



IMPACTO DE LA AUTOMATIZACIÓN Y LA INDUSTRIA 4.0, IMPLICACIONES SOCIECONÓMICAS: CASO ECUADOR

THE IMPACT OF AUTOMATION AND INDUSTRY 4.0, SOCIOECONOMIC IMPLICATIONS: THE CASE OF ECUADOR

William David Jácome Lagla¹

Investigador Independiente

william_mh@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-4868-4240>

Cristian Sebastian Tenelanda Santillan

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; Riobamba - Ecuador.

cristian.tenelanda@esPOCH.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0000-6025-6671>

Fecha de recepción: 25-02-2025

Fecha de aceptación: 12-03-2025

Fecha de publicación: 15-03-2025

RESUMEN

La emergencia y rápida expansión de la Industria 4.0, caracterizada por la integración de tecnologías disruptivas como el Internet de las Cosas, ha transformado de manera significativa el panorama de la manufactura a nivel global. El problema de investigación se radica en la trascendencia de estos cambios paradigmáticos, ya que, la presente investigación se enfoca en analizar de manera exhaustiva los factores que inciden en la implementación exitosa de la Industria 4.0 en el contexto ecuatoriano, con el propósito de identificar tanto las oportunidades como los retos que este proceso transformador plantea a nivel socioeconómico. El objetivo del estudio tiene como finalidad examinar de forma integral el impacto de la automatización y la Industria 4.0 en la realidad socioeconómica del Ecuador. Este método utiliza un enfoque cualitativo para encontrar respuestas. Esta es una revisión sistemática de la literatura científica relevante. Incluye entrevistas semiestructuradas con líderes empresariales de una variedad de industrias. Obtenga una comprensión más profunda de las perspectivas y los impactos de estos cambios tecnológicos en su organización. La Industria 4.0 está transformando el mercado laboral ecuatoriano, reemplazando empleos tradicionales y creando nuevas oportunidades. Si bien esto ha aumentado la eficiencia y la competitividad de las empresas, los beneficios se han sentido principalmente en los sectores más favorecidos, lo que ha provocado un aumento de las desigualdades socioeconómicas. Ecuador aún enfrenta desafíos estructurales en su implementación, como la falta de apoyo gubernamental, capacitación profesional y un marco regulatorio sólido. Para aprovechar



plenamente los beneficios transformadores de esta revolución industrial, se requiere un abordaje integral y sistémico que permita una transición exitosa, sostenible y equitativa, en la que todos los sectores y grupos sociales puedan verse favorecidos y participen de estos cambios disruptivos.

Palabras clave

Industria 4.0, Ecuador, tecnología, desigualdades

ABSTRACT

The emergence and rapid expansion of Industry 4.0, characterized by the integration of disruptive technologies such as the Internet of Things, has significantly transformed the global manufacturing landscape. The research question lies in the significance of these paradigmatic shifts. This study focuses on a comprehensive analysis of the factors that influence the successful implementation of Industry 4.0 in the Ecuadorian context, with the purpose of identifying both the opportunities and challenges that this transformative process poses at the socioeconomic level. The objective of this study is to comprehensively examine the impact of automation and Industry 4.0 on the socioeconomic reality of Ecuador. This method uses a qualitative approach to find answers. This is a systematic review of the relevant scientific literature. It includes semi-structured interviews with business leaders from a variety of industries. Gain a deeper understanding of the prospects and impacts of these technological changes on your organization. Industry 4.0 is transforming the Ecuadorian labor market, replacing traditional jobs and creating new opportunities. While this has increased the efficiency and competitiveness of businesses, the benefits have been felt primarily in the most favored sectors, leading to an increase in socioeconomic inequalities. Ecuador still faces structural challenges in its implementation, such as a lack of government support, professional training, and a solid regulatory framework. To fully harness the transformative benefits of this industrial revolution, a comprehensive and systemic approach is required to enable a successful, sustainable, and equitable transition, in which all sectors and social groups can benefit from and participate in these disruptive changes.

