

Trazabilidad de los procesos de distribución mediante la aplicación de IoT y big data en empresas logísticas en México

Traceability of Distribution Processes Through the Application of IoT and Big Data in Logistics Companies in Mexico

María Julieta Serrano-Guzmán
Universidad de Monterrey (UDEM), México
maria.serranog@udem.edu
<https://orcid.org/0009-0003-0101-3532>

Renata Rodríguez-García
Universidad de Monterrey (UDEM), México
renata.rodriguezg@udem.edu
<https://orcid.org/0009-0005-9567-0086>

Mayra Alejandra Gallegos-Rodríguez
Universidad de Monterrey (UDEM), México
mayra.gallegosr@udem.edu
<https://orcid.org/0009-0002-7526-3406>

Gretta Villafuerte-Villarreal
Universidad de Monterrey (UDEM), México
gretta.villafuerte@udem.edu
<https://orcid.org/0009-0009-6101-5322>

Karla Maria Nava-Aguirre
Universidad de Monterrey (UDEM), México
karla.nava@udem.edu
<https://orcid.org/0000-0001-7072-8943>

Fecha de recepción: 20 de noviembre de 2025

Fecha de aceptación: 24 de abril de 2026

Fecha de publicación: 30 de junio de 2026

Esta investigación analiza cómo las tecnologías de la industria 4.0, en particular el internet de las cosas (IoT) y el *big data*, pueden mejorar la trazabilidad en el eslabón de distribución de materias primas importadas, específicamente acero y arena sílica, en una empresa logística localizada en México. En el contexto del comercio internacional y las cadenas de suministro globales, la logística y la trazabilidad son fundamentales para mantener la competitividad, en particular en México, donde el sector logístico representa 5.5 % del PIB. Se utilizó una metodología cualitativa, con estudio de caso, revisión de literatura y entrevistas basadas en una guía de preguntas semiestructuradas dirigidas a expertos en logística e industria 4.0. Los resultados muestran que el IoT y el *big data* permiten obtener visibilidad en tiempo real, análisis predictivo y una mejor coordinación entre los actores de la cadena; no obstante, su adopción enfrenta barreras tecnológicas, organizacionales y de inversión. Se proponen estrategias digitales para optimizar los procesos y fortalecer la continuidad productiva en la empresa mexicana. Se concluye que el IoT y el *big data* no solo optimizan los procesos logísticos, sino que garantizan la continuidad, la transparencia y la competitividad de las organizaciones.

Palabras clave: industria 4.0, IoT, *big data*, comercio internacional, trazabilidad

This study analyzes how Industry 4.0 technologies—particularly the Internet of Things (IoT) and big data—can improve traceability in the distribution chain for imported raw materials, specifically steel and silica sand, at a logistics company located in Mexico. In the context of international trade and global supply chains, logistics and traceability are essential for maintaining competitiveness, particularly in Mexico, where the logistics sector accounts for 5.5% of GDP. A qualitative methodology was used, involving a case study, literature review, and interviews based on a semi-structured questionnaire administered to experts in logistics and Industry 4.0. The results show that the IoT and big data enable real-time visibility, predictive analytics, and better coordination among supply chain stakeholders; however, their adoption faces technological, organizational, and investment barriers. Digital strategies are proposed to optimize processes and strengthen operational continuity in Mexican companies. The study concludes that the IoT and big data not only optimize logistics processes but also ensure the continuity, transparency, and competitiveness of organizations.

Keywords: industry 4.0, IoT, big data, international trade, traceability

1. Introducción

La adopción de tecnologías de la industria 4.0 se ha vuelto un factor estratégico para incrementar la productividad, optimizar procesos logísticos e integrar la cadena de suministro, lo que hace posible mejorar la eficiencia operativa, la competitividad y la toma de decisiones en tiempo real (Bettioli *et al.*, 2024). A nivel global, diversas empresas han implementado las nueve tecnologías habilitadoras de la industria 4.0, concepto que se define como la transformación digital que ofrece toma de decisiones en tiempo real, productividad, flexibilidad y agilidad (IBM, 2021). Dichas tecnologías incluyen el *big data*, la analítica de inteligencia artificial (IA), la integración horizontal y vertical, la computación en la nube, la realidad aumentada, el internet de las cosas (IoT), la impresión 3D, los robots autónomos, la simulación o los gemelos digitales, y la ciberseguridad (SAP, 2020).

Aunque existen avances, la implementación de la industria 4.0 en la logística aún presenta retos, especialmente en México. La logística comprende la gestión de la producción, el transporte y la distribución, y la trazabilidad forma parte de toda la cadena. Así, esta investigación se enfoca en la distribución. En México, el sector logístico aporta el 5.5 % del PIB, lo que evidencia la importancia de adoptar estas tecnologías para mantener la competitividad (Chen, 2024; Rojas, 2024).

La empresa logística analizada, en adelante identificada como CPC Logistics, es de origen estadounidense, fue fundada en 1892 y es reconocida como líder en la industria del empaque metálico. En la actualidad, en su sede de Monterrey, Nuevo León, México, enfrenta una problemática central: la limitada visibilidad en el seguimiento de la distribución de materias primas importadas, principalmente acero y arena sílica, insumos indispensables para la continuidad de la producción. Ante esta situación, se plantea la necesidad de incorporar tecnologías de la industria 4.0, en particular el IoT y el *big data*, con el propósito de mejorar el control en tiempo real de la cadena de suministro.

A partir de lo anterior, el objetivo general de esta investigación es analizar cómo la incorporación de la industria 4.0, en particular el IoT y el *big data*, en el eslabón de distribución puede mejorar la trazabilidad de las materias primas, específicamente acero y arena sílica, importadas desde China por CPC Logistics. De este objetivo general se desprenden tres objetivos específicos. El primero consiste en describir cómo el IoT y el *big data* mejoran la gestión de la trazabilidad en empresas del sector logístico. El segundo objetivo consiste en analizar cómo estas tecnologías contribuyen a mejorar la trazabilidad de las materias primas importadas en CPC Logistics. Por último, el tercer objetivo es identificar los principales retos que enfrenta la organización en la gestión de la trazabilidad de dichas materias primas, con la finalidad de definir estrategias de mejora que optimicen el control del proceso logístico de la empresa.

