

Análisis

# Adopción de tecnologías de la Industria 4.0 en El Salvador

## Adoption of Industry 4.0 technologies in El Salvador

*La automatización y la inteligencia artificial van a cambiar fundamentalmente la naturaleza del trabajo. Las tareas que son rutinarias serán realizadas por máquinas, lo que nos permitirá centrarnos en un trabajo más creativo y significativo.*

Elon Musk

Empresario, inversor y magnate, conocido por fundar y liderar empresas como SpaceX, Tesla y Twitter (ahora X)

DOI: <https://doi.org/10.51378/reuca.vi21.9946>

Fecha de recibido: 14 de octubre de 2024

Fecha de aceptado: 9 de junio de 2025

Jorge Arnoldo Valencia Granados

Investigador independiente

El Salvador

[jorge.valencia@portallogisticosv.com](mailto:jorge.valencia@portallogisticosv.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0833-5940>



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

### **Resumen**

En la última década, uno de los mayores retos de las empresas ha sido su transformación digital. Dentro de ese concepto, uno de sus pilares fundamentales es la incorporación de las mejores tecnologías en el modelo de negocio. Este artículo proporciona un análisis cuantitativo detallado del estado actual de las tecnologías de la Industria 4.0 en El Salvador, destacando su uso en aplicaciones específicas en la gestión empresarial y logística en general. Para ello, se realizó una investigación de campo de carácter descriptivo en empresas industriales y comerciales del país.

El objetivo central de esta investigación es mostrar el estado de implementación de las tecnologías de la Industria 4.0. De manera particular, se formulan preguntas para establecer los avances en codificación de productos, inteligencia de negocio y computación en la nube. Aunque el sector servicios puede utilizarlas de manera particular, el enfoque de la investigación son las empresas industriales y comerciales de El Salvador. La investigación concluye que la mayoría de las empresas industriales y comerciales salvadoreñas muestran un grado deficiente en la implementación y conocimiento de las tecnologías 4.0. Al igual que en otros países latinoamericanos, se deben superar retos importantes en materia de educación, difusión, inversión y políticas públicas.

**Palabras clave:** industria 4.0, tecnologías, gestión, administración, innovación.

### **Abstract**

*In the last decade, one of the greatest challenges facing companies has been their digital transformation. Within this concept, one of its fundamental pillars is the incorporation of the best technologies into their business models. This paper provides a detailed quantitative analysis of the current state of Industry 4.0 technologies in El Salvador, highlighting their use in specific applications in business management and logistics in general. To this end, descriptive field research was conducted in industrial and commercial companies in the country.*

*The aim of this research is to show the state of implementation of Industry 4.0 technologies. Specifically, questions are formulated to establish advances in product coding, business intelligence, and cloud computing. Although the service sector can use them specifically, the focus of the research is on industrial and commercial companies in El Salvador. The research concludes that most Salvadoran industrial and commercial companies show a deficient level of implementation and knowledge of Industry 4.0 technologies. Like in other Latin American countries, significant challenges must be overcome in education, outreach, investment, and public policy.*

**Keywords:** industry 4.0, technologies, management, administration, innovation.

## **1. Introducción**

**E**n la actualidad, la gestión de empresas se encuentra redefiniéndose en virtud de la disponibilidad de las nuevas tecnologías. Estas tecnologías emergentes y disruptivas, que incluyen, entre otros, la inteligencia artificial, el Internet de las cosas (IoT), la robótica avanzada y el análisis de datos en tiempo real están revolucionando cómo las empresas administran y optimizan sus operaciones de aprovisionamiento, manufactura, almacenaje y

distribución (logística y cadena de suministro). En muchos casos, el cambio o transformación digital es profundo y altera el modelo de negocio.

Las tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0 ofrecen, por ejemplo, la oportunidad de abordar, desde una perspectiva diferente, los desafíos o retos más específicos, como la gestión eficiente de inventarios, la visibilidad y trazabilidad en tiempo real de las operaciones y la integración de procesos como abastecimiento, almacenamiento, distribución y logística

inversa en la nube, utilizando conexiones rápidas y confiables del internet. En función de la productividad de la empresa y sus valores corporativos estratégicos, plantea innovadores cambios en los métodos utilizados para gestionar la planificación y ejecución de operaciones cada vez más complejas y poco convencionales.

En ese sentido, la nueva transformación industrial es una mega tendencia a nivel global, y El Salvador no puede excluirse de ella. Tarde o temprano tendrá que incrementar su adopción. Ciertamente, para su implementación se requiere, por lo general, de inversión en equipos sofisticados de alto valor, software y, paralelamente, elevar el nivel de la mano de obra. Para alcanzar una alta productividad también se debe realizar inversiones importantes y fortalecer el tema de la ciberseguridad en un mundo digitalizado, ya que todo está interconectado y, por ejemplo, el diseño digital de un producto puede ser alterado o hackeado, la manufactura puede ser interrumpida remotamente y los datos confidenciales de la empresa pueden ser vulnerados.

