas laborales portuarios: Las huelgas por parte de los trabajadores portuarios puede ocasionar retrasos en los procesos logísticos
- Desajuste entre la planificación de la demanda y la capacidad: La crisis de los contenedores es un problema que se debe abarcar desde las tecnologías avanzadas con el transporte y almacenamiento adecuado
- Falta de investigación y desarrollo: Se debe de utilizar la I+D para implementar la industria 4.0 conjunto con medidas medioambientales
- Ecosistema de políticas no solidario: Países como India tienen políticas restrictivas sobre la navegación de embarcaciones extranjeras.
- Infraestructura deficiente: Existen terminales que no cuentan con la infraestructura suficiente para implementar tecnologías de la industria 4.0 que ayuden disminuir el manejo manual
- Problemas de agencia: Es necesario contar con regulaciones estrictas referente a tráfico, tráfico de personas, crimen organizado, etc.
- Bajo retorno de la inversión: Invertir en la industria 4.0 para obtener ganancias, por eso se debe incrementar el retorno de la inversión
- Falta de participación de las partes interesadas: Se debe tener una armonía entre todos los autores que intervengan en los procesos para tener una buena planificación y ejecución de las operaciones
- Capacidad de manejo de carga insuficiente y problema de apilamiento: Se debe elegir la ubicación de almacenaje óptima para disminuir tiempos totales de carga
- Desajuste entre los procesos y estándares operativos locales e internacionales: La no estandarización de los puertos genera una inoperancia y poca eficiencia en las operaciones
- Mapeo inadecuado de la tecnología: EL QCAP, BAP y QCSP son problemas que se ocasionan por un mapeo inadecuado, lo que genera disminución en la calidad y aumenta los tiempos.
- Falta de confianza: Las buenas relaciones entre los individuos que participan son cruciales en factores como el reparto de utilidades, la experiencia y la transparencia
- Insatisfacción del cliente: Esto se genera por diferentes factores como el envío previo, el despacho de aduanas, la inseguridad, el robo, etc.

Estas barreras son las que tienen que tratar de combatir los agentes para un mejor proceso logístico adaptado a la industria 4.0, para lograr la optimización de procesos, disminuir el tiempo de estos y evitar diversos inconvenientes que se generan en todo el proceso logístico.

Discusión

Los resultados de la investigación señalan la importancia de considerar los aspectos de sos-

tenibilidad en la implementación de la Industria 4.0, buscando un equilibrio entre los aspectos económicos, ambientales y sociales [14]. Desde el punto de vista económico, es crucial articular la digitalización con la sostenibilidad para evitar efectos negativos en los niveles microeconómicos y macroeconómicos [11]. En términos ambientales, se destaca la necesidad de gestionar adecuadamente los residuos y adoptar prácticas de refabricación y fabricación ecológica para lograr una mayor sustentabilidad en los procesos industriales [20]. En el ámbito social, la Industria 4.0 puede impulsar la rapidez, resiliencia y confiabilidad de los procesos, contribuyendo así a la globalización y satisfaciendo los requisitos de los clientes [10], [19]. No obstante, la literatura identifica diversas barreras que dificultan la implementación exitosa de la Industria 4.0. Una de ellas está relacionada con la infraestructura necesaria para respaldar la digitalización, como sistemas de seguridad, recolección y monitoreo de datos en la cadena de suministro [16]. Asimismo, los desafíos políticos, socioculturales, gubernamentales y cambiarios pueden obstaculizar la internacionalización de las empresas [17]. La falta de capacitación adecuada en el área también es un factor importante, ya que puede afectar la comprensión de los procesos y disminuir la productividad [19], [21]. Es fundamental abordar estas barreras para aprovechar plenamente los beneficios de la Industria 4.0 en la cadena de suministro.

Una implementación exitosa de esta revolución industrial podría mejorar significativamente la optimización, velocidad y calidad en la cadena de suministro, beneficiando a todos los actores involucrados y contribuyendo positivamente al desarrollo económico y la globalización. Para lograr esto, se requiere un enfoque integral que fomente la colaboración entre los diversos actores, la formación adecuada del personal y la adopción de tecnologías y prácticas sostenibles que impulsen la eficiencia y la competitividad en la cadena logística. Al superar estas barreras y avanzar hacia una logística 4.0 más efectiva, las empresas podrán enfrentar con éxito los retos del mundo digitalizado y avanzar hacia un futuro más sostenible y próspero.

