

## *Elementos de la Industria 4.0 y su relación con la rentabilidad en las Pymes en México: Una revisión sistemática de la literatura (RSL)*

*(Elements of Industry 4.0 and its relationship with profitability in SMEs in Mexico: A systematic review of the literature (RSL))*

Reynol Eloy Villarreal-González<sup>1</sup>  y Rogelio Rocenber de Hoyos-Mata<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Nuevo León – Facultad de Contaduría Pública y Administración (México), [reynol.villarrealgn@uanl.edu.mx](mailto:reynol.villarrealgn@uanl.edu.mx)

<sup>2</sup> Universidad Autónoma de Nuevo León – Facultad de Contaduría Pública y Administración (México), [rogelio.dehoyosm@uanl.edu.mx](mailto:rogelio.dehoyosm@uanl.edu.mx)

### Resumen

**Cómo citar:** De Hoyos-Mata, R. R., & Villarreal González, R. E. Elements of Industry 4.0 and its relationship with profitability in SMEs in Mexico: A systematic review of the literature (RSL). *Vinculatégica EFAN*, 12(1). <https://doi.org/10.29105/vtga12.1-1190>

Este artículo investiga la relación entre las características de la Industria 4.0 y la rentabilidad de las Pymes en México mediante una revisión sistemática de la literatura. La investigación revela cómo el uso de tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), sistemas ciberfísicos, análisis de Big Data, la inteligencia artificial y la interoperabilidad influyen en los indicadores económicos y la competitividad de las empresas. La investigación utiliza una estrategia metodológica de carácter cualitativo de tipo exploratorio-descriptivo documental, mediante el uso de métodos históricos, analíticos y documentales con el fin de analizar bibliografías especializadas y fuentes en bases científicas como Redalyc, Scielo y Scopus, utilizando para la elección de contenidos criterios de validez como credibilidad, transferibilidad y confiabilidad. Los primeros resultados revelan una positiva relación con la implementación de estas tecnologías y el crecimiento de rentabilidad, que se manifiesta como una disminución de los costos operativos, la mejora de procesos y nuevos modelos de negocio. La investigación pretende brindar un marco teórico sólido que oriente las decisiones estratégicas de digitalización en las Pymes mexicanas, y con ello coadyuvar en su mejora de la competitividad en un entorno industrial en transición.

Información revisada por arbitraje tipo doble par ciego.

**Recibido:** 14 de abril del 2025

**Aceptado:** 17 de mayo del 2025

**Publicado:** 30 de enero de 2026

**Palabras clave:** Transformación Digital, Industria 4.0, Rentabilidad, Big Data, Sistemas de Información,

**Códigos JEL:** O33, O32, L60, L25, M15.

### Abstract

This article investigates the relationship between the characteristics of Industry 4.0 and the profitability of SMEs in Mexico through a systematic review of the literature. The research reveals how the use of technologies such as the Internet of Things (IoT), cyber-physical systems, Big Data analytics, artificial intelligence and interoperability influence economic indicators and the competitiveness of companies. The research uses a qualitative methodological strategy of an exploratory-descriptive documentary type, through the use of historical, analytical and documentary methods in order to analyze specialized bibliographies and sources in scientific bases such as Redalyc, Scielo y Scopus, using validity criteria such as credibility, transferability and reliability for the selection of contents. The first results show a relation with the implementation of these technologies and profitability growth, which manifests itself as a decrease in operating costs, process improvement and new business models. The research aims to provide a solid theoretical framework that guides strategic digitalization decisions in Mexican SMEs and thereby contribute to their improvement of competitiveness in an industrial environment in transition.

**Key words:** Digital Transformation, Industry 4.0, Profitability, Big Data, Information Systems,  
**JEL Codes:** O33, O32, L60, L25, M15.



**Copyright:** © 2025 por los autores; licencia no exclusiva otorgada a la revista VinculaTégica EFAN. Este artículo es de acceso abierto y distribuido bajo una licencia de Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0). Para ver una copia de esta licencia, visite <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## Introducción

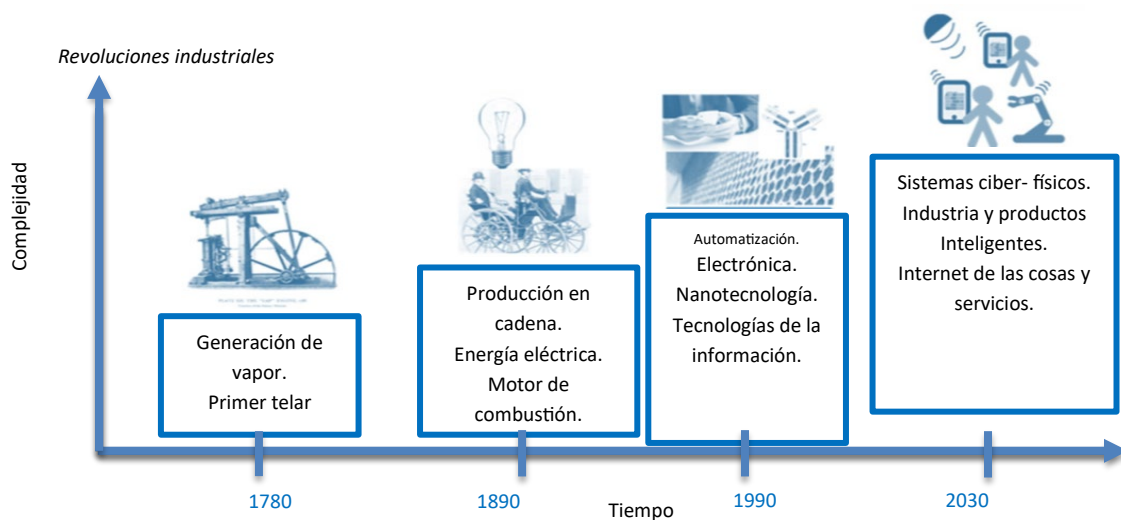
Esta revolución industrial causada por la Industria 4.0 actual y los procesos productivos inteligentes forman parte de un proceso de transformación digital en la que el uso óptimo de la tecnología y de información de datos de información se han creado para formar soluciones de sistemas de gestión e innovación con el objeto de reducir gastos y costos en el proceso de fabricación y tener una propuesta de valor atractiva para los clientes.

Es importante y prioritario tomar una nueva adopción para la competitividad y el aumento en la rentabilidad de las pymes, así como mostrar la fiabilidad e importancia de tener con buena automatización de los procesos administrativos y el adecuado uso de las herramientas tecnológicas.

En México hay más de 4.7 millones de microempresas. Las pymes suman 201,000 y representan 20% de empleabilidad; por su parte, las medianas empresas llegan a 40,000 y generan 18% de la empleabilidad. Estos negocios se enfocan en actividades como el del vestido, el comercio, los servicios y muchos trabajos de forma independiente como los servicios tecnológicos de software. “En la época actual, el emprendimiento impulsará la innovación”, señaló Gustavo Parés Arce, director general de la empresa de IA Nearshore Delivery Solutions. La industria de servicios tecnológicos crea más de 25 millones de puestos de trabajo en el mundo, sin embargo, México solo representa menos del 2% de la participación global.