Keywords

Eating disorders, adolescents, disorders, environment, university students

INTRODUCCIÓN

El concepto de Industria 4.0 fue el foco de la Hannover Messe 2011, que lanzó nuevas iniciativas destinadas a transformar el sector manufacturero alemán. Bajo el tema "Tecnologías innovadoras", se publicó un informe conjunto para 2013 de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) y el Instituto de Investigación sobre Productividad de la Universidad de Cambridge. Afirma que el futuro de la fabricación mundial requiere una serie de avances urgentes(1).

Así, la evolución histórica del desarrollo industrial ha propiciado el surgimiento de la Industria 4.0, que se describe como una nueva era centrada en la integración de sistemas



digitales (2), (3). Estas relaciones sinérgicas, combinadas con la introducción de nuevas tecnologías, no sólo conducirán a cambios en los procesos de negocio, sino que también incluirán la calidad de los productos y servicios. Esto dará lugar a un nuevo enfoque, “Calidad 4.0” (Q4.0), en el que la garantía de calidad se integrará con el control de calidad (2).

El término “Industria 4.0” está circulando en muchas industrias. De la ciencia a los negocios y las comunicaciones Y esto se aplica a los cambios tecnológicos relacionados con tecnologías básicas como la inteligencia artificial y la globalización. Este estudio confirma que el continuo desarrollo de las tecnologías de la información y la comunicación ha generado interés en la Industria 4.0, que tiene potencial y nuevas oportunidades (4) . El impacto tangible de estas nuevas tecnologías en el sector manufacturero sigue siendo tema de debate y análisis. Esto es especialmente cierto dada la desigualdad en la producción en todo el mundo (3) . Si bien muchas empresas han implementado procesos para transformar sus operaciones y procedimientos, para asegurar la sostenibilidad a largo plazo utilizando enfoques Lean e Industria 4.0 (I4.0), muy pocos estudios han analizado los factores que influyen en el desempeño colaborativo4(Lean) (5).

Además, desde una perspectiva de conocimiento y servicio, se ha encontrado que la integración de sistemas de la Industria 4.0 en las organizaciones puede mejorar el impacto de las prácticas de gestión del conocimiento en el desempeño de la innovación (6). Al considerarlos en conjunto, se puede ver que la Cuarta Revolución Industrial se está desarrollando rápidamente y generando un crecimiento sostenible en términos de cambio tecnológico e impacto social (7) , (8) . Sin embargo, con este desarrollo, las discusiones sobre la tecnología también se han intensificado. En particular en los países industrializados impulsados por la tecnología, también destacan la necesidad de reformas en las políticas de propiedad intelectual para promover el crecimiento económico y el desarrollo en la nueva era tecnológica. Utilizando la retórica de superpotencias como China y Estados Unidos(9), (10).

Mientras tanto, el desarrollo de la Industria 4.0 en Ecuador es un serio desafío. Para lograr este objetivo de desarrollo es necesaria una evaluación integral y completa de las oportunidades y desafíos del Ecuador. Esto incluye las consecuencias sociales de explotar estas oportunidades y desafíos. Por tanto, el objetivo de este estudio es realizar un análisis profundo de los factores que influyen en el éxito de la Industria 4.0 en Ecuador y resaltar las oportunidades y desafíos de este proceso de transformación en un entorno en constante cambio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Método de Investigación

Este estudio está estructurado según una metodología cualitativa. Este enfoque es fundamental ya que permite una comprensión integral y diversa de los impactos económicos y sociales de la automatización y la Industria 4.0 en el contexto específico del Ecuador. Al integrar este método Nuestro objetivo es obtener una comprensión más profunda de las percepciones, experiencias y opiniones de los diferentes participantes. En



proceso de transformación industrial.

Población y Muestra

El tamaño de la muestra de este estudio se basó en la disponibilidad de estudios relevantes en bases de datos internacionales. Estas incluyen bases de datos autorizadas como Scopus, Internet of Science, PubMed, ScienceDirect, Google Scholar y bases de datos universitarias.