La relación entre empresa inteligente, logística e Industria 4.0 es muy estrecha, ya que estos conceptos se integran y se potencian mutuamente en el contexto de la transformación digital de las organizaciones. Conocer el estado de la implementación de las tecnologías de la Industria 4.0 y la logística en El Salvador es necesario y estratégico por varias razones clave, que impactan tanto a nivel empresarial como nacional:

- **Diagnóstico para la competitividad:** Entender el grado de adopción de tecnologías de Industria 4.0, como automatización, internet de las cosas (IoT) e IA, permite identificar brechas tecnológicas. Esto ayuda a las empresas salvadoreñas a mejorar su competitividad frente a mercados regionales y globales.
- **Optimización de la cadena de suministro:** Conocer el estado de la logística nacional permite identificar ineficiencias, cuellos de botella o limitaciones en transporte, infraestructura y conectividad. Esto es fundamental para reducir costos, mejorar tiempos de entrega y garantizar la satisfacción del cliente.
- **Aprovechamiento de oportunidades tecnológicas:** Saber qué tecnologías ya se están aplicando (o no) permite que empresas, universidades y el gobierno desarrollen planes estratégicos de inversión e innovación. También facilita la formación de talento humano con las habilidades que realmente se necesitan o se requerirán en un futuro inmediato.
- **Diseño de políticas públicas:** Los gobiernos, y principalmente su sistema educativo, necesitan datos actualizados sobre el nivel de transformación digital e innovación logística, para diseñar políticas, incentivos y marcos regulatorios adecuados. Esto puede incluir apoyo a PYMES, infraestructura digital o programas de capacitación técnica.
- **Atracción de inversión extranjera:** Un país que demuestra avances en logística eficiente y transformación digital se vuelve más atractivo para inversionistas y empresas internacionales. La transparencia en el estado de la industria 4.0 y la logística da confianza y reduce riesgos para quienes buscan operar en El Salvador.
- **Resiliencia y sostenibilidad:** Evaluar el estado actual permite identificar si las empresas están lo suficientemente preparadas para adaptarse a crisis (como pandemias o interrupciones logísticas). También se puede medir si las prácticas logísticas son sostenibles y alineadas con los retos del cambio climático.
- **Inserción en cadenas globales de valor:** Si El Salvador mejora su logística y adopta tecnologías 4.0, puede integrarse de manera más efectiva a cadenas modernas y globales de suministro, lo cual impulsará el crecimiento económico y el empleo con oportunidades mejor remuneradas.

## 1.1. Antecedentes del tema

Los trabajos académicos previos a esta investigación son escasos y, muchas veces, salvo aspectos teóricos conocidos, su contenido es insuficiente como para generar conclusiones cuantitativas o porcentuales sobre el avance de implementación de las tecnologías de la Industria 4.0 y su uso en el país. No existen guías

nacionales estandarizadas para la implementación de las tecnologías en particular. Como antecedentes se pueden citar los siguientes:

**Belismelis Velasco et al. (2019), Manufactura 4.0 y su análisis empresarial en El Salvador:** Artículo ponencia presentado en el Congreso CONIA 2019 de la UCA. El artículo comenta que: “En el país se encuentran empresas en vías de la Industria 4.0, sin embargo, con un atraso significativo de aproximadamente 20 años según los expertos” (p. 61).

**Chávez Benavides et al. (2021), Modelo de empresa con tecnologías 4.0 para el sector calzado que aumente la productividad:** En esta tesis, el análisis es únicamente para el sector calzado, y uno de sus objetivos es “Conceptualizar el modelo de empresa de fabricación de calzado con tecnología 4.0 que integre las áreas funcionales de la empresa, para definir sus características y requerimientos” (p. 3). Sin embargo, el estudio en cuestión se orienta hacia la implementación del ERP ODOO y no de las tecnologías 4.0. El análisis de la situación se fundamenta en herramientas conocidas, tales como el FODA, Cadena de Valor, Seguridad Industrial, etc.

**Organización de Mujeres Salvadoreñas por la Paz [ORMUSA] (2019), Mujer y mercado laboral 2019 – El Salvador. El futuro del trabajo con la industria 4.0:** El estudio en cuestión se basa principalmente en el impacto de las nuevas tecnologías en los niveles de empleo del sector femenino en El Salvador. No se aborda el uso de tecnologías específicas, sino de manera general.

**López Lazo et al. (2024), Propuesta de una guía metodológica para migrar a las empresas manufactureras de sus procesos tradicionales a un ambiente 4.0:** Proporciona una temática introductoria del tema de industria 4.0 y una guía a base de checklist o lista de comprobación para evaluar el perfil de la empresa en la transformación digital. No obstante utilizar entrevistas y encuestas, la población escogida no es representativa en cantidad ni calidad.