En relación con el aumento de mano de obra calificada en el mundo con compañías interconectadas la Inteligencia Artificial puede ofrecer elementos indispensables en países subdesarrollados.

**Figura 1.** *Revoluciones industriales*



Fuente: Dombrowski y Wagner (2014)

La primera revolución industrial tuvo su origen en Inglaterra y esta asume el paso a una economía meramente urbanizada. Su gran motor fue la máquina de vapor. En la segunda revolución industrial aparece el sector automotriz y la industria y química. Hay una masiva disminución de los costos. En la tercera revolución industrial aparecen los robots y los sistemas automatizados y en la cuarta revolución industrial o también llamada Ciber Industria, está basada en la revolución de los datos y el debido uso del internet. La gestión se hace de manera preventiva, remota y colaborativa (Figura 1).

### ***La Evolución de la Industria 4.0***

El término de Industria 4.0 surgió en Alemania en el 2011, creado por un equipo de ingenieros especializados que convocó Alemania, para diseñar un programa que permita aumentar la competitividad y productividad principalmente en la industria manufacturera. El concepto fue creado en la feria de Hannover de 2011 y tuvo gran aceptación en pocos meses. Con esto, el concepto Industria 4.0 se adaptó como un elemento estratégico de Alta Tecnología en 2020 y desde entonces se convirtió en uno de los ejes de la Cuarta Revolución Industrial.

La Industria 4.0 a la que le separan 50 años de su antecesora y promueve la transformación de nuevos sistemas físicos y operativos que trabajan como redes y están elaboradas sobre los cimientos de la tercera revolución industrial. (Klaus, Schwab, 2016). Consiste primordialmente en una mezcla de factores tecnológicos que se mezclan entre lo digital, lo físico y lo biológico, obteniendo una fusión entre ellos y ocasionando un radical cambio de patrón (Foro Económico Mundial, 2016). Esta Industria 4.0 es la fase de la digitalización de la industria de manufactura y está y está acelerada por el gran volumen de los datos, sistemas ciber físicos y la conectividad.

Entre los pilares tecnológicos de la Industria 4.0 se destacan:

I.- Aceptan la conexión de factores operacionales, de comunicación y tecnológicos de la información. Conectan productos con máquinas, máquinas con otras máquinas y estas las conforman en distintas maneras dentro del proceso de producción.

II.- Internet de las cosas (IoT): Acepta formas de comunicación de distintas direcciones entre máquinas, personas y productos, facilita la toma de decisiones con argumentos sólidos en la información derivada de su ambiente local. Estas máquinas automatizan procesos y ciertas claves que de otra forma el humano lo realizaba.

III.- Interoperabilidad; El cambio en la apertura de los datos, entre TI y sus sistemas los equipos industriales es clave en la Industria 4.0. El software en las fábricas y la computación en la nube y los centros de datos necesita poder leer la información de las redes de sensores para alimentar la toma de decisiones autónoma y mejorar la producción.

IV.- Impresión 3D: Aprueba la manufactura de ítems a partir de distintos materiales tomando como punto de base un previo diseño, de forma directa del modelo virtual y no centraliza el diseño y desarrollo de productos y adhiere componentes de productos, hardware y software y otros tipos de servicio industrial.

V.- Inteligencia de Datos y síntesis de estos: Se caracteriza por un gran volumen, variedad y velocidad de información no estructurada y estructurada (PECD, 2016). Dichos datos se reportan por equipos y máquinas, micrófonos, celulares, equipo con sensores incluidos y previenen de distintas fuentes, tales como, redes sociales, como empresas, clientes, ciertas empresas o proveedores.

VI.- Procesamiento en la nube: Ofrece oferta de almacenamiento, rápido acceso y algunos otros servicios informáticos. Puede referirse en tres clasificaciones: infraestructura como servicio, plataforma como servicio y software como servicio.

VII.- Realidad Virtual: Acepta y el ajuste y representación de manera virtual del trabajo en equipo entre individuos, máquinas y procesos con apertura en tiempo real para ser llevados a cabo, ayuda a prevenir desperfectos mediante la detección, procesos eficaces y hace una evaluación de los controles y ambientes de estos.

VIII.- Sistemas Inteligentes (IA): Crea algoritmos y ejecuta el desarrollo que deja las computadoras con un procesamiento de información a una rapidez poco convencional y accede a un aprendizaje autónoma de forma automatizada.

IX. Seguridad Informática: Es mandatorio que las otras tecnologías tengan inadecuada y mejor apertura a la digitalización.

X.- Realidad Holográfica: Aprueban la configuración en el ambiente real de objetos digitales.

### ***Planteamiento del Problema***

La digitalización de la cuarta revolución Industrial es un nuevo paradigma y trae consigo importantes implicaciones económicas para el sector industrial. Aunque hay mucha literatura técnica que aborda sus componentes tecnológicos, todavía hay una falta de claridad sobre cómo estos elementos —como el IoT en los procesos productivos, los sistemas ciberfísicos, la inteligencia de datos, la IA, y la interoperabilidad— afectan a los negocios en su rentabilidad. En las organizaciones a menudo no existe un marco teórico que esté bien integrado y respaldado por evidencia que explique las conexiones entre estas tecnologías y el retorno financiero. Esta investigación busca analizar de manera crítica la literatura científica y los casos de estudio existentes para crear un modelo que explique las relaciones entre los cuatro componentes clave de la Industria 4.0 y la rentabilidad, ofreciendo así una base teórica sólida que ayude al proceso de toma de decisiones estratégicas en un ambiente para la transformación digital industrial especialmente para las Pymes en México.

### ***Pregunta de Investigación***

¿Qué relación existe entre la implementación de la IoT en los procesos de producción, los sistemas ciberfísicos, la analítica de Big Data y la inteligencia artificial, junto con la interoperabilidad, y la rentabilidad de las empresas que han adoptado el modelo de Industria 4.0? de acuerdo con la literatura científica y técnica actual.

### **Marco Teórico**

#### ***Marco de la variable dependiente Y (Rentabilidad)***

La rentabilidad se considera de una forma generalizada como la aptitud o capacidad de la empresa para generar rendimientos partiendo de inversiones realizadas. De forma que, se afirma que la rentabilidad es resultado concreto que se obtuvo a partir de una transacción económica, ya sea de intercambio, productivas influyen a las de transformación, considerando que la utilidad aparece en su proceso final. Lizcano y Castello (2004).

De la misma manera las teorías de crecimiento empresarial encabezadas por (Alchian,1950) argumentan el impulso positivo de la rentabilidad al crecimiento. Estas teorías plantean que las empresas más rentables son las que tienen mayor crecimiento, derivado de su capacidad de otorgar beneficios. Myers y Majluf (1984) argumentan que las empresas que acceden a la financiación interna en lugar de la externa debido a la existencia de información positiva entre la empresa y los inversionistas externos. Es mandatorio un incremento en las utilidades retenidas para poder acceder a inversiones que permitan a la empresa ser sostenible, aunque esta dependencia disminuye en las grandes corporaciones derivado del fácil acceso al financiamiento con respecto a las pymes.