Se utilizó palabras clave derivadas de investigaciones sobre pequeñas y medianas empresas que operan en diferentes regiones del Ecuador, se identificará y seleccionará estudios relevantes. En términos de datos cualitativos, se realizará una entrevista semiestructurada al gerente de la empresa. Esto proporciona una valiosa visión de sus percepciones. y el impacto de la Industria 4.0 en las operaciones de Procesos de Negocio y sus procesos de negocio.

Criterios de Inclusión y Exclusión

Los criterios de selección de la literatura examinada fueron: Un estudio sobre el impacto de la Industria 4.0 y la automatización en el contexto ecuatoriano. Estos incluyen estudios que proporcionan análisis empíricos o teóricos. Este riguroso proceso de selección garantizó la calidad y relevancia de la literatura examinada. Esto es importante para la validez de los resultados de la investigación.

Entorno

El estudio se realizó en diferentes localidades del Ecuador. Las empresas seleccionadas para el estudio representan un amplio abanico de sectores, como manufactura, servicios y tecnología, lo que permite un análisis comparativo del impacto de la Industria 4.0 en contextos diferentes y diversos. Esta diversidad geográfica y sectorial proporciona una base amplia y variada para estudiar la dinámica económica y social que aquí ocurre. Esto nos ayudará a comprender cómo cada sector está resolviendo problemas y aprovechando oportunidades de automatización.

Mediciones

Para la recolección de datos se realizó una revisión bibliográfica exhaustiva para asegurar la robustez y precisión de la información obtenida. Varias revisiones de investigación han evaluado el impacto de la Industria 4.0 en el desempeño de las PYME y su relación con la productividad y la eficacia organizacional.

Análisis Obtenidos

Este enfoque analítico nos permite identificar patrones y tendencias en cómo los gerentes perciben la Industria 4.0 y proporciona una imagen más completa de su impacto en la organización de la industria. Esto contribuirá así a fortalecer la competitividad y sostenibilidad de las PYME en un entorno empresarial en constante cambio. Asegurarse de que estas empresas estén preparadas para adaptarse y crecer en un mundo cada vez más digital.

RESULTADOS

La irrupción y auge vertiginoso de la automatización y los avances disruptivos de la Industria 4.0 han generado profundas y aceleradas transformaciones de gran calado y extensión a nivel socioeconómico en el contexto ecuatoriano. Estos cambios paradigmáticos plantean tanto oportunidades prometedoras como desafíos apremiantes que deben ser analizados y abordados cuidadosamente por los diversos actores e instancias involucrados en el proceso de transición y reconfiguración.

En lo referente al impacto en el mercado laboral, la creciente automatización y robotización de tareas y procesos productivos ha conllevado a la sustitución y desplazamiento de numerosos puestos de trabajo tradicionales, principalmente aquellos de carácter rutinario y manual, en distintos sectores estratégicos de la economía nacional (11). No obstante, paralelamente se han generado nuevas y emergentes oportunidades de empleo relacionadas con la operación, mantenimiento y desarrollo de las tecnologías avanzadas, la gestión de cadenas de suministro inteligentes, el diseño y programación de software especializado, entre otros (12). El impacto neto en los niveles de empleo dependerá en gran medida de la capacidad del país para reconvertir, recalificar y desarrollar las competencias y habilidades de su fuerza laboral, de modo que puedan adaptarse con éxito a las cambiantes y novedosas demandas del mercado de trabajo (11).

Acorde a (13,14) indican que la era digital permite el desarrollo internacional de las exportaciones en el Mundo, sin embargo, (15) menciona que en Ecuador todavía no se ha logrado consolidar una política o interés privado sólido y decidido para dar ese nuevo paso hacia el desarrollo industrial de vanguardia. Se debe mejorar sustancialmente la capacidad nacional de generación de tecnología, fomentar la transferencia efectiva de conocimiento, implementar una infraestructura robusta de la industria inteligente y, mediante la articulación fluida entre universidad-industria, crear ecosistemas que faciliten y potencien la capacidad de innovación.