A pesar de su reputación global, CPC Logistics presenta una limitada visibilidad en los procesos logísticos de distribución, por lo que requiere herramientas como el IoT y el *big data* para lograr una gestión más rápida y precisa de los inventarios, el transporte y el almacenamiento, reducir errores y fortalecer la gestión empresarial (Kamble *et al.*, 2020). Algunos casos de éxito de empresas que han adoptado los pilares de la industria 4.0 para transformar su gestión logística son Nowports, una *startup* especializada en soluciones logísticas; Frialsa, empresa especializada en almacenamiento y distribución

de productos refrigerados y congelados (Friausa, 2021); y Emerson, empresa que ofrece soluciones innovadoras para clientes en los mercados industriales y comerciales. Estos ejemplos muestran cómo la aplicación de las tecnologías habilitadoras de la industria 4.0 puede mejorar la trazabilidad en el eslabón de distribución.

2. Revisión de la literatura

El comercio internacional se refiere al intercambio de bienes y servicios entre países y es un motor clave para el crecimiento económico global. Este proceso permite a las naciones ampliar sus mercados, diversificar su oferta y acceder a productos que no se encuentran disponibles a nivel nacional. Entre los bienes más comercializados se encuentran las materias primas, que desempeñan un papel central en los flujos de intercambio mundial (Organización Mundial del Comercio, 2023). Asimismo, el comercio internacional favorece el acceso a los mercados globales, incrementa la participación de los países en el sistema económico, contribuye a la reducción de la pobreza y abre nuevas oportunidades de desarrollo. Para aprovechar plenamente sus beneficios, resulta fundamental la conectividad entre países, ya que la falta de infraestructura, las regulaciones poco favorables y los mercados mal integrados limitan su impacto (López & Romero, 2026).

En este contexto, la cadena de suministro adquiere un papel central, pues se define como el proceso integral de la administración logística que abarca todas las actividades, los actores y las etapas necesarias para llevar un producto desde su origen hasta el consumidor final. La cadena de suministro no solo implica el transporte de productos, sino también la satisfacción de las necesidades del cliente de la manera más eficiente (Escuela de Posgrado Newman, 2024).

Los eslabones de la cadena de suministro contribuyen a optimizar las operaciones y garantizan la entrega adecuada y en buenas condiciones de los productos al menor costo posible. De igual forma, facilitan alcanzar la agilidad y la eficiencia necesarias para responder de manera efectiva a las demandas y fluctuaciones del mercado (Nasapack, 2024).

Tabla 1. Eslabones de la cadena de suministro

Eslabones	Descripción
Abastecimiento	Selección y gestión de proveedores, compras de materias primas e insumos, y evaluación del desempeño para asegurar calidad y continuidad del suministro.
Producción	Los materiales se convierten en productos finales, lo que requiere organizar la producción, asegurar la calidad de los resultados y optimizar los procesos de fabricación.
Almacenamiento	Protección e inventario antes del envío, organizando espacios y utilizando tecnologías de rastreo de bienes.
Transporte	Traslado de productos desde la planta hasta el cliente, planificando rutas, medios de transporte y plazos de entrega para garantizar la eficiencia y la trazabilidad.
Distribución	Entrega de productos a puntos de venta o a clientes finales, asegurando puntualidad y eficiencia en los centros de distribución y en la última milla.
Devoluciones	Retorno de productos defectuosos o no deseados, gestionando su revisión, reacondicionamiento o disposición final.

Nota. Elaboración propia sobre la base de *Eslabón por eslabón, la importancia de la cadena de abastecimientos*, por G. Velásquez, 2011. (<https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/eslabon-por-eslabon-la-importancia-de-la-cadena-de-abastecimientos/>); *El desafío de las cadenas de suministro*, por D. Cerdeiro y N. Hansen, 2022. (<https://www.imf.org/es/Publications/fandd/issues/2022/06/the-stretch-of-supply-chains-B2B/>); *La cadena de gestión de suministro (SCM): qué es y cuáles son las ventajas que ofrece*, por IEBS Business School, 2023. (<https://www.iebschool.com/hub/cadena-gestion-suministro-negocios-internacionales/>); *¿Cuáles son los eslabones de la cadena de suministro?*, por Nasapack, 2024. (<https://www.nasapack.com/eslabones-logisticos/>).

El análisis de los eslabones que conforman la cadena de suministro facilita observar la contribución directa de esta al comercio internacional. La cadena de suministro posibilita que los bienes producidos en diferentes partes del mundo lleguen a los mercados de destino de forma oportuna y eficiente. Su gestión adecuada facilita el flujo continuo de mercancías y reduce barreras logísticas que limitan el intercambio comercial entre países. Al integrar el transporte, el almacenamiento, la distribución y el cumplimiento normativo, la cadena de suministro garantiza que las empresas participen en un entorno globalizado y atiendan las demandas de calidad y los tiempos de entrega que exigen los consumidores internacionales. De este modo, la cadena de suministro constituye un elemento estratégico que impulsa la competitividad de los países y promueve el fortalecimiento del comercio global (Moreno, 2021).