Por otro lado, las teorías de agencia argumentan una influencia negativa entre rentabilidad y crecimiento, y esto se debe a dos alternativas: Que el crecimiento afecte de forma negativa a la rentabilidad y que la rentabilidad afecte de forma crecimiento al crecimiento. Atendiendo a la primera posibilidad, implica que un crecimiento acelerado de las empresas puede afectar la rentabilidad. Un aumento descontrolado de tamaño provoca complejidad en la empresa y esto crea dificultades en la empresa y en su administración, provocando que las empresas sean poco rentables. Según Lee (2014), en países donde no existe un fuerte marco legal de los negocios para los inversionistas, la relación entre rentabilidad y crecimiento es escasa.

El segundo escenario deriva que la inversión activa es necesaria para aumentar la rentabilidad de las empresas. Pero la influencia positiva de rentabilidad sobre crecimiento ocurre en un contexto donde debe ser adecuado el crecimiento y la inversión. Las empresas primero llevan a cabo los proyectos más rentables y posteriormente los proyectos menos rentables, teniendo como

consecuencia baja rentabilidad debido al crecimiento.

El análisis de sensibilidad de la rentabilidad tiene relación cercana con la teoría de persistencia de la rentabilidad (persistence of profitability). Según Mueller (1977) en los mercados eficientes, las rentabilidades anormales debido a la competencia de mercado se normalizan. Los competidores pueden acarrear 2 efectos en las empresas que son rentables: En primera instancia se distingue que las empresas rentables recibirán dividendos futuros debido a las ventajas competitivas específicas de cada empresa al evadir la falsificación que dificultan la llegada de nuevas empresas. Y en segunda instancia, las empresas que actualmente son rentables pueden tener efectos adversos debido a basar sus rentabilidades en imitación de los competidores.

### ***Marco de la variable XI (Rentabilidad)***

El Internet de las Cosas (IoT) se refiere a la interconexión de dispositivos físicos mediante redes de comunicación, permitiendo recopilar y compartir datos en tiempo real. Esta tecnología transforma procesos industriales al permitir la supervisión remota, la eficiencia operativa y la automatización. El IoT en las industrias permite acortar tiempos de inactividad, anticipar fallos y optimizar recursos, lo que incide directamente en la rentabilidad financiera de las organizaciones.

La teoría de la Industria 4.0 plantea la fusión de procesos industriales con tecnologías digitales para conformar fábricas inteligentes. Esta teoría considera al IoT como uno de sus ejes centrales, permitiendo a las organizaciones mejorar sus márgenes de ganancia al incrementar la eficiencia y reducir pérdidas (Código IoT, 2023). En relación con la rentabilidad, se sostiene que la digitalización mediante IoT permite mayor control sobre los costos operativos y genera datos útiles para la toma de decisiones estratégicas.

Un caso representativo de México pertenece a la empresa Fractal, dedicada a soluciones de mantenimiento predictivo mediante IoT. Sus tecnologías han permitido a organizaciones reducir significativamente costos operativos y aumentar su tiempo productivo, lo que ha repercutido positivamente en sus márgenes financieros (El País, 2025). Estos hallazgos respaldan la premisa de que el IoT puede impactar la rentabilidad cuando se integra adecuadamente en los sistemas de producción.

Este estudio realizado por José Luis Cuevas Ruíz en el Centro de Estudios del Instituto Federal de Telecomunicaciones analiza el impacto del IoT en los sectores productivos, identificando sus características principales, funcionamiento, cadena de valor, y áreas de oportunidad en México. El estudio destaca que la implementación de IoT ha logrado crecimientos importantes en el producto interno bruto (PIB) de varios países (Cuevas Ruíz, 2020).

### ***Marco de la variable X2 (Implementación de sistemas ciber físicos)***

Los sistemas ciberfísicos (CPS) son redes de elementos físicos interconectados por software y algoritmos computacionales. Se utilizan para monitorear y controlar procesos físicos mediante retroalimentación continua. En entornos industriales, estos sistemas permiten automatizar tareas complejas y adaptar los procesos a los cambios de la demanda, contribuyendo así a una mayor eficiencia y rentabilidad (Sánchez & Arancibia, 2021).

El artículo "El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras" (Ynzunza Cortés, 2017) explica cómo los Sistemas Ciberfísicos (CPS), al monitorear procesos físicos y crear una copia virtual del mundo real, permiten decisiones descentralizadas. Esta capacidad de los CPS aumenta la flexibilidad y eficiencia en la manufactura, lo cual contribuye directamente a la rentabilidad de las empresas. La implementación de CPS facilita la optimización de recursos y la reducción de tiempos improductivos, mejorando así los indicadores de rentabilidad.

La relación entre la implementación de sistemas ciber-físicos (CPS) y la rentabilidad empresarial ha sido objeto de diversos estudios en el contexto de la Industria 4.0. Por ejemplo, un análisis realizado en el Instituto Tecnológico de Tijuana destaca cómo los CPS, al integrarse en procesos de investigación y desarrollo, pueden optimizar la producción y reducir costos, lo que impacta positivamente en la rentabilidad (González et al, 2021). Asimismo, en la Universidad de Zaragoza, se ha estudiado la implementación de indicadores en sistemas ciber-físicos, concluyendo que la medición precisa de procesos permite una gestión más eficiente y, por ende, una mejora en los resultados financieros (Morella Avinzano, 2022). Por otro lado, un estudio de la Universidad El Bosque en Bogotá señala que los CPS, combinados con tecnologías como Big Data, fortalecen la responsabilidad social empresarial y la sostenibilidad, lo que indirectamente contribuye a la rentabilidad al mejorar la percepción y el posicionamiento de la empresa (Correa Vera & Reyes Samacá, 2020).

En la industria aeroespacial mexicana, estudios demuestran que los CPS mejoran la eficiencia y calidad en la producción al responder rápidamente a cambios en diseños o materiales, lo cual evita pérdidas económicas por errores o tiempos muertos. Esta tecnología ha sido evaluada como una herramienta efectiva para sostener márgenes de utilidad en industrias de alta complejidad (Sánchez & Arancibia, 2021).

### ***Marco de la variable X3 (Analíticos de Big data e IA)***

La Analítica de Big Data referencia al proceso de revisión y analizar extensos volúmenes de información descubriendo paradigmas ocultos y algunas otras correlaciones no conocidas que pueda ayudar a las organizaciones en el proceso de toma de decisiones (Witkowski, 2017). Este proceso

implica el uso de tecnologías avanzadas y algoritmos para procesar datos que, debido a su volumen, velocidad y variedad, no pueden ser manejados eficazmente por herramientas tradicionales de gestión de datos. Según Wu, et al. (2016), la analítica de Big Data es el resultado de la combinación de técnicas de aprendizaje automático y computación en la nube, lo que permite procesar y analizar datos a una escala sin precedentes.

Por su parte, la inteligencia artificial (IA) se define como la capacidad de las máquinas para imitar funciones cognitivas humanas como la resolución de problemas y el aprendizaje (Tejeda Vega, 2022).

Ambos conceptos han cobrado relevancia debido al crecimiento exponencial de los datos generados y al avance tecnológico. La implementación de herramientas de IA y Big Data permite mejorar procesos empresariales, optimizar recursos y aumentar la rentabilidad.