Conclusiones

La Industria 4.0 ha sido considerada como una cuarta revolución industrial debido a su capacidad para impulsar avances en las operaciones de la cadena de suministro. Esto se logra a través de la integración de diversas tecnologías que permiten la conexión de datos y la automatización de procesos, mejorando así la productividad y la eficiencia de la cadena de suministro.

Esta revolución industrial impulsa la rapidez, el rendimiento y la satisfacción en los procesos logísticos [8]. El objetivo de este artículo consistía en presentar las tendencias actuales de la Industria 4.0, y se puede concluir que dicho objetivo se cumplió de manera adecuada al ilustrar la información en línea con la literatura existente. Asimismo, se destaca la importancia de que los procesos de la Industria 4.0 incorporen prácticas de sostenibilidad, ya que este tema ha cobrado relevancia en los últimos años. Para lograrlo, las empresas deben considerar aspectos sociales, ambientales y económicos en sus estrategias [14]. Es crucial abordar las barreras que puedan obstaculizar la implementación exitosa de la Industria 4.0 en la cadena de suministro.

Entre estas barreras se encuentra la necesidad de infraestructura adecuada para implementar este sistema, así como la capacitación adecuada del personal para manejar las tecnologías involucradas [11], [19]. Superar estos desafíos permitirá que los procesos automatizados de la Industria 4.0 se desarrollen de manera óptima y eficiente.

Como futuras líneas de investigación, se sugiere un mayor enfoque en el impacto específico

de la Industria 4.0 en cada componente de la cadena de suministro, incluyendo el aprovisionamiento, almacenamiento, transporte y distribución. Un análisis detallado de cómo estas áreas se ven afectadas por la adopción de la Industria 4.0 proporciona una visión más completa y detallada de los beneficios y desafíos asociados con esta revolución industrial en el ámbito logístico.

Referencias

- [1] C. S. Tang and L. P. Veelenturf, "The strategic role of logistics in the industry 4.0 era," *Transp. Res. Part E: Logist. Trans. Rev.*, vol. 129, pp. 1–11, Sep. 2019, doi: 10.1016/j.tre.2019.06.004.
- [2] N. K. Dev, R. Shankar, and F. H. Qaiser, "Industry 4.0 and circular economy: Operational excellence for sustainable reverse supply chain performance," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 153, p. 104583, Feb. 2020, doi: 10.1016/j.resconrec.2019.104583.
- [3] S. Vaidya, P. Ambad, and S. Bhosle, "Industry 4.0 – A glimpse," *Procedia Manuf.*, vol. 20, pp. 233–238, Jan. 2018, doi: 10.1016/j.promfg.2018.02.034.
- [4] S. Winkelhaus and E. H. Grosse, "Logistics 4.0: a systematic review towards a new logistics system," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 58, no. 1, pp. 18–43, Jan. 2020, doi: 10.1080/00207543.2019.1612964.
- [5] S. Vaidya, P. Ambad, and S. Bhosle, "Industry 4.0--a glimpse," *Procedia manufacturing*, vol. 20, pp. 233–238, 2018, [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978918300672>
- [6] S. Kunkel, M. Matthes, B. Xue, and G. Beier, "Industry 4.0 in sustainable supply chain collaboration: Insights from an interview study with international buying firms and Chinese suppliers in the electronics industry," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 182, p. 106274, Jul. 2022, doi: 10.1016/j.resconrec.2022.106274.
- [7] M. Janmajaya, A. K. Shukla, P. K. Muhuri, and A. Abraham, "Industry 4.0: Latent Dirichlet Allocation and clustering based theme identification of bibliography," *Eng. Appl. Artif. Intell.*, vol. 103, p. 104280, Aug. 2021, doi: 10.1016/j.engappai.2021.104280.
- [8] P.-E. Dossou, P. Torregrossa, and T. Martínez, "Industry 4.0 concepts and lean manufacturing implementation for optimizing a company logistics flows," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 200, pp. 358–367, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.procs.2022.01.234.
- [9] S. Parhi, K. Joshi, A. Gunasekaran, and K. Sethuraman, "Reflecting on an empirical study of the digitalization initiatives for sustainability on logistics: The concept of sustainable logistics 4.0," *Cleaner Logistics and Supply Chain*, vol. 4, p. 100058, Jul. 2022, doi: 10.1016/j.clscn.2022.100058.
- [10] H. García-Reyes, J. Avilés-González, and S. V. Avilés-Sacoto, "A Model to Become a Supply Chain 4.0 Based on a Digital Maturity Perspective," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 200, pp. 1058–1067, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.procs.2022.01.305.