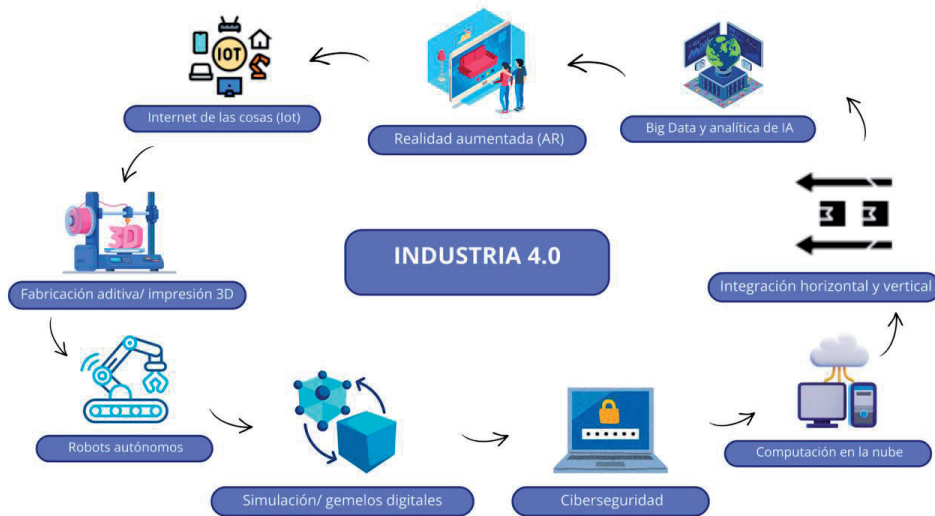
La trazabilidad es la posibilidad de identificar el origen y las diferentes etapas de un proceso de producción y distribución de un bien hasta su llegada al destino final, lo que permite saber dónde se encuentra un producto en la cadena de suministro. La trazabilidad forma parte del eslabón de distribución, ya que interviene en el seguimiento del producto a lo largo del proceso de distribución hasta el consumidor. Además, la trazabilidad hace posible conocer el origen de un producto y de sus componentes, los tratamientos que ha recibido y el proceso de distribución que ha seguido. Al ser parte del eslabón de distribución, la trazabilidad hace posible seguir el recorrido de la materia prima desde su preparación y tránsito, saber si está en el centro de reparto, en ruta o si ha sido entregada, y registrar cada paso hasta su llegada al cliente (UNIR, 2022).

La industria 4.0 se refiere a los sistemas de producción eficientes y conectados que están diseñados para detectar, predecir e interactuar con el mundo físico, con el objetivo de tomar decisiones que apoyen la producción en tiempo real (Sirimanne, 2022). Dentro de los procesos logísticos, la industria 4.0 puede aumentar la productividad y la eficiencia energética, y reducir los tiempos de inactividad. Esta transformación engloba herramientas como el IoT, la IA, el análisis de datos masivos, la automatización y la robótica. Su implementación da paso a la manufactura inteligente y al desarrollo de fábricas conectadas. La industria 4.0 es esencial para mejorar la productividad, la adaptabilidad y la capacidad; asimismo, permite la toma de decisiones más detalladas y favorece la personalización en la producción y en la gestión de la cadena de suministro. La industria 4.0 trasciende la actualización tecnológica, ya que su implementación integra equipos y operaciones, lo que facilita descartar los sistemas aislados en el entorno de fabricación. Esta interconexión crea un modelo de negocio más transparente y global, con el potencial de extenderse a toda la organización (SAP, 2020).

La industria 4.0 ofrece la posibilidad de tomar decisiones en tiempo real, mayor productividad, flexibilidad y agilidad, lo que permite revolucionar la manera en que las empresas fabrican, mejoran sus procesos y distribuyen sus productos (IBM, 2021). En este contexto, la tecnología desempeña un papel esencial en el desarrollo del comercio internacional. Diversos estudios demuestran que la tecnología contribuye a reducir las fricciones comerciales y que, durante la pandemia de la COVID-19, avances como el IoT transformaron significativamente las dinámicas del comercio global. Igualmente, la tecnología brinda múltiples beneficios a las empresas al facilitar la visualización y la optimización de los procesos productivos (Foro Económico Mundial, 2024).

Las tecnologías de la industria 4.0 incrementan la eficiencia operativa mediante una mejor asignación de recursos, la reducción de los tiempos de inactividad y el aumento de la productividad. Además, esta eficiencia se extiende a las iniciativas de sostenibilidad, en las que la analítica de datos y la automatización optimizan el uso de la energía, minimizan los residuos e incentivan la creación de productos más sostenibles a lo largo de todo su ciclo de vida. Un aspecto fundamental de la industria 4.0 es su habilidad para recolectar, procesar y analizar grandes cantidades de datos en tiempo real. Esto ayuda a las empresas a obtener información de gran valor estratégico de manera oportuna, lo que mejora la toma de decisiones y facilita una adaptación más eficiente a las exigencias y expectativas de un mercado en continua transformación. La Figura 1 muestra las diferentes tecnologías habilitadoras de la industria 4.0.

Figura 1. Tecnologías habilitadoras de la industria 4.0



Nota. Elaboración propia sobre la base de *Industria 4.0: el futuro de la fabricación*, por SAP, 2020. (<https://www.sap.com/latinamerica/products/scm/industry-4-0/what-is-industry-4-0.html>); y *Los 9 pilares de la Industria 4.0*, por Lantek, 2021. (<https://www.lantek.com/us/blog/the-9-pillars-of-industry-40>).

La primera tecnología habilitadora corresponde a la *big data* y a la analítica con IA, que consisten en recopilar grandes volúmenes de datos provenientes de equipos de la planta y de fuentes externas, como dispositivos, sensores y máquinas. Este análisis contribuye a tomar decisiones más inteligentes, detectar patrones y optimizar los procesos operativos dentro de la organización. El segundo pilar, el IoT, conecta sensores y sistemas para recopilar datos en tiempo real, lo que habilita el monitoreo de operaciones, la detección de anomalías y la optimización de procesos. Esto mejora la eficiencia y fortalece la digitalización de la cadena de suministro.

El *big data* y la analítica con IA, junto con el IoT, son especialmente relevantes para esta investigación. El *big data* ayuda a procesar información masiva empleando algoritmos de IA para identificar patrones y tomar decisiones más precisas (Chen, 2024). Por su parte, el IoT conecta maquinaria, sensores y sistemas para transmitir información en tiempo real,

lo que posibilita un monitoreo constante, la automatización de respuestas y procesos más seguros y eficientes (Enríquez, 2025).

3. Metodología

La presente investigación adoptó una ruta cualitativa, basada en un enfoque exploratorio con alcance descriptivo, lo que permitió analizar un tema de estudio reciente mediante la recopilación de información sobre una problemática actual (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). Se utilizó un método inductivo, entendido como un proceso lógico a través del cual se pasó de observaciones o proposiciones particulares, derivadas de la experiencia o la observación, a una proposición universal o ley general sobre el comportamiento o la naturaleza de las cosas (Beck, 1968). El enfoque descriptivo del estudio facilitó identificar las propiedades, rasgos y particularidades de la problemática analizada, lo que permitió al investigador entender a fondo su complejidad y contexto (Arino *et al.*, 2016). En este tipo de investigación cualitativa no se partió de una teoría predefinida, sino que se pretendió construir conocimiento a partir de la interpretación de los hechos y de los estudios previos, con la finalidad de generar aprendizajes transferibles a otras organizaciones del sector de envases y embalajes en México. El análisis se centró en la aplicación del *big data* y del IoT como herramientas clave para fortalecer la trazabilidad, con el propósito de obtener conclusiones sólidas y proponer mejoras prácticas para CPC Logistics.