Por otra parte, la implementación y adopción de tecnologías características de la Industria 4.0 ha permitido lograr aumentos significativos en los niveles de productividad, eficiencia y automatización de los procesos productivos en diversos sectores clave de la economía ecuatoriana. Esto ha generado importantes ganancias en términos de competitividad, eficiencia y posicionamiento para las empresas del país, lo cual representa una valiosa oportunidad para mejorar su desempeño y proyección tanto en los mercados nacionales como en los internacionales (16). A pesar de, el acceso y adopción desigual de estas tecnologías avanzadas puede profundizar y exacerbar las brechas de productividad existentes entre las grandes, medianas y pequeñas empresas, lo cual podría acentuar las asimetrías y desequilibrios en el tejido empresarial (17).

Asimismo, (18,19) refieren la importancia trascendental de la adopción de tecnologías digitales, pues esto permite acelerar la aplicación del comercio internacional y de las negociaciones comerciales. De igual manera, posibilita que aquellas empresas o instituciones que logren implementar soluciones de inteligencia artificial puedan utilizar eficientemente los datos que ellas mismas generan; lo cual les ayuda a visualizar y comprender con mayor profundidad las causas y las consecuencias de la extracción de materias primas, de los procesos de producción y fabricación, del envío de bienes, de las



exportaciones e importaciones, del consumo, y de la disposición final de los productos.

En el caso particular de las empresas del sector comercial, se evidencia que son las que mejor han logrado responder y aprovechar el manejo de tecnologías digitales. Sin embargo, siendo su objetivo estratégico el mantenerse competitivas y permanecer en el mercado, deberán encaminar todos sus esfuerzos con miras de direccionarse de manera decidida hacia la adopción de soluciones propias de la Industria 4.0 (20). Según las cifras proporcionadas por el Servicio de Rentas Internas (SRI), el sector industrial ecuatoriano ha experimentado una caída dramática del 27.3% en sus ventas desde el inicio de la pandemia del COVID-19, dado que la población ha tendido a distanciarse de las industrias y sus productos (21). En este contexto de crisis, la modalidad del teletrabajo ha demandado una mayor utilización de herramientas tecnológicas, las cuales deben ajustarse y adaptarse a las necesidades específicas de cada empresa y al entorno cambiante del mercado, generando así respuestas más eficaces e inmediatas (20).

Desde una perspectiva social y de equidad, la irrupción de la automatización y la Industria 4.0 conllevan el riesgo latente de generar mayores desigualdades, asimetrías y brechas socioeconómicas si no se implementan políticas públicas y estrategias adecuadas en materia de capacitación, reconversión laboral y protección social (22). Existe el peligro de que los beneficios derivados de estos cambios tecnológicos disruptivos se concentren únicamente en los sectores y grupos poblacionales de mayores ingresos y recursos, marginando aún más a los estratos más vulnerables y desfavorecidos de la sociedad ecuatoriana. Por lo tanto, es fundamental diseñar e implementar estrategias integrales y holísticas que permitan una transición justa, equitativa e inclusiva hacia la Industria 4.0, de modo que todos los grupos sociales puedan verse favorecidos y partícipes de estos avances transformadores (23).

El momento decisivo y crítico para que todos los sectores empresariales del país impulsen decididamente el desarrollo de sus actividades basados en el conocimiento y la tecnología ha llegado. La implementación generalizada de la digitalización en todos los ámbitos, con base en los principios y soluciones de la Industria 4.0, permitirá la consecución de esta nueva y necesaria industrialización de vanguardia (23).

DISCUSIÓN

Según los hallazgos de (24), Ecuador ha dado pasos incipientes y preliminares en la implementación de soluciones de automatización, evidenciado por la adopción de chatbots bancarios como Sophi y Ada, los cuales se consideran innovadoras y novedosas formas de asistencia digital inteligente en el país. De acuerdo con el estudio de (25), estos asistentes virtuales han sido implementados en las provincias con mayor actividad comercial, lo que revela un creciente proceso de digitalización e innovación tecnológica en el tejido empresarial ecuatoriano, tal como lo señalan (24).