La Inteligencia Artificial (IA) es el campo de la informática que se enfoca en el desarrollo de sistemas capaces de realizar tareas que cuando las realiza un humano, requieren un nivel de inteligencia. Estas tareas incluyen el razonamiento, el aprendizaje, la comprensión del lenguaje natural y la percepción. La IA es en el análisis de Big Data una herramienta fundamental que permite automatizar el proceso de análisis y extraer información valiosa con datos complejos. Según el informe de Google AI (2022), los avances en IA han permitido desarrollar modelos como PaLM 2, que mejoran significativamente las capacidades multilingües y de razonamiento, facilitando así el análisis de datos en diversos contextos.

La aplicación de la analítica de Big Data y la IA en las organizaciones mejora de forma significativa la toma de decisiones, optimizar las operaciones y, en consecuencia, aumentar la rentabilidad financiera. La teoría del apalancamiento operativo sugiere que una empresa puede incrementar su rentabilidad mediante la mejora de la eficiencia operativa y la optimización de su estructura de costos. Al mejorar la eficiencia y reducir los costos operativos, las empresas pueden aumentar sus márgenes de ganancia sin necesidad de incrementar significativamente sus ingresos.

Adicionalmente, la capacidad de adaptación a los cambios de mercad de una empresa y saber aprovechar nuevas oportunidades es fundamental para su éxito financiero. La analítica de Big Data y la IA permiten a las organizaciones identificar tendencias emergentes, comprender las necesidades de los clientes y responder de manera más efectiva a las dinámicas del mercado se traduce en una mayor capacidad para generar ingresos y mejorar la rentabilidad.

Un ejemplo de la aplicación de estas tecnologías es el modelo de programación MapReduce, desarrollado por Google, que permite el procesamiento eficiente de grandes volúmenes de datos en clústeres de computadoras. Este modelo ha sido fundamental para el desarrollo de aplicaciones de Big Data y ha permitido a las empresas procesar y analizar datos a una escala sin precedentes, lo que

contribuye a mejorar la toma de decisiones y la rentabilidad financiera.

Un estudio realizado por Ahmed Memon, et al(2017) destaca la importancia de la analítica de Big Data en diversos sectores, incluyendo la agricultura, la banca, la educación y la salud. Los autores señalan que la implementación de técnicas de analítica de Big Data puede mejorar significativamente la eficiencia operativa y la toma de decisiones en las organizaciones, lo que a su vez puede conducir a una mayor rentabilidad financiera.

En el contexto de Mexico y América Latina, la adopción de tecnologías de Big Data y IA ha ido en aumento, con empresas e instituciones académicas invirtiendo en estas áreas para mejorar su competitividad. Por ejemplo, en México, varias universidades y centros de investigación están desarrollando proyectos relacionados con la analítica de Big Data y la IA, enfocándose en aplicaciones que van desde la predicción de tendencias del mercado hasta la mejora de los servicios de salud.

La teoría de la ventaja competitiva de Porter se relaciona estrechamente con el uso de Big Data e IA. Estas tecnologías permiten a las organizaciones identificar oportunidades de mercado, prever riesgos y ajustar sus estrategias en tiempo real (Dlamini, 2024). La capacidad de predecir comportamientos del consumidor o de detectar fraudes financieros reduce costos y mejora los márgenes de ganancia.

Además, la teoría de la eficiencia de los mercados respalda el uso de datos analíticos para tomar decisiones más racionales y basadas en evidencia. Cuando se aplican técnicas de machine learning sobre datos históricos financieros, se pueden optimizar decisiones de inversión, distribución de recursos y desarrollo de productos (Witkowski, 2017).

#### ***Marco de la variable X4 (Interoperabilidad)***

La Interoperabilidad se define como la capacidad de diferentes sistemas, dispositivos o aplicaciones para conectarse y comunicarse de manera efectiva, permitiendo el intercambio y uso coherente de información. En el contexto de las tecnologías de la información, la interoperabilidad es esencial para garantizar que los sistemas heterogéneos puedan trabajar juntos sin problemas, lo que es fundamental para la integración de sistemas y la eficiencia operativa. Según Marín Morales (2002), la interoperabilidad implica la habilidad de dos o más sistemas o componentes para intercambiar información y utilizar la información intercambiada de manera efectiva, lo que es crucial para la integración de sistemas de información geográfica y otros sistemas complejos.

La interoperabilidad se refiere a la capacidad de los sistemas de información y las aplicaciones tecnológicas para comunicarse, intercambiar datos y utilizar la información intercambiada de forma efectiva (Marín Morales, 2002). Esta característica es fundamental para integrar diferentes

plataformas tecnológicas dentro de una organización, lo que facilita el flujo de información y mejora la toma de decisiones.

Según Rodríguez Valdez (2018), la interoperabilidad en instituciones académicas y empresariales ha sido clave para mejorar la eficiencia operativa, permitiendo una gestión más precisa de los recursos y el tiempo. En el ámbito financiero, se traduce en una mejor integración de los sistemas contables, de análisis y de reporte, lo cual impacta directamente en la rentabilidad

### ***Interoperabilidad y Rentabilidad Financiera***

La interoperabilidad entre sistemas financieros, como las infraestructuras de contraparte central (CCP), puede reducir riesgos y costos operativos, mejorando la estabilidad y rentabilidad financiera. La teoría de la eficiencia del mercado sugiere que los mercados financieros funcionan de manera más eficiente cuando la información se distribuye de manera libre y equitativa entre todos los participantes. La interoperabilidad facilita este flujo de información, permitiendo a las instituciones financieras operar de manera más eficiente y reducir los costos asociados con la falta de integración entre sistemas.

Además, la interoperabilidad permite a las empresas aprovechar mejor sus inversiones en tecnología al facilitar la integración de nuevos sistemas con los existentes. Esto reduce la necesidad de reemplazar sistemas completos y permite una adopción más rápida de nuevas tecnologías, lo que puede conducir a mejoras en la eficiencia operativa y, en última instancia, en la rentabilidad financiera.

Un ejemplo de la importancia de la interoperabilidad se observa en el sector de la salud, donde la capacidad de diferentes sistemas de información para compartir datos de manera efectiva es crucial para la prestación de servicios de atención médica de calidad. La interoperabilidad en este contexto permite una mejor coordinación de la atención, reduce la duplicación de pruebas y procedimientos, y mejora los resultados para los pacientes, lo que también tiene implicaciones financieras positivas para las instituciones de salud.

La teoría de los sistemas sociotécnicos sostiene que la integración tecnológica en una organización debe considerar tanto los elementos técnicos como los humanos. En este sentido, la interoperabilidad facilita esa integración, permitiendo que múltiples sistemas trabajen en conjunto para lograr objetivos financieros comunes (García & Rodríguez, 2017).

Asimismo, la teoría del alineamiento estratégico enfatiza que los sistemas tecnológicos deben alinearse con los objetivos de negocio. Un sistema interoperable permite conectar áreas clave como finanzas, recursos humanos y operaciones, lo que genera sinergias internas que fortalecen la rentabilidad.