Para operacionalizar las variables del estudio, se empleó el método de estudio de caso propuesto por Yin (2017). En esta investigación, la primera variable correspondió a la adopción de tecnologías asociadas a la industria 4.0, específicamente a los pilares del *big data* y del IoT, mientras que la segunda variable se relacionó con la cadena de suministro, con énfasis en la trazabilidad del eslabón de distribución de las materias primas. El enfoque de estudio de caso fue el más adecuado para analizar la situación de CPC Logistics, ya que permitió examinar en profundidad fenómenos contemporáneos dentro de su contexto real. Además, este método fue especialmente pertinente cuando las preguntas de investigación se plantearon en términos de “cómo” y “por qué”, cuando no fue posible controlar los eventos estudiados y cuando el objetivo se centró en comprender procesos actuales (Yin, 2017).

El estudio de caso se caracterizó por centrar la atención en lo particular y comprender a fondo un fenómeno específico. No se buscó generalizar, sino reconocer la singularidad del caso y comprender qué lo hizo diferente. Este tipo de enfoque ayudó a interpretar la experiencia concreta más que compararla con otras; en ese sentido, el papel del investigador fue clave, puesto que las preguntas pudieron ajustarse conforme avanzó el análisis. Debido a esto, fue posible captar la complejidad del fenómeno y obtener una visión más completa de lo que ocurrió. Más que limitarse a una descripción, el estudio de caso ayudó a profundizar en cómo funcionó el caso en su propio contexto y a identificar aprendizajes y significados que, de otra manera, hubieran pasado inadvertidos. Así, este tipo de investigación aportó un valor especial porque hizo posible observar matices y dinámicas que resultaron esenciales para comprender procesos organizacionales (Stake, 1995).

Con el fin de representar de manera clara y esquemática estos pasos, se incorporó en la Figura 2 un diagrama de flujo que explica visualmente el proceso metodológico propuesto por Yin (2017).

Figura 2. Diseño metodológico para estudios de casos



Nota. Elaboración propia sobre la base de Investigación y aplicaciones de estudios de caso: diseño y métodos, por R. K. Yin, 2017 (<https://uk.sagepub.com/en-gb/eur/case-study-research-and-applications/book250150#description>).

Como primer instrumento de recolección de información, se empleó la revisión de literatura, en la cual se consultaron fuentes especializadas en comercio internacional, cadena de suministro, logística y eslabones logísticos, así como publicaciones recientes sobre la incorporación de tecnologías de la industria 4.0. Entre estas, destacaron los reportes del Banco Mundial y del Fondo Monetario Internacional, artículos académicos sobre trazabilidad, estudios de organismos internacionales, fuentes empresariales como SAP, IBM y Lantek, y el sitio web institucional de CPC Logistics. También se llevó a cabo la búsqueda de casos similares en otras organizaciones del sector logístico, cuya información fortaleció la confiabilidad de los resultados y ofreció una visión más completa sobre los beneficios y los retos que implica la incorporación de tecnologías de la industria 4.0 en el seguimiento de importaciones.

Como segundo instrumento de recolección de datos, se utilizó la entrevista, un método cualitativo flexible que facilita profundizar en un tema predeterminado (George, 2022). Para ello, se diseñó una guía de preguntas semiestructurada que se aplicó a cuatro expertos clave. En primer lugar, se entrevistó a un especialista en cadena de suministro y gestión de operaciones logísticas e inventarios, quien además cuenta con estudios de doctorado en esa disciplina (Entrevista 1); en segundo lugar, a un experto en logística en el sector privado y miembro del Centro de Investigación de Inteligencia Artificial y Transformación Digital de una universidad en México, que actualmente impulsa la IA en sus procesos administrativos y académicos (Entrevista 2); en tercer lugar, al coordinador de importaciones y exportaciones de la empresa analizada y responsable de los procesos de comercio exterior de CPC Logistics, principalmente en la importación de componentes y

materias primas (Entrevista 3); y, para terminar, al responsable del departamento de *trade compliance* de una empresa global enfocada en la tecnología y la ingeniería en sus procesos e implementación de IA (Entrevista 4). Las aportaciones de los entrevistados contribuyeron a conocer cómo operan las organizaciones que utilizan herramientas tecnológicas en procesos logísticos y a profundizar en temas como la trazabilidad, la industria 4.0, el comercio internacional, la cadena de suministro y la incorporación de tecnologías digitales.

Por último, para procesar la información, se utilizó un análisis de contenido, técnica que permitió interpretar los datos de manera sistemática (Yin, 2017). Este procedimiento implicó, en primer lugar, la transcripción manual de las entrevistas en archivos de Word para facilitar la codificación de la información y organizar los datos de acuerdo con categorías relevantes. Posteriormente, se llevó a cabo la clasificación y agrupación de patrones o temas recurrentes, lo que ayudó a la identificación de relaciones significativas entre las variables de estudio. Finalmente, los hallazgos se vincularon con las proposiciones teóricas y los objetivos de investigación, lo que aseguró la coherencia metodológica y otorgó validez a las conclusiones. El análisis de contenido constituyó un método de investigación que permitió realizar inferencias válidas y replicables a partir de textos, documentos y otros datos significativos en su contexto, lo que reforzó su pertinencia dentro del diseño metodológico de este estudio (Krippendorff, 2018).

4. Resultados

Las tecnologías habilitadoras de la industria 4.0 constituyen la base de la transformación digital en las organizaciones, al integrar tecnologías que optimizan procesos, fortalecen la trazabilidad, mejoran la eficiencia y garantizan la seguridad en las operaciones. Su aplicación coordinada contribuye a que las empresas se adapten a entornos globales cada vez más competitivos y dinámicos. Dentro de las tecnologías habilitadoras, el IoT y el *big data* resultan especialmente relevantes para empresas manufactureras como CPC Logistics, debido a que ambos abordan directamente el reto de la distribución y la trazabilidad de las materias primas importadas, específicamente acero y arena sílica.