Los autores (26,27) también destacan que el comercio electrónico es otro nuevo desafío clave creado por la Industria 4.0, que cambia significativamente los métodos de trabajo existentes y crea nuevas oportunidades y métodos de empleo. En este sentido, tareas como el trabajo de producción en el sector minorista o el trabajo administrativo de los asistentes están siendo paulatinamente sustituidos y transformados por soluciones de



automatización (28).

También enfatiza que la automatización tiene el enorme potencial de tener un impacto disruptivo y de largo alcance en la sociedad y la economía ecuatoriana, generando beneficios reales a través de una mayor productividad y una mejor comodidad y satisfacción del consumidor. La automatización se centra en medir su impacto en indicadores macroeconómicos clave como el producto interno bruto (PIB), que considera como un factor crucial y determinante la capacidad de una sociedad para absorber y asimilar nuevas tecnologías en diversas áreas de producción, como la producción de bienes básicos en las zonas rurales del país (29). Se ha estimado que incluso las provincias más industrializadas, como Quito, Guayaquil y Cuenca, podrían lograr un crecimiento económico positivo y significativo al automatizar sus procesos de producción a gran escala (30).

En el sector alimentario, es importante realizar estudios más completos y detallados de los factores que influyen en las propiedades químicas, físicas y organolépticas. y microbiología de alimentos (30). Utilizando métodos estadísticos avanzados como el análisis multivariado y el aprendizaje automático. Como lo demuestra el apoyo (30), esto puede facilitar y mejorar significativamente la implementación de soluciones de la Industria 4.0 en sectores económicos estratégicos.

Sin embargo, varios autores coinciden en que Ecuador enfrenta importantes problemas estructurales y barreras para la implementación efectiva y generalizada de la Industria 4.0 (30). De acuerdo al concepto de Industria 4.0, se necesitan grandes cambios en los modelos de empleo y organización del trabajo, por lo que Ecuador debe regular y definir nuevos escenarios laborales. Esto contribuye a la creación de empleos adecuados Unidad, justicia, protección y garantía de los derechos de los trabajadores

De igual forma (31) señalaron que la falta de políticas públicas orientadas a promover y apoyar seriamente la implementación de la Industria 4.0 en el Ecuador representa un obstáculo significativo y limitante. Crearon una hoja de ruta que incluía una evaluación cualitativa del nivel de preparación y preparación de la industria. También (28) coincidieron en que la implementación de la Industria 4.0 es una prioridad estratégica para los países en desarrollo. Pero es necesario desarrollar un plan y ponerlo en práctica. Estrategias adaptativas y marco regulatorio correspondiente

Por otra parte, (32) señala que la falta de capacitación y educación es un problema grave y crítico para el país. Porque tanto los gerentes de planta, como los gerentes de operaciones y los operadores carecen de los conocimientos y habilidades necesarios para utilizar eficazmente las herramientas y tecnologías de la Industria 4.0. Las limitaciones del capital humano han sido demostradas en estudios, que indican que la ampliación de estas soluciones tecnológicas es difícil y limitada debido a problemas de transporte y contactos con informantes clave (33).

CONCLUSIONES

La revisión sistemática de la literatura muestra que, si bien Ecuador ha dado pasos iniciales en la implementación de la Industria 4.0, el país enfrenta importantes desafíos y brechas que deben ser abordados de manera integral y prioritaria.



Por un lado, los sectores industriales, manufactureros, alimentarios y educativos presentan grandes oportunidades y posibilidades de crecimiento y mejora de la productividad económica gracias a la adopción de soluciones características de la Industria 4.0. Sin embargo, a nivel social, existe una considerable preocupación por el potencial impacto negativo en términos de desempleo que estas transformaciones disruptivas podrían generar.