- [11] M. Matthess, S. Kunkel, B. Xue, and G. Beier, "Supplier sustainability assessment in the age of Industry 4.0 – Insights from the electronics industry," *Cleaner Logistics and Supply Chain*, vol. 4, no. 100038, p. 100038, Jul. 2022, doi: 10.1016/j.clscn.2022.100038.
- [12] G. Beier *et al.*, "Impact of Industry 4.0 on corporate environmental sustainability: Comparing practitioners' perceptions from China, Brazil and Germany," *Sustain. Prod. Consum.*, vol. 31, pp. 287–300, May 2022, doi: 10.1016/j.spc.2022.02.017.
- [13] H. Balouei Jamkhaneh, R. Shahin, and G. L. Tortorella, "Analysis of Logistics 4.0 service quality and its sustainability enabler scenarios in emerging economy," *Cleaner Logistics and Supply Chain*, vol. 4, p. 100053, Jul. 2022, doi: 10.1016/j.clscn.2022.100053.
- [14] L. M. Villar, E. Oliva-Lopez, O. Luis-Pineda, A. Benešová, J. Tupa, and J. A. Garza-Reyes, "Fostering economic growth, social inclusion & sustainability in Industry 4.0: a systemic approach," *Procedia Manufacturing*, vol. 51, pp. 1755–1762, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.promfg.2020.10.244.
- [15] S. Bag, S. Gupta, and Z. Luo, "Examining the role of logistics 4.0 enabled dynamic capabilities on firm performance," *The International Journal of Logistics Management*, vol. 31, no. 3, pp. 607–628, Jan. 2020, doi: 10.1108/IJLM-11-2019-0311.
- [16] A. Aoun, A. Ilinca, M. Ghandour, and H. Ibrahim, "A review of Industry 4.0 characteristics and challenges, with potential improvements using blockchain technology," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 162, p. 107746, Dec. 2021, doi: 10.1016/j.cie.2021.107746.
- [17] F. L. Oliva *et al.*, "Risks and critical success factors in the internationalization of born global startups of industry 4.0: A social, environmental, economic, and institutional analysis," *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 175, p. 121346, Feb. 2022, doi: 10.1016/j.techfore.2021.121346.
- [18] M. Pourmehdi, M. M. Paydar, P. Ghadimi, and A. H. Azadnia, "Analysis and evaluation of challenges in the integration of Industry 4.0 and sustainable steel reverse logistics network," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 163, p. 107808, Jan. 2022, doi: 10.1016/j.cie.2021.107808.
- [19] B. D. Sarkar and R. Shankar, "Understanding the barriers of port logistics for effective operation in the Industry 4.0 era: Data-driven decision making," *International Journal of Information Management Data Insights*, vol. 1, no. 2, p. 100031, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.jjime.2021.100031.
- [20] S. Bag, L. C. Wood, L. Xu, P. Dhamija, and Y. Kayikci, "Big data analytics as an operational excellence approach to enhance sustainable supply chain performance," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 153, p. 104559, Feb. 2020, doi: 10.1016/j.resconrec.2019.104559.
- [21] M. E. Ramos, J. Garza-Rodríguez, and D. E. Gibaja-Romero, "Automation of employment in the presence of industry 4.0: The case of Mexico," *Technol. Soc.*, vol. 68, no. 101837, p. 101837, Feb. 2022, doi: 10.1016/j.techsoc.2021.101837.