El uso de datos en tiempo real, obtenidos de la interconexión entre sistemas y sensores, proporciona a las organizaciones una visión integral del proceso logístico. Esta capacidad de monitoreo continuo mejora la toma de decisiones y ayuda a anticiparse a eventos que puedan afectar el suministro de las materias primas, como retrasos, pérdidas o desviaciones. Cuando la información fluye en tiempo real entre los distintos sistemas, la trazabilidad se vuelve más precisa y se pueden tomar decisiones con base en datos, no en suposiciones. Además, la recopilación y el análisis de esta información favorecen la detección temprana de anomalías, la optimización de rutas de transporte y la coordinación entre los diferentes eslabones de la cadena de suministro. La totalidad de los entrevistados coincidió en que las empresas pueden responder con mayor agilidad ante imprevistos y mantener la continuidad operativa incluso en escenarios de alta demanda o disrupciones externas. Las organizaciones con un alto grado de trazabilidad son aquellas que combinan la digitalización con una planeación estratégica a largo plazo, por lo que el uso del IoT y del *big data* se vuelve esencial para fortalecer la eficiencia en un entorno global competitivo, en el que la interpretación de datos en tiempo real representa una ventaja estratégica decisiva.

El IoT posibilita la interconexión de sensores durante los procesos de transporte, lo que genera datos en tiempo real que, al ser procesados mediante herramientas de *big data*, facilitan el análisis predictivo, mejoran el control logístico y reducen los errores en la gestión. En conjunto, estas tecnologías fortalecen la digitalización de la cadena de suministro e impulsan la trazabilidad de las operaciones, al ofrecer una visión integral del flujo de materiales. Esto las convierte en los pilares más adecuados para el propósito de esta investigación, al incrementar la capacidad de tomar decisiones rápidas y precisas, fortalecer la continuidad operativa y consolidar la competitividad en el sector de empaques metálicos.

Otro aspecto relevante es el papel de la analítica de datos como apoyo para la planeación estratégica. El *big data*, al ayudar a identificar patrones y tendencias, se convierte en una herramienta predictiva capaz de anticipar problemas logísticos y proponer soluciones basadas en evidencia. Esta capacidad analítica ayuda a las organizaciones a enfrentar la incertidumbre y mejora su respuesta frente a la volatilidad del comercio internacional. En palabras de un especialista, “el *big data* nos ayuda a identificar patrones y tendencias para anticiparnos a los problemas. Analiza los datos históricos y permite tomar decisiones más acertadas” (Entrevista 1, 2025). Esta capacidad predictiva hace viable anticipar fallas logísticas y ajustar estrategias.

La adopción del IoT y del *big data* también impulsa la transparencia y la competitividad al integrar a los actores de la cadena de suministro en un entorno digital colaborativo. Su implementación contribuye a una mejor trazabilidad, a una reducción de errores humanos y a una mejor utilización de los recursos, lo que consolida a las empresas como actores estratégicos en los mercados globales. De igual forma, herramientas como el GPS, las geocercas virtuales y la telemática brindan la posibilidad de detectar desviaciones de ruta, monitorear tiempos de descarga y reforzar la seguridad del transporte. “La telemática es un subconjunto del internet de las cosas (IoT). Mide velocidad, temperatura, combustible o presión de llantas, y genera alertas automáticas ante cualquier anomalía” (Entrevista 2, 2025). Gracias a estas innovaciones, las empresas reducen robos, pérdidas y desperdicios, a la vez que aseguran el cumplimiento de los tiempos de entrega.

El caso de empresas con mayor madurez tecnológica también confirmó el impacto positivo de la automatización. En entornos altamente digitalizados, los sistemas de gestión integran información sobre embarques, tarifas, proveedores y cumplimiento normativo. Tal como señaló un entrevistado: “Nuestra empresa tiene un sistema donde están cargadas las tarifas; el proveedor se mete al sistema y puede saber cuánto va a costar su envío, dependiendo del volumen y el destino” (Entrevista 4, 2025). Esta centralización de información mejora la transparencia, reduce errores y agiliza la toma de decisiones.

No obstante, la mayoría de los entrevistados señaló que uno de los desafíos actuales es la falta de visibilidad en los procesos de importación y la escasa integración tecnológica entre los actores de la cadena de suministro. Este déficit genera incertidumbre en la planeación de la producción, especialmente en empresas que dependen de la llegada puntual de materiales para mantener activas sus líneas de manufactura. Como se destacó, “uno de los grandes problemas es la visibilidad, porque tú haces la negociación con una empresa en el extranjero y todo, desde los itinerarios de las navieras, son tiempos estimados.

Realmente nunca hay fechas en firme” (Entrevista 3, 2025). Este desconocimiento del estado real de los envíos puede provocar retrasos y afectar la continuidad operativa.

Los expertos también coincidieron en que la trazabilidad deficiente no se limita al transporte, sino que abarca la gestión de inventarios y la falta de políticas internas claras. La logística se sustenta en dos pilares: el transporte y los inventarios; ambos requieren una planeación detallada. Cuando estos procesos no se encuentran alineados, se compromete la estabilidad de la cadena de suministro. Muchas organizaciones aún operan con sistemas manuales, lo que impide aprovechar el potencial de las tecnologías digitales para el control en tiempo real. Como se mencionó, “si los procesos no están alineados, se pone en riesgo la continuidad operativa” (Entrevista 1, 2025).

De igual modo, la mitad de los expertos enfatizó que la falta de comunicación entre áreas internas es otro factor crítico que obstaculiza la trazabilidad integral. La raíz de muchos problemas logísticos no radica en la ausencia de tecnología, sino en la desarticulación de los procesos. “El primer reto de nuestra empresa es, antes de ver tecnología, ver el proceso. Muchas veces, la falta de trazabilidad no se debe a la tecnología, sino a que no hay buena comunicación interna ni procesos claros” (Entrevista 2, 2025). Esto demuestra que la digitalización depende no solo de inversión, sino también de estructuras organizacionales coherentes.