Una de las principales dificultades en la implementación radica en la falta de una dirección y estrategias claras y enfocadas a la integración completa de la Industria 4.0 en las organizaciones. Esto se debe a que la Industria 4.0 no puede aplicarse de manera aislada a un área o departamento específico, sino que requiere de una visión holística que permita la adecuada articulación entre los sistemas y procesos tradicionales y los nuevos sistemas propios de la cuarta revolución industrial.

Por lo tanto, se hace necesario realizar estudios preliminares exhaustivos en las empresas para identificar las brechas y necesidades específicas de cada departamento, a fin de diseñar e implementar estrategias y planes de acción adaptados a la realidad de cada organización. Adicionalmente, el gobierno debe reformar y fortalecer sus políticas públicas para el sector empresarial, tanto público como privado, con el objetivo de garantizar un entorno propicio y estable para el desarrollo de la Industria 4.0 en el país.

A pesar de que Ecuador aún tiene un largo camino por recorrer en esta transición hacia la cuarta revolución industrial, es un compromiso y responsabilidad compartida de todos los actores sociales, económicos y políticos contribuir de manera decidida y articulada al desarrollo y la competitividad del país en el mercado mundial. Solo a través de este esfuerzo conjunto y de una visión estratégica integral, Ecuador podrá aprovechar plenamente los beneficios transformadores de la Industria 4.0.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abdelfettah BH, Mohamed L, Abdelbaki D. Synergy between fractional order control and industry 4.0: a bibliometric analysis. *Procedia Comput Sci.* 2022 Jan 1;204:803–10.
2. Aguilar-Rodríguez IE, Bernal-Torres CA, Artieda-Cajilema CH, Tapia-Andino GF. Smart working and base technologies in corporate performance: New directions in emerging firms. *Asia Pacific Management Review.* 2023 Sep 1;28(3):358–69.
3. México M, Wilfrido Alvarez Vásquez O, Roberto F, Morocho A. Análisis de la Industria 4.0 como factor diferenciador del Sector Industrial del Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria* [Internet]. 2021 Jun 28 [cited 2025 Feb 24];5(3):3314–24. Available from: <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/533/675>
4. Arvanitoyannis IS, Katsota MN, Psarra EP, Soufleros EH, Kallithraka S. Application of quality control methods for assessing wine authenticity: Use of multivariate analysis (chemometrics). *Trends Food Sci Technol.* 1999 Oct 1;10(10):321–36.
5. Barzallo Núñez D, Montero DB. Análisis de la Innovación Tecnológica Avícola Ecuatoriano en el Contexto De Industria 4.0. *Investigación Tecnológica IST Central Técnico* [Internet]. 2019 Nov 29 [cited 2025 Feb 24];1(2):9–9. Available from: https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/article/view/23
6. (PDF) Impacto de la industria 4.0 en los procesos de desarrollo de la industria manufacturera en la Zona 9 del Ecuador [Internet]. [cited 2025 Feb 24]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/365211093_Impact_of_industry_40_on_the_development_processes_of_the_manufacturing_industry_in_Zone_9_of_Ecuador
7. Buestán G, Buestán G, Cañizares K, Camacho C, Suárez-Núñez C. Distribution trends in Industry