## ***Interoperabilidad en América Latina***

La interoperabilidad es un tema de creciente interés en América Latina, especialmente en sectores como el de la salud y el financiero. Un estudio realizado por Rodríguez Valdez (2018) en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) exploró soluciones para integrar sistemas de videoconferencia H.323 y WebRTC, mejorando la colaboración académica. Este estudio destaca la importancia de la interoperabilidad para facilitar la comunicación y colaboración entre diferentes plataformas tecnológicas.

En el sector financiero, la interoperabilidad entre sistemas de pago y plataformas bancarias es esencial para mejorar la eficiencia y reducir los costos operativos. La integración de sistemas permite a las instituciones financieras ofrecer servicios más ágiles y seguros a sus clientes, lo que puede traducirse en una mayor satisfacción del cliente y una mejora en la rentabilidad financiera.

Un estudio realizado por Dlamini (2024) en empresas financieras de Sudáfrica reveló que aquellas que adoptaron herramientas de Big Data e inteligencia artificial mejoraron su rentabilidad en un 20% en dos años. La capacidad de analizar datos en tiempo real les permitió identificar ineficiencias operativas y tomar decisiones más informadas.

## **Método**

### ***Protocolo y registro***

Esta revisión sistemática siguió el protocolo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses).

### ***Criterios de elegibilidad***

Criterios de inclusión: Estudios publicados entre enero 2015 y diciembre 2024, Investigaciones que analizaran la relación entre al menos uno de los elementos de la Industria 4.0 y algún indicador de rentabilidad, Estudios enfocados en Pymes o que incluyeran datos específicos sobre ellas, Publicaciones en español o inglés, Estudios de cualquier diseño metodológico (cualitativos, cuantitativos o mixtos), Prioridad a estudios en contexto latinoamericano, especialmente mexicano

### ***Criterios de exclusión***

Estudios centrados exclusivamente en grandes empresas sin datos específicos para Pymes, Investigaciones enfocadas únicamente en aspectos técnicos sin relación con indicadores económicos, Literatura gris no evaluada por pares, Publicaciones con metodología deficiente según evaluación de calidad

### ***Fuentes de información***

Se consultaron las siguientes bases de datos desde su inicio hasta diciembre 2024: Web of Science, Scopus, Redalyc, Scielo, IEEE Xplore, Business Source Complete

Adicionalmente, se revisaron repositorios institucionales de universidades latinoamericanas y se realizó búsqueda manual en las referencias de los artículos seleccionados.

### ***Estrategia de búsqueda***

La estrategia de búsqueda incluyó términos MeSH y palabras clave relacionadas con los conceptos principales: ("Industria 4.0" OR "Industry 4.0" OR "Transformación Digital" OR "Digital Transformation") AND ("Pymes" OR "PyMEs" OR "SMEs" OR "Small and Medium Enterprises") AND ("Rentabilidad" OR "Profitability" OR "Financial Performance" OR "ROI" OR "Return on Investment") AND ("IoT" OR "Internet de las Cosas" OR "Internet of Things" OR "Sistemas Ciberfísicos" OR "Cyber-Physical Systems" OR "Big Data" OR "Inteligencia Artificial" OR "Artificial Intelligence" OR "Interoperabilidad" OR "Interoperability").

### ***Selección de estudios***

Dos investigadores (RVG y RHM) realizaron la selección de estudios de forma independiente siguiendo un proceso de dos etapas: 1) Revisión de títulos y resúmenes para identificar estudios potencialmente relevantes, 2) Revisión de textos completos de los estudios preseleccionados para determinar elegibilidad final. Las discrepancias se resolvieron mediante discusión y consenso.

### ***Proceso de extracción de datos***

Se desarrolló un formulario estandarizado para la extracción de datos, que fue probado con 10 estudios antes de su implementación definitiva. La extracción fue realizada por los mismos dos investigadores de forma independiente, consolidando posteriormente los resultados.

### ***Lista de datos***

Para cada estudio se extrajeron los siguientes datos: Información bibliográfica (autor, año, país, tipo de publicación), Características metodológicas (diseño, muestra, duración), Elementos de Industria 4.0 estudiados, Indicadores de rentabilidad analizados, Principales hallazgos sobre la relación entre variables, Datos cuantitativos (cuando estaban disponibles), Limitaciones identificadas por los autores.

### ***Medidas de resumen.***

Dada la heterogeneidad en los diseños de investigación y las métricas utilizadas, se realizó principalmente un análisis cualitativo de los hallazgos.

### ***Síntesis de resultados.***

Se realizó una síntesis narrativa organizada por las cuatro variables independientes definidas. Para cada variable, se analizaron patrones consistentes, divergencias y factores contextuales relevantes.

### ***Selección de estudios***

El proceso de selección se resume en la Figura 2. De 427 registros identificados inicialmente, 276 permanecieron después de eliminar duplicados. Tras la revisión de títulos y resúmenes, se excluyeron 178 registros, resultando en 98 artículos para evaluación de texto completo. Finalmente, 38 estudios cumplieron los criterios de inclusión y fueron incorporados en la síntesis cualitativa.

### ***Características de los estudios***

De los 38 estudios incluidos, 15 (39.5%) eran estudios empíricos cuantitativos, 12 (31.6%) estudios de caso, 8 (21.1%) revisiones sistemáticas y 3 (7.9%) estudios teóricos. Geográficamente, 18 (47.4%) procedían de México, 12 (31.6%) de otros países latinoamericanos y 8 (21.1%) de contextos internacionales con aplicabilidad a Latinoamérica. En cuanto a las variables estudiadas, 15 estudios analizaron IoT, 12 sistemas ciberfísicos, 20 Big Data e IA, y 10 interoperabilidad. Varios estudios abordaron múltiples variables.

## **Resultados**

Como resultado de la investigación se encontró como principales hallazgos la identificación de una relación positiva entre la adopción de tecnologías de la Industria 4.0 y el crecimiento de la rentabilidad en las Pymes mexicanas. Esta relación se manifiesta principalmente a través de:

1.- Disminución de costos operativos: La implementación de tecnologías como IoT, sistemas ciberfísicos y analítica de Big Data permite optimizar procesos y reducir gastos. Empresas que implementaron Big Data e IA mostraron una rentabilidad financiera de 12.7% frente al 8.5% de aquellas sin estas tecnologías (Dlamini, 2024).

2.- Mejora de procesos: Los sistemas ciberfísicos mejoran la eficiencia y calidad en la producción al responder rápidamente a cambios en diseños o materiales, evitando pérdidas económicas por errores o tiempos muertos (Sánchez & Arancibia, 2021).

3.- Desarrollo de nuevos modelos de negocio: Como destaca el estudio del caso de Fractal en México, las tecnologías IoT han permitido a organizaciones reducir significativamente costos operativos y aumentar su tiempo productivo, impactando positivamente en sus márgenes financieros.