La adopción tecnológica enfrenta, asimismo, barreras organizacionales y económicas. Las pequeñas y medianas empresas carecen de recursos para invertir en tecnologías de la industria 4.0, lo que limita su capacidad para lograr trazabilidad en tiempo real, a diferencia de las grandes corporaciones, que cuentan con infraestructura, capital y personal capacitado. A esto se suma la resistencia al cambio, frecuente en organizaciones tradicionales, en las que los colaboradores jóvenes suelen tener mayor disposición a adoptar nuevas tecnologías que las estructuras directivas.

En el presente estudio, es relevante señalar tres aspectos clave al implementar el IoT y el *big data*: la arquitectura, el gobierno y la democratización de los datos. Más allá de contar con los datos, lo fundamental es cómo se gestionan, sistematizan, centralizan y se ponen al servicio de los integrantes de la organización. Por lo anterior, se propone una arquitectura de datos tipo *data lakehouse* que permita ordenar grandes cantidades y diversos tipos de información de forma centralizada y, a la vez, integrar un modelo *data warehouse* (gobierno de datos) (Armbrust *et al.*, 2021). En la gobernanza de datos, una serie de reglas, compromisos y responsabilidades garantiza el acceso y la calidad de la información durante la gestión del proceso. En esa misma línea, la gestión estandarizada de los metadatos, mediante el uso de glosarios o mapas conceptuales para los usuarios, será un recurso determinante (Guillén-Aguinaga *et al.*, 2025). Por último, el gobierno de datos aseguraría que la información que se maneja cumpla con los fines institucionales de la organización, lo que haría posible su uso estratégico (Guillén-Aguinaga *et al.*, 2025).

Finalmente, los expertos coincidieron en que la trazabilidad efectiva depende de la tecnología, de procesos eficientes y de una cultura organizacional orientada a la mejora continua; cuanta más información se pueda digitalizar, mejores serán los resultados operativos, regulatorios y competitivos. Por esta razón, algunos de los indicadores clave de desempeño (KPI) para monitorear el seguimiento de las materias primas en la empresa analizada serían el porcentaje de envíos con trazabilidad completa (*door to door*), el

porcentaje de órdenes o pedidos con rastreo en tiempo real de punta a punta (*traceability*) y los tiempos de entrega de los pedidos (*delivery time*), entre otros (Rasool *et al.*, 2023).

Casos internacionales y empresariales refuerzan estos hallazgos (Maersk, 2025; Mexico Industry, 2023; The Logistics World, 2024). Empresas mexicanas como Frialsa Frigoríficos y Nowports demuestran que la aplicación del IoT y el *big data* transforma la trazabilidad al brindar visibilidad total y facilitar decisiones basadas en datos. Frialsa combina sensores IoT, telemetría y sistemas de gestión de almacenes (WMS, por sus siglas en inglés) con analítica predictiva para monitorear sus operaciones en tiempo real. Nowports integra IoT, *big data* e IA para ofrecer rastreo total de embarques y análisis mediante *machine learning*. Ambas han logrado reducir retrasos logísticos en más del 40 % y mejorar la toma de decisiones gracias a la información centralizada (Alfaro, 2022; Frialsa, 2025; Dabdoub, 2023; Nowports, 2026).

A nivel internacional, países como Estados Unidos y China lideran la adopción y el desarrollo de tecnologías relacionadas con la industria 4.0. Son potencias en investigación, patentes, centros de datos, adopción de redes 5G e inversión en IA, y concentran el 94 % del financiamiento global destinado a *startups* de IA (Sirimanne, 2022). En el sector manufacturero, empresas como Alcar Ruote y Schneider Electric han demostrado resultados significativos. Alcar Ruote utiliza *software* avanzado y sensores para anticipar fallas y reducir tiempos muertos, mientras que Schneider Electric ha transformado su planta en Lexington con realidad aumentada y etiquetas de identificación por radiofrecuencia (RFID, por sus siglas en inglés), lo que ha reducido los tiempos de mantenimiento en un 20 % y ha permitido el seguimiento en tiempo real de cada pieza durante la producción.

Estos casos muestran cómo empresas de distintos países ya aprovechan la industria 4.0 para producir con mayor velocidad, consistencia y precisión, lo cual evidencia que la tecnología es un aliado clave para transformar la manufactura moderna.

5. Conclusiones

Se concluye que la incorporación de tecnologías de la industria 4.0, especialmente el IoT y el *big data*, es esencial para fortalecer la trazabilidad en el eslabón de distribución de CPC Logistics. Estas herramientas hacen posible el monitoreo continuo de la información logística, la anticipación de errores y la integración de datos en tiempo real entre los actores de la cadena de suministro. La investigación evidencia que su aplicación no solo agiliza y hace más precisa la gestión logística, sino que también mejora la visibilidad a través de sensores, plataformas digitales y sistemas analíticos que integran los datos generados durante la distribución del acero y la arena sílica importados desde China, lo cual optimiza el control operativo y favorece la continuidad productiva.

De igual forma, se confirma que la digitalización efectiva requiere más que adoptar tecnología: exige un cambio estructural en la cultura organizacional, procesos claros y una correcta alineación entre personas y tecnología. Las empresas que alcanzan una trazabilidad avanzada son aquellas que fortalecen la comunicación interna, definen procesos para la gestión de materiales y capacitan continuamente a su personal en plataformas digitales, análisis de datos y operación de sensores IoT. Esto demuestra que el éxito de la transformación digital depende tanto de la herramienta como de quienes la operan.

Otro beneficio importante es el aumento de la transparencia logística. La trazabilidad digital registra cada movimiento de la materia prima desde el origen hasta la planta, lo que genera información precisa que fortalece la comunicación con los proveedores internacionales y la confianza en la cadena de suministro. A ello se suma que el análisis de grandes volúmenes de datos ofrece una visión más completa de la operación, facilita la toma de decisiones estratégicas y ayuda a identificar patrones y áreas de oportunidad que mejoran la planeación y reducen errores.

En el caso de CPC Logistics, se confirma que la digitalización del eslabón de distribución representa una oportunidad clave para fortalecer su competitividad, al mejorar la gestión del flujo de materiales y de los tiempos de entrega frente a competidores que aún operan de forma manual. Además, se demuestra que la trazabilidad digital es un componente estratégico que impulsa la innovación, eleva los estándares de calidad y fomenta la mejora continua.