- 4.0: Case Study of a major soft drink multinational enterprise in Latin America. *Logistics Journal* : nicht referierte Veröffentlichungen [Internet]. 2020 Sep 29 [cited 2025 Feb 24];2020(09). Available from: <http://www.logistics-journal.de/not-reviewed/2020/5110>
8. Naranjo ÁIB, Játiva DSV, Chávez DON. APLICACIONES DE LA INDUSTRIA 4.0 EN LA ESTANDARIZACIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO DE LAS MERMELADAS. *Ingeniería Investigación y Desarrollo* [Internet]. 2021 Oct 18 [cited 2025 Feb 24];21(1):39–46. Available from: https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria_sogamoso/article/view/13513
 9. Inteligencia artificial: retos para el marco regulatorio laboral ecuatoriano [Internet]. [cited 2025 Feb 24]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/368282114_Artificial_intelligence_Challenges_for_the_ecuadorian_labor_regulatory_framework
 10. Contieri PGS, Anholon R, De Santa-Eulalia LA. Industry 4.0 enabling technologies in manufacturing: implementation priorities and difficulties in an emerging country. *Technol Anal Strateg Manag* [Internet]. 2022 May 4 [cited 2025 Feb 24];34(5):489–503. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09537325.2021.1908536>
 11. Cordero D, Altamirano KL, Parra JO, Espinoza WS. Intention to Adopt Industry 4.0 by Organizations in Colombia, Ecuador, Mexico, Panama, and Peru. *IEEE Access*. 2023;11:8362–86.
 12. Cordero D, Altamirano KL, Parra JO, Espinoza WS. Intention to Adopt Industry 4.0 by Organizations in Colombia, Ecuador, Mexico, Panama, and Peru. *IEEE Access*. 2023;11:8362–86.
 13. Escobar CA, Macias-Arregoyta D, Morales-Menendez R. The decay of Six Sigma and the rise of Quality 4.0 in manufacturing innovation. *Qual Eng* [Internet]. 2024 [cited 2025 Feb 24];36(2):316–35. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/08982112.2023.2206679>
 14. Foladori G, Ortiz-Espinoza A. Íconos Revista de Ciencias Sociales. *Íconos - Revista de Ciencias Sociales* [Internet]. 1997 May 1 [cited 2025 Feb 24];26(73):161–77. Available from: <https://iconos.flacsoandes.edu.ec/index.php/iconos/article/view/5198/4064>
 15. Jiménez-Carvelo AM, González-Casado A, Bagur-González MG, Cuadros-Rodríguez L. Alternative data mining/machine learning methods for the analytical evaluation of food quality and authenticity – A review. *Food Research International*. 2019 Aug 1;122:25–39.
 16. Kuo CC, Shyu JZ, Ding K. Industrial revitalization via industry 4.0 – A comparative policy analysis among China, Germany and the USA. *Glob Transit*. 2019 Jan 1;1:3–14.
 17. Madsen DØ. The Emergence and Rise of Industry 4.0 Viewed through the Lens of Management Fashion Theory. *Administrative Sciences* 2019, Vol 9, Page 71 [Internet]. 2019 Sep 19 [cited 2025 Feb 24];9(3):71. Available from: <https://www.mdpi.com/2076-3387/9/3/71/htm>
 18. Marcel M, Méndez-Mantuano O, Carolina ME, Caviendes E, Hillary L, Torres Ruiz M, et al. Análisis de Empleabilidad e Industria 4.0 en el Ecuador, como Estrategia para Mejorar los Programas Educativos. *European Scientific Journal, ESJ* [Internet]. 2019 Dec 31 [cited 2025 Feb 24];15(34):44–44. Available from: <https://eujournal.org/index.php/esj/article/view/12552>
 19. (PDF) Sistema de Teleoperación para Robots Móviles en la industria del Petróleo y Gas [Internet]. [cited 2025 Feb 24]. Available from: https://www.researchgate.net/publication/341522855_Sistema_de_Teleoperacion_para_Robots_Moviles_en_la_industria_del_Petroleo_y_Gas
 20. México M, Wilfrido Alvarez Vásquez Ó, Roberto F, Morocho A. Análisis de la Industria 4.0 como factor diferenciador del Sector Industrial del Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinaria* [Internet]. 2021 Jun 28 [cited 2025 Feb 24];5(3):3314–24. Available from: <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/533/675>
 21. Morrar R, Arman H, Mousa S. The Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0): A Social Innovation Perspective. *Technology Innovation Management Review* [Internet]. 2017 Nov 27 [cited 2025 Feb 24];7(11):12–20. Available from: <http://timreview.ca/article/1117>
 22. Müller JM, Buliga O, Voigt KI. The role of absorptive capacity and innovation strategy in the design of industry 4.0 business Models - A comparison between SMEs and large enterprises. *European Management Journal*. 2021 Jun 1;39(3):333–43.
 23. Narkhede BE, Raut R, Zhang LL, Kumar S. Ranking critical success factors for implementation of lean-industry 4.0: a methodology based on DEMATEL and ANP. *Int J Comput Integr Manuf*