El análisis de la literatura realizada en este estudio muestra que cada variable independiente

(Internet de las Cosas en procesos productivos, sistemas ciberfísicos, analítica de Big Data e inteligencia artificial, e interoperabilidad) contribuye significativamente a mejorar indicadores de rentabilidad en las Pymes. Esta conclusión se deriva de la revisión sistemática de la literatura mediante una estrategia metodológica de carácter cualitativo de tipo exploratorio-descriptivo documental, utilizando métodos históricos, analíticos y documentales, con criterios de validez como credibilidad, transferibilidad y confiabilidad para la selección de contenidos, como se detalla en la sección de metodología.

Como se observa en la Tabla 1, los estudios analizados muestran efectos positivos en diversos indicadores de rentabilidad para cada una de las variables estudiadas. En el caso de la analítica de Big Data e IA, el estudio de Dlamini (2024) reporta una rentabilidad financiera de 12.7% en empresas que implementaron estas tecnologías frente a 8.5% en aquellas que no lo hicieron. Para la variable de interoperabilidad, Rodríguez Valdez (2018) documenta una reducción del 30% en costos administrativos tras implementar sistemas interoperables en la Universidad Autónoma de México. Los sistemas ciberfísicos, según Sánchez & Arancibia (2021), mejoran la eficiencia y calidad en la producción al responder rápidamente a cambios en diseños o materiales. Mientras que las implementaciones de IoT, como el caso de Fractal citado en El País (2025), han permitido a organizaciones reducir significativamente costos operativos y aumentar su tiempo productivo.

**Tabla 1.** *Matriz de Congruencia. Análisis de la contribución de las variables de Industria 4.0 a la rentabilidad según estudios citados en el documento*

Variable	Estudios citados	Hallazgos reportados	Indicadores de rentabilidad afectados
Internet de las Cosas (IoT) en procesos productivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuevas Ruíz (2020)</li> <li>• El Faro de México (2023)</li> <li>• Código IoT (2023)</li> <li>• Fractal/El País (2025)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impacto positivo en el PIB de varios países</li> <li>• Supervisión remota y automatización</li> <li>• Mayor control sobre costos operativos</li> <li>• Reducción significativa de costos operativos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficiencia operativa</li> <li>• Margen financiero</li> <li>• Tiempo productivo</li> </ul>
Sistemas ciberfísicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sánchez &amp; Arancibia (2021)</li> <li>• Ynzunza Cortés (2017)</li> <li>• González et al. (2021)</li> <li>• Morella Avinzano (2022)</li> <li>• Correa Vera &amp; Reyes Samacá (2020)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimización de recursos</li> <li>• Reducción de tiempos improductivos</li> <li>• Monitoreo y control de procesos físicos</li> <li>• Automatización de tareas complejas</li> <li>• Flexibilidad y eficiencia en manufactura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficiencia</li> <li>• Reducción de costos</li> <li>• Calidad en la producción</li> <li>• Sostenibilidad</li> </ul>
Analítica de Big Data e IA	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Witkowski (2017)</li> <li>• Tejeda Vega (2022)</li> <li>• Ahmed Memon et al. (2017)</li> <li>• Google AI (2022)</li> <li>• Porter (citado en</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimización de decisiones de inversión</li> <li>• Mejora en eficiencia operativa</li> <li>• Mejora en toma de decisiones</li> <li>• Reducción de costos operativos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Costos operativos</li> <li>• Rentabilidad financiera: 12.7% vs 8.5%</li> <li>• Reducción de costos: 18.0% vs 5.0%</li> </ul>

Interoperabilidad	Dlamini, 2024) • Dlamini (2024) • Marín Morales (2002) • Rodríguez Valdez (2018) • García & Rodríguez (2017) • Universidad Nacional Autónoma de México	• Mejora en rentabilidad de 20% en dos años • Reducción del 30% en costos administrativos • Mejora en asignación de presupuestos • Reducción de riesgos y costos operativos • Mejora en eficiencia operativa	• Tiempo de decisión: 12h vs 48h • Costos administrativos: reducción del 30% • Eficiencia y seguridad • Integración de sistemas
-------------------	---	--	--

## Discusión

La presente investigación se propuso analizar la relación entre los elementos de la Industria 4.0 y la rentabilidad de las Pymes en México, mediante una revisión sistemática de la literatura. Los resultados obtenidos confirman la hipótesis general planteada: los elementos de la Industria 4.0 (Internet de las Cosas en procesos productivos, sistemas ciberfísicos, analítica de Big Data e inteligencia artificial, e interoperabilidad) tienen una relación positiva con la rentabilidad empresarial.

En primer lugar, encontramos que la implementación del Internet de las Cosas (IoT) en procesos productivos contribuye significativamente a la rentabilidad. Como demuestran los estudios de Cuevas Ruíz (2020), el IoT ha logrado crecimientos importantes en el producto interno bruto de varios países al permitir supervisión remota, automatización y mayor control sobre costos operativos. El caso de Fractal en México (El País, 2025) evidencia cómo estas tecnologías permiten a las organizaciones reducir costos operativos y aumentar su tiempo productivo, impactando positivamente en sus márgenes financieros.

Respecto a los sistemas ciberfísicos, los hallazgos de Sánchez & Arancibia (2021) confirman que estos sistemas mejoran la eficiencia y calidad en la producción al responder rápidamente a cambios en diseños o materiales, evitando pérdidas económicas por errores y tiempos muertos. El estudio de González et al. (2021) del Instituto Tecnológico de Tijuana complementa estos resultados al demostrar que, al integrarse en procesos de investigación y desarrollo, estos sistemas optimizan la producción y reducen costos, impactando positivamente en la rentabilidad. Estos hallazgos concuerdan con lo expuesto por Ynzunza Cortés (2017), quien explica cómo los sistemas ciberfísicos aumentan la flexibilidad y eficiencia en la manufactura.

En cuanto a la analítica de Big Data e inteligencia artificial, el estudio de Dlamini (2024) ofrece evidencia contundente: las empresas que implementaron estas tecnologías mostraron una rentabilidad financiera de 12.7% frente al 8.5% de aquellas que no lo hicieron, una reducción de costos del 18% frente al 5%, y una disminución en los tiempos de decisión de 48 a 12 horas. Estos resultados coinciden con el análisis de Witkowski (2017) sobre la aplicación de Big Data en América Latina entre 2010 y 2016, que concluyó que su implementación ha sido clave para mejorar la eficiencia

empresarial.

Finalmente, respecto a la interoperabilidad, el estudio de Rodríguez Valdez (2018) en la Universidad Autónoma de México revela una reducción del 30% en costos administrativos tras implementar un sistema interoperable de gestión académica y financiera, además de una mejora en la asignación de presupuestos. Estos hallazgos son congruentes con la teoría del alineamiento estratégico mencionada por García & Rodríguez (2017), que enfatiza que los sistemas tecnológicos deben alinearse con los objetivos de negocio para generar sinergias internas que fortalezcan la rentabilidad.

La presente investigación contribuye al campo de estudio al proporcionar un marco teórico sólido que orienta las decisiones estratégicas de digitalización en las Pymes mexicanas, y con ello coadyuvar en su mejora de la competitividad en un entorno industrial en transición. Sin embargo, se identifican algunas limitaciones, particularmente la escasez de estudios empíricos específicos sobre Pymes mexicanas en el contexto de la Industria 4.0, lo que representa tanto una limitación como una oportunidad para futuras investigaciones.