Con base en los resultados, se recomienda implementar un WMS conectado a sensores IoT para registrar en tiempo real la entrada y salida de acero y arena sílica, monitorear las condiciones de transporte y generar alertas ante desviaciones. También se sugiere integrar una plataforma central de *big data* que concentre información de importaciones, transporte y producción, con tableros de control que faciliten el seguimiento de indicadores y la planeación de inventarios.

Es necesario resaltar la relevancia del enfoque *lakehouse*, que, mediante la arquitectura y la gobernanza de los datos, favorece la transición a la analítica avanzada y el desarrollo de modelos predictivos que contribuyan a mejorar la trazabilidad de las materias primas importadas desde China o, en su defecto, a detectar problemas con proveedores, cambios de rutas o incluso desabasto de componentes. Para ello, las pruebas piloto antes de la implementación de tecnologías habilitadoras de la industria 4.0 serían determinantes para hacer más eficientes los procesos logísticos en la empresa.

Otra recomendación es colaborar con una naviera que utilice sistemas de rastreo GPS y geocercas virtuales para obtener visibilidad total del trayecto internacional, anticipar retrasos y mejorar la comunicación con los proveedores chinos. Asimismo, herramientas como el *blockchain* o los códigos únicos de seguimiento pueden fortalecer la transparencia, reducir errores humanos y mejorar el intercambio de información con socios comerciales y autoridades aduaneras. Para asegurar su efectividad, estas tecnologías deben complementarse con programas de capacitación y alianzas con socios tecnológicos que ya utilicen soluciones de la industria 4.0.

La creación de alianzas estratégicas con organizaciones especializadas en monitoreo, análisis de datos o gestión inteligente de inventarios puede acelerar el aprendizaje y facilitar la transferencia de conocimiento. En este sentido, la iniciativa Nuevo León 4.0, en México, representa un aliado potencial al promover el acceso a tecnologías avanzadas, la formación de capital humano y la competitividad regional. Nuevo León 4.0 es un modelo de quinta hélice, un ecosistema de colaboración entre gobierno, academia e industria que desarrolla infraestructura, capacidades técnicas y tecnológicas y un ambiente sociopolítico que incentiva el desarrollo industrial (Nuevo León 4.0, 2025).

Desde el ámbito académico, se reconocen las limitaciones derivadas de un estudio centrado en una sola organización; sin embargo, este ofrece una visión aplicable

sobre cómo las tecnologías de la industria 4.0 fortalecen la trazabilidad en empresas manufactureras mexicanas. Para futuras investigaciones, se sugiere analizar empresas de distintos sectores y explorar otras tecnologías habilitadoras de la industria 4.0, como la ciberseguridad, la automatización robótica o la simulación.

Asimismo, una limitante adicional del estudio es que no se están considerando propuestas financieras ni impactos económicos de inversión para las empresas interesadas en la implementación del IoT y del *big data* en esta primera etapa.

En conclusión, la transformación digital del eslabón de distribución no solo optimiza los procesos logísticos, sino que redefine la gestión de la cadena de suministro. Las tecnologías de la industria 4.0 contribuyen a un modelo empresarial más inteligente y colaborativo, en el cual la trazabilidad se posiciona como un factor estratégico para el éxito organizacional.

Rol del autor:

MJSG: Conceptualización, Metodología, Trabajo de campo y recolección de datos, Análisis formal, Administración del proyecto, Redacción del manuscrito, Redacción, revisión y edición final y Visualización

RRG: Conceptualización, Revisión de la literatura, Trabajo de campo y recolección de datos, Análisis formal, Redacción, revisión y edición final y Visualización

MAGR: Conceptualización, Metodología, Trabajo de campo y recolección de datos, Análisis formal, Redacción, revisión y edición final y Visualización

GVV: Conceptualización, Revisión de la literatura, Trabajo de campo y recolección de datos, Análisis formal, Redacción del manuscrito y Visualización

KMNA: Conceptualización, Revisión de la literatura, Metodología, Análisis formal, Administración del proyecto, Supervisión y Redacción, revisión y edición final.

bibliografía

- Alfaro, Y.**
Nowport se convierte en el unicornio más nuevo de México con una ronda Serie C liderada por SoftBank. Bloomberg Línea. <https://www.bloomberglinea.com/english/nowport-becomes-mexicos-newest-unicorn-with-softbank-led-series-c-round/>
- 2022
- Arino, A., LeBaron, C. & Milliken, F.**
 Publishing qualitative research in Academy of Management Discoveries. *Academy of Management Discoveries*, 2(2), 109-113. <https://doi.org/10.5465/amd.2016.0034>
- 2020
- Armbrust, M., Ghodsi, A., Xin, R. & Zaharia, M.**
Lakehouse: a new generation of open platforms that unify data warehousing and advanced analytics. The Conference on Innovative Data Systems Research (CIDR). https://www.cidrdb.org/cidr2021/papers/cidr2021_paper17.pdf
- 2008
- Beck, H.**
 Concepto y presupuestos gnoseológicos del método inductivo. *Anuario Filosófico*, 1, 13-19. <https://doi.org/10.15581/009.1.30521>
- 2022
- Bettioli, M., Capestro, M., Di Maria, E. & Ganau, R.**
 ¿Es diferente esta vez? Cómo la Industria 4.0 afecta la productividad laboral de las empresas. *Small Business Economics*, 62, 1449-1467. <https://doi.org/10.1007/s11187-023-00825-8>
- 2014
- Cerdeiro, D. & Hansen, N.**
El desafío de las cadenas de suministro. Fondo Monetario Internacional. <https://www.imf.org/es/Publications/fandd/issues/2022/06/the-stretch-of-supply-chains-B2B>
- 2019
- Chen, M.**
 ¿Qué es Big Data? Oracle. <https://www.oracle.com/mx/big-data/what-is-big-data/>
- Dabdoub, A.**
 La revolución de la inteligencia artificial. *Latitudex*, (10), 38-45. https://drive.google.com/file/d/1GeRtPUU_s-kJQh74-n3svUgTFPYg-nua/view
- 2011
- Enríquez, A.**
Internet de las cosas (IoT): el motor de la industria 4.0. Tractian. <https://tractian.com/es/blog/internet-de-las-cosas-motor-de-la-industria-4-0>
- 2018
- Escuela de Posgrado Newman.**
 ¿Qué es la cadena de suministro o supply chain? <https://www.epnewman.edu.pe/revista/ingenieria/cadena-de-suministro/>
- 2012
- Foro Económico Mundial.**
Cómo TradeTech revoluciona el comercio mundial. <https://es.weforum.org/stories/2024/07/como-tradetech-revoluciona-el-comercio-mundial-1bac641b2f/>
- Frialsa.**
Acerca de Frialsa: Soluciones en logística para la cadena en frío. <https://frialsa.com.mx/es/acerca-de/#:~:text=Nuestra%20historia>
- 2016
- Frialsa.**
Almacenamiento en frío en México. <https://frialsa.com.mx>
- 2022
- George, T.**
Entrevista semiestructurada. Definición, guía y ejemplos. Scribbr. <https://www.scribbr.com/entrevista-semiestructurada/>