- [Internet]. 2023 Jun 3 [cited 2025 Feb 24];36(6):894–907. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0951192X.2022.2162589>
24. Olsen TL, Tomlin B. Industry 4.0: Opportunities and Challenges for Operations Management. <https://doi.org/10.1287/msom.2019.0796> [Internet]. 2019 Sep 10 [cited 2025 Feb 24];22(1):113–22. Available from: <https://pubsonline.informs.org/doi/abs/10.1287/msom.2019.0796>
 25. Raj A, Dwivedi G, Sharma A, Lopes de Sousa Jabbour AB, Rajak S. Barriers to the adoption of industry 4.0 technologies in the manufacturing sector: An inter-country comparative perspective. *Int J Prod Econ*. 2020 Jun 1;224:107546.
 26. Ruano Enríquez LE, Lizbeth J, Portilla M, Carlos R, Pozo L, Elizabeth L, et al. Inteligencia artificial e innovación: campos de aplicación para la industria del Ecuador. *Visión Empresarial* [Internet]. 2019 Dec 27 [cited 2025 Feb 24];(9):163–72. Available from: <https://revistasdigitales.upec.edu.ec/index.php/visionempresarial/article/view/878>
 27. Salazar D, ... HEG y, 2023 undefined. Crecimiento económico y la gestión ambiental en las industrias de manufactura del Ecuador. *Estrategias hacia un modelo de Economía Circular*. portalrevistas.aulavirtualusmp.pe [Internet]. [cited 2025 Feb 24]; Available from: <https://portalrevistas.aulavirtualusmp.pe/index.php/RevistaGobiernoyG/article/view/2720>
 28. Santamaria HMQ, Orellana JVA, Paredes JFO, Santamaria LGQ, Santamaria HMQ, Orellana JVA, et al. Endogenous Development: A Commercial Conceptual Perspective of the Management Model in Tungurahua-Ecuador in Industry 4.0. *Open Journal of Business and Management* [Internet]. 2020 Aug 5 [cited 2025 Feb 24];8(5):2262–77. Available from: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=102943>
 29. Tortorella G, Prashar A, Vassolo R, Cawley Vergara A Mac, Godinho Filho M, Samson D. Boosting the impact of knowledge management on innovation performance through industry 4.0 adoption. *Knowledge Management Research & Practice* [Internet]. 2024 Jan 2 [cited 2025 Feb 24];22(1):32–48. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14778238.2022.2108737>
 30. Alejandra M, Pumagualle V. Manufactura ecuatoriana hacia la industria 4.0: estudio de caracterización del estado de madurez digital de las empresas de manufactura ecuatorianas. 2019 [cited 2025 Feb 24]; Available from: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/10320>
 31. Vu OTK, Duarte Alonso A, Buitrago Solis MA, Goyzueta Rivera SI, Nguyen TQ, McClelland R, et al. “The beginning was traumatising” – Industry 4.0: a lifesaver or disruptor? A knowledge-based viewpoint. *Knowledge Management Research & Practice* [Internet]. 2024 Jan 2 [cited 2025 Feb 24];22(1):1–16. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14778238.2023.2178980>
 32. Wan V, Jiming Y. Torts and intellectual property in Industry 4.0: a comparative study of Chinese and American jurisprudence. *Peking University Law Journal* [Internet]. 2021 Jan 2 [cited 2025 Feb 24];9(1):111–42. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/20517483.2021.1978679>
 33. Zhang C, Chen Y, Chen H, Chong D. Industry 4.0 and its Implementation: a Review. *Information Systems Frontiers* [Internet]. 2021 Jun 7 [cited 2025 Feb 24];26(5):1773–83. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10796-021-10153-5>