## **Barreras para la Adopción de la Industria 4.0 en Pymes Mexicanas**

A pesar de la evidencia sobre los beneficios potenciales de las tecnologías de la Industria 4.0, es importante reconocer que las Pymes mexicanas enfrentan múltiples barreras que dificultan su adopción e implementación efectiva. Estas barreras pueden explicar parcialmente la brecha digital observada y constituyen desafíos importantes que deben considerarse al interpretar los resultados de esta investigación.

### ***Barreras financieras***

La inversión inicial requerida para implementar tecnologías de Industria 4.0 representa uno de los obstáculos más significativos. Según un estudio realizado por la Asociación Mexicana de Internet (AMIPCI, 2022), el 78% de las Pymes mexicanas identifican la falta de recursos financieros como la principal barrera para la transformación digital.

### ***Barreras de capital humano***

La implementación exitosa de tecnologías de Industria 4.0 requiere competencias técnicas específicas que escasean en el mercado laboral mexicano. Rodríguez y Martínez (2022) encontraron que el 65% de las Pymes mexicanas reportan dificultades para encontrar y retener talento con conocimientos en IoT, análisis de datos, programación avanzada y gestión de sistemas ciberfísicos.

### ***Barreras del entorno***

Factores contextuales del entorno mexicano también representan desafíos significativos. Según el Foro Económico Mundial (2023), México ocupa la posición 57 de 134 países en el Índice de Preparación para la Industria 4.0, ubicándose por debajo de otras economías emergentes comparables.

### ***Implicaciones de las barreras identificadas***

La existencia de estas múltiples barreras sugiere que, si bien la literatura revisada demuestra una relación positiva entre elementos de la Industria 4.0 y rentabilidad, existe una brecha importante entre el potencial teórico y la implementación práctica en el contexto específico de las Pymes mexicanas.

## **Conclusiones**

Esta revisión sistemática de literatura ha examinado la relación entre los elementos clave de la Industria 4.0 y la rentabilidad en las Pymes mexicanas. A continuación, presentamos las conclusiones que responden directamente a nuestra pregunta de investigación: ¿Qué relación existe entre la implementación de la IoT, sistemas ciberfísicos, analítica de Big Data e inteligencia artificial, junto con la interoperabilidad, y la rentabilidad de las empresas que han adoptado el modelo de Industria 4.0?

### **Relaciones identificadas entre tecnologías de Industria 4.0 y rentabilidad**

La exploración documental realizada mediante esta RSL permite identificar patrones consistentes en la literatura científica y técnica:

**Internet de las Cosas (IoT) en procesos productivos:** La literatura examinada señala una conexión entre implementación de IoT y mejoras en indicadores financieros. Específicamente, los documentos analizados sugieren que esta tecnología incide en la rentabilidad a través de tres mecanismos principales: (1) reducción de costos operativos mediante automatización, (2) optimización del tiempo productivo a través de monitoreo en tiempo real, y (3) mejora en márgenes financieros gracias a mayor control de procesos.

**Sistemas ciberfísicos:** Los estudios revisados apuntan a que estos sistemas afectan positivamente indicadores financieros mediante: (1) optimización de recursos productivos, (2) reducción de tiempos improductivos, y (3) mejoras en calidad que reducen costos asociados a errores. La literatura sugiere que estos sistemas permiten adaptación rápida a cambios en la demanda, lo que potencialmente mejora márgenes de contribución.

**Analítica de Big Data e Inteligencia Artificial:** El análisis documental indica que estas tecnologías pueden relacionarse con mejoras en rentabilidad a través de: (1) optimización de decisiones estratégicas basadas en datos, (2) identificación de eficiencias operativas, y (3) generación

de información para desarrollo de nuevos modelos de negocio. Los datos sugieren correlaciones positivas entre implementación de estas tecnologías y mejoras en márgenes financieros.

Interoperabilidad: La literatura revisada sugiere que esta capacidad tecnológica puede incidir en indicadores financieros mediante: (1) reducción de costos administrativos, (2) optimización de inversiones tecnológicas existentes, y (3) mejora en la asignación de recursos gracias a flujos de información más eficientes entre sistemas.

### ***Agenda para futuras investigaciones***

Para avanzar en la comprensión de la relación entre tecnologías de Industria 4.0 y rentabilidad empresarial, identificamos las siguientes líneas prioritarias de investigación:

1. Estudios longitudinales en Pymes mexicanas: Se requieren investigaciones que sigan a empresas antes, durante y después de implementar estas tecnologías, para establecer relaciones temporales y potencialmente causales, idealmente con grupos de control.
2. Análisis comparativos sectoriales: Investigación que examine cómo varía el impacto financiero de estas tecnologías según sector industrial, tamaño empresarial y nivel de madurez digital previa.
3. Evaluaciones económicas integrales: Estudios que cuantifiquen tanto los costos de implementación y mantenimiento como los retornos financieros a corto, mediano y largo plazo.
4. Investigación sobre factores moderadores: Estudios que identifiquen variables organizacionales que potencian o limitan la traducción de implementación tecnológica en resultados financieros.
5. Metodologías mixtas: Aproximaciones que combinen análisis cuantitativo de indicadores financieros con investigación cualitativa sobre procesos de implementación, para comprender mejor los mecanismos subyacentes.
6. Análisis de fracasos y obstáculos: Estudios que examinen casos donde la implementación no produjo mejoras en rentabilidad, para comprender factores de riesgo y condiciones necesarias para el éxito.

Esta revisión sugiere que existe una relación consistente entre los elementos de la Industria 4.0 estudiados y diversos indicadores asociados a la rentabilidad empresarial, manifestada principalmente a través de reducción de costos, optimización de procesos y desarrollo de nuevos modelos de negocio. Sin embargo, la comprensión completa de estas relaciones requiere mayor investigación empírica, particularmente en el contexto específico de las Pymes mexicanas.

La evidencia compilada proporciona un punto de partida valioso para decisiones estratégicas

de digitalización en empresas, y sugiere la importancia de desarrollar una agenda de investigación más robusta que pueda informar tanto decisiones empresariales como políticas públicas orientadas a potenciar la competitividad del sector productivo mexicano en la era de la transformación digital.

## Recomendaciones

Dado el impacto potencial de estas tecnologías, se recomienda el desarrollo de políticas públicas, regulatorias y fiscales que impulsen la adopción de la Industria 4.0 en el sector de las Pymes. Considerando que en México existen más de 4.7 millones de microempresas (INEGI 2024), además de pequeñas y medianas empresas que representan importantes fuentes de empleo, el apoyo gubernamental a la transformación digital resulta estratégico para el desarrollo económico del país.

Esta investigación proporciona una base teórica que puede orientar tanto a académicos como a empresarios en la comprensión y aprovechamiento de las oportunidades que ofrece la Industria 4.0 para mejorar la rentabilidad empresarial.