bibliografía

- scribbr.com/methodology/semi-structured-interview/
- 2020 **Guillén-Aguinaga, M., Aguinaga-Ontoso, E., Guillen-Aguinaga, L., Guillen-Grima, F. & Aguinaga-Ontoso, I.**
Data quality in the age of AI: a review of governance, ethics, and the FAIR principles. *Data*, 10(12), 201. <https://doi.org/10.3390/data10120201>
- 2010 **Hernández-Sampieri, R. & Mendoza, C.**
Metodología de la investigación: las rutas cualitativa, cuantitativa y mixta. McGraw Hill Education.
- IBM.**
¿Qué es la industria 4.0? <https://www.ibm.com/mx-es/think/topics/industry-4-0>
- 2007 **IEBS Business School.**
La cadena de gestión de suministro (SCM): qué es y cuáles son las ventajas que ofrece. <https://www.iebschool.com/hub/cadena-gestion-suministro-negocios-internacionales/>
- 2013 **Kamble, S., Gunasekaran, A. & Sharma, R.**
Análisis del poder impulsor y dependiente de las barreras para adoptar la industria 4.0 en la industria manufacturera india. *Computers in Industry*, 101, 107-119. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.06.004>
- 2017 **Krippendorff, K.**
Análisis de contenido: una introducción a su metodología (4.ª ed.). SAGE Publications. <https://doi.org/10.4135/9781071878781>
- 2016 **Lantek.**
Los 9 pilares de la industria 4.0. <https://www.lantek.com/us/blog/the-9-pillars-of-industry-40>
- 2004 **López, P. & Romero, L.**
Infraestructura, clave para crecer y reducir las desigualdades. Gaceta UNAM. <https://www.gaceta.unam.mx/infraestructura-clave-para-crecer-y-reducir-las-desigualdades/>
- 2011 **Maersk.**
Transporte marítimo inteligente: Maersk mejora la conectividad IoT en toda su flota. <https://www.maersk.com/news/articles/2025/05/05/maersk-upgrades-iot-connectivity-across-its-fleet>
- 2001 **Mexico Industry.**
Nowports, el agente de carga digital que se convirtió en el primer unicornio LogiTech de Hispanoamérica. <https://mexicoindustry.com/noticia/nowports-el-agente-de-carga-digital-que-se-convirtio-en-el-primer-unicornio-logitech-de-hispanoamerica>
- 2019 **Nuevo León 4.0.**
Nuevo León 4.0. Estado inteligente. <https://www.nuevoleon40.org/>
- 2005 **Moreno, J. P.**
La importancia de la cadena de suministros en el comercio internacional [Tesis de pregrado, Universidad Militar Nueva Granada]. <https://repository.umng.edu.co/server/api/core/bitstreams/7f924959-c8d4-485d-b35a-cdac0a9f2b1f/content>

bibliografía

- Nasapack.**
¿Cuáles son los eslabones de la cadena de suministro? <https://www.nasapack.com/eslabones-logisticos/>
- Nowports.**
Freight forwarder digital expert en LATAM.
<https://nowports.com/>
- 2019
- Organización Mundial del Comercio.**
Informe sobre el comercio mundial 2023. La reglobalización para un futuro seguro, inclusivo y sostenible. https://www.wto.org/spanish/res_s/booksp_s/wtr23_s/wtr23_s.pdf
- 2020
- Rasool, F., Greco, M. & Strazzullo, S.**
 Understanding the future KPI needs for digital supply chain. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 25, 550-561.
<https://doi.org/10.1080/16258312.2023.2253524>
- 2011
- Rojas, A.**
El futuro de la logística en México.
 Latitudex. <https://latitudex.com.mx/clonar-esta-entrada-8/>
- 2002
- SAP.**
Industria 4.0: el futuro de la fabricación.
<https://www.sap.com/latinamerica/products/scm/industry-4-0/what-is-industry-4-0.html>
- 2021
- Sirimanne, S.**
¿Qué es la "Industria 4.0" y qué significará para los países en desarrollo? Foro Económico Mundial. <https://es.weforum.org/stories/2022/05/que-es-la-industria-4-0-y-que-significara-para-los-paises-en-desarrollo/>
- 2012
- Stake, R. E.**
El arte de la investigación de estudio de caso. SAGE Publications.
- The Logistics World.**
 Inteligencia artificial y logística: casos de éxito de su implementación. <https://thelogisticsworld.com/actualidad-logistica/inteligencia-artificial-y-logistica-casos-de-exito-de-su-implementacion/>
- UNIR.**
¿Qué es la trazabilidad logística?
<https://www.unir.net/revista/ingenieria/trazabilidad-logistica/>
- Velásquez, G.**
Eslabón por eslabón, la importancia de la cadena de abastecimientos. Conexión ESAN. <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/eslabon-por-eslabon-la-importancia-de-la-cadena-de-abastecimientos>
- Yin, R. K.**
Investigación y aplicaciones de estudios de caso: diseño y métodos (6.ª ed.). SAGE Publications. <https://uk.sagepub.com/en-gb/eur/case-study-research-and-applications/book250150#description>