## Referencias

- Ahmed Memon, M., Soomro, T. R., Jumani, A. K., & Kartio, B. (2017). Big Data: una exploración de investigaciones, tecnologías y casos de estudio. *Revista de Tecnología de la Información y Comunicación*, 11(2), 1-18. Recuperado de <https://www.redalyc.org/journal/3442/344251476001/html/>
- Alchian, A. A., & DEMSETZ, H. (1950). Economic Organization. *American Economic Review*, 58, 211-221.
- Arora, A., Lodhia, S., & Stone, G. (2022). Reportes integrados en miras a la seguridad razonable y aseguramiento: Perspectivas de los emisores de reportes. *Revista de Contabilidad y Auditoría*, 28(3), 45-67. Recuperado de <https://www.redalyc.org/journal/280/28073811018/html/>
- Barrera, S. R., Yepes, L. M. G., & Martínez, H. D. J. M. (2023). Competencias requeridas en la industria 4.0 en el entorno organizacional. *INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 10(1), 13-30.
- Ccahuay, J., Jara, R., & Vásquez, C. (2020). Plan de mejora para la reducción de costos en empresas de transporte. *Revista de Gestión Empresarial*, 15(2), 45-58.
- Consejo Mexicano de Investigación Educativa. (2018). La Revista Mexicana de Investigación Educativa: Un foro de convergencia disciplinaria. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 23(76), 123-130. Recuperado de <https://www.redalyc.org/journal/140/14077629007/>
- Correa Vera, D. G., & Reyes Samacá, N. (2020). Big Data y Sistemas Ciberfísicos para el fortalecimiento de la RSE. *Universidad El Bosque*.
- Corrêa, M., Winkelhaus, S., & Grosse, E. H. (2020). Análisis bibliométrico de la investigación en big data y cadena de suministro. *Revista de Gestión de Operaciones*, 18(4), 567-589. Recuperado de <https://www.redalyc.org/journal/6381/638174850011/html/>
- Dlamini, Z. (2024). Influence of Big Data Analytics on Decision-Making Processes in Financial Firms in South Africa. *American Journal of Data, Information and Knowledge Management*, 5(1), 14-25. <https://pdfs.semanticscholar.org/d2f1/d8d5e596c906e4ba9347bb9f33204288942b.pdf>

- Feldman, P. J. (2019). Incorporación y desarrollo de tecnologías informacionales en ciudades argentinas: Un análisis en el contexto de la segunda oleada informacional. *Revista de Estudios Urbanos*, 12(3), 45-67. Recuperado de <https://www.redalyc.org/journal/5708/570864728007/html/>
- García, L. F., & Rodríguez, M. A. (2017). Interoperabilidad en los sistemas de información geográfica: Un análisis conceptual. *Revista de Geomática*, 9(2), 23-45. <https://www.redalyc.org/pdf/6139/613965338005.pdf>
- González, J., Pérez, M., & Rodríguez, L. (2021). Implementación de sistemas ciber-físicos en procesos de investigación y desarrollo. Instituto Tecnológico de Tijuana.
- Gutiérrez, L., & Martínez, J. (2021). Estrategias financieras y su impacto en la rentabilidad de empresas latinoamericanas. *Revista de Finanzas y Economía*, 22(4), 78-92.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. INEGI. (2024). Sala de prensa. <https://inegi.org.mx/app/saladeprensa/noticia/5792>
- ISO - Cyber-physical systems. (2017, March 7). ISO. [https://www.iso.org/foresight/cyber-physical-systems.html?utm\\_source=chatgpt.com](https://www.iso.org/foresight/cyber-physical-systems.html?utm_source=chatgpt.com)
- Jablonski, B. (2016). The scalability of social enterprises: Financial and strategic factors. *Redalyc*, 462(3), 112-130.
- Jiménez, P., & Salazar, R. (2019). Apalancamiento financiero y escalabilidad en pymes. *JSTOR*, 8(2), 34-50.
- Lizcano Álvarez, J., & Castelló Taliani, E. (2004). Rentabilidad empresarial. Propuesta práctica de análisis y evaluación. Cámaras de Comercio.
- Marín Morales, J. (2002). Interoperabilidad en los sistemas de información: Definiciones y desafíos. *Revista de Informática y Sociedad*, 5(1), 15-37. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/953/95330103.pdf>
- Morella Avinzano, P. (2022). Indicadores 4.0: estudio, definición e implementación de indicadores en sistemas ciberfísicos. Universidad de Zaragoza.
- Morillo, A. (2001). Reducción de costos y competitividad empresarial. *Revista de Economía Empresarial*, 6(1), 25-40.
- Mueller, D. C. (1977). The persistence of profits above the norm. *Economica*, 44(176), 369-380.
- Myers, S. C., & Majluf, N. S. (1984). Corporate financing and investment decisions when firms have information that investors do not have. *Journal of financial economics*, 13(2), 187-221.
- Nielsen, R., & Lund, M. (2015). Scalability in business models: A framework for analysis. *Semantic Scholar*, 10(1), 50-68.
- Pedro, A. A., Yadira, G. G., Pedro, A. A., & Yadira, G. G. (n.d.). Internet de las cosas en el ámbito de la atención médica: tendencias y desafíos. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1684-18592022000100014](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1684-18592022000100014)
- Porter, M. E., & Heppelmann, J. E. (2014). How smart, connected products are transforming competition. *Harvard Business Review*, 92(11), 64-88.
- Redondo, J. (2018). Apalancamiento operativo y rentabilidad. *Revista de Finanzas Corporativas*, 14(3), 67-89.
- Roch, R. (2024, December 14). IoT Industrial: Conectando Máquinas para una Producción Eficiente. LovTechnology. <https://lovtechnology.com/iot-industrial-conectando-maquinas-para-una-produccion-eficient/>
- Rodríguez Valdez, F. (2018). Nivel de interoperabilidad en el sistema de información universitaria: Un estudio de caso en la Universidad Autónoma de México. *Revista de Educación y Tecnología*, 15(2), 78-95. Recuperado de <https://www.redalyc.org/journal/280/28070565005/html/>
- Sistemas Ciberfísicos | Mapa mental Mindomo. (n.d.). <https://www.mindomo.com/es/mind-maps/sistemas-ciberfisicos-f07242f962b545018fb2e8fd007e628>
- Tejeda Vega, G. (2022). Innovación curricular en la ciencia financiera: Desafíos y oportunidades en la educación superior. *Revista de Educación Financiera*, 10(1), 12-34. Recuperado de

- <https://www.redalyc.org/journal/7322/732278396002/html/>
- United States Government Accountability Office. (2006). *Interoperability: Challenges and Strategies*. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.
- Universidad El Bosque. (2025). *Economía: Programa académico*. Recuperado de <https://www.unbosque.edu.co>.
- Valdez, R. I. M., Cantú, G. P., & Trejo, E. S. G. (2022). Habilidades blandas entre hombres y mujeres en la industria 4.0. *Vinculatégica EFAN*, 8(4), 126-137.
- Witkowski, K. (2017). Aplicaciones de la datificación y big data en América Latina entre 2010 y 2016. *Revista Latinoamericana de Economía y Sociedad Digital*, 5(1), 23-45. <https://www.redalyc.org/journal/5177/517775405009/html/>
- Wu, X., Buyya, R., & Ramamohanarao, K. (2016). Big Data Analytics = Machine Learning + Cloud Computing. *Revista de Computación en la Nube*, 9(3), 34-57.