**Andino Mendoza y Valencia Monge (2020), Análisis y propuesta de medición de la innovación tecnológica en El Salvador: un enfoque desde la macro y microeconomía:** En este trabajo de graduación, los autores se enfocan en la innovación tecnológica desde un punto de vista

económico principalmente, analizando los aspectos legales, instituciones que la promocionan y el impacto en la economía en general. No es propiamente una tesis de Industria 4.0. Una de las afirmaciones más importantes en este estudio es que:

En los sectores de servicios, las principales innovaciones tecnológicas están enfocadas en la comercialización y dependen fundamentalmente de las TIC’s [sic] y sus análisis de datos. En las innovaciones en la industria manufacturera de transformación, las innovaciones se realizan por medio de procesos y productos por lo que ambos tipos de innovación son dependientes de la generación (principal) de insumos innovadores de parte de otras industrias (Andino Mendoza y Valencia Monge, 2020, p. 303).

## 1.2. Las empresas inteligentes del ahora: antecedentes recientes

Innovación, creatividad, tecnología, conocimiento, inteligencia y aprendizaje en una organización han sido temáticas abordadas desde hace años. Diferentes ópticas o perspectivas siguen buscando integrarlas coherentemente para el beneficio del ser humano y de las organizaciones.

A nivel general, una empresa inteligente y sostenible es aquella que aplica consistentemente tecnologías avanzadas y mejores prácticas en procesos de negocio ágiles e integrados. Tiene, al menos, las siguientes características o pilares:

- Expansión de la capacidad, del potencial de su gente. El aprendizaje como una clara habilidad organizacional creciente.
- Incorpora las mejores tecnologías en su modelo de negocio.
- Es resiliente, adapta sus procesos a diferentes contextos y supera retos.
- Aplica buenas prácticas de la industria o modelo de negocio. Por ejemplo, se busca el cambio y la innovación como algo natural.
- Es sostenible. No compromete los recursos futuros a las utilidades presentes. Es coherente con el cuidado del medio ambiente y su responsabilidad social.

El concepto de Empresa Inteligente no es nuevo, y ha venido evolucionando, siendo asociado estrechamente a lo que se conoce como el trabajador del conocimiento. Ciertamente la tecnología ha desempeñado un papel importante en esta evolución, pero no es lo único que la explica.

Por ejemplo, tómesese a Alvin Toffler, autor de *El shock del futuro*. En este libro, publicado en 1970, se presenta la necesidad de cambiar de un trabajador artesanal (*Handcraft*) a uno del conocimiento (*Headcraft*), como requisito para tener una organización adaptable a los cambios.

Por su parte, Peter Drucker, gurú de la administración moderna, acuñó el término "trabajador del conocimiento" (*knowledge worker*). También, en 1993, el mismo autor amplía el concepto, e introduce el término de "la sociedad del conocimiento".

Unos años después, en 1990, Peter Senge publicaba su libro *La quinta disciplina: El arte y la práctica de la organización que aprende*. Este libro, aunque no está referido a la Industria 4.0, sino al comportamiento organizacional, resultó clave para sentar las bases del concepto "organización que aprende", refiriéndose con ello a la capacidad de las organizaciones para adaptarse y mejorar continuamente a través del aprendizaje y la innovación.

Posteriormente, Wei Choo, en su libro *La Organización Inteligente*, describe con mucho detalle sus características para la organización inteligente. Para Choo:

La organización inteligente posee información y conocimiento que le confieren una ventaja especial y le permiten maniobrar con inteligencia, creatividad y, ocasionalmente, astucia. Al manejar los recursos y los procesos de información, la organización es capaz de adaptarse de manera oportuna y eficaz a los cambios en el medio ambiente; comprometerse en un aprendizaje continuo que incluye desechar suposiciones, normas y estados mentales que ya no son válidos; movilizar el conocimiento y la experiencia de sus miembros para inducir innovación y creatividad; y, finalmente, concentrar su comprensión y su conocimiento en una acción razonada y decisiva. (1998, p. 5)

### 1.3. Contexto tecnológico actual

Las tecnologías requieren también un avance en la calidad y prestaciones del software que las gestione. Según la empresa alemana de software empresarial SAP (2019, p. 3), las empresas enfrentan retos que se pueden resolver con estas tecnologías. Entre ellas:

- Crecimiento exponencial de la información digital: social, móvil, big data.
- Globalización y extensión de las redes empresariales.
- Internet de las cosas (también se le puede llamar el "Internet de todo").

Del mismo modo, dentro de ese marco, para SAP (2019) existen aspectos favorables para que la tecnología 4.0 se desarrolle, como los siguientes:

- La velocidad creciente de procesamiento y los costos de la memoria cada vez más bajos permiten generar más datos y analizarlos convenientemente, incluso en la nube.
- Se estima que en la década pasada (del 2010) se han generado el 90% de los datos mundiales.
- Para el final de la década, 212 mil millones de cosas, desde automóviles hasta equipos pesados y electrodomésticos, estarán conectados a Internet.
- En la actualidad, existen aproximadamente 9 mil millones de usuarios de dispositivos móviles en todo el mundo, y esta cifra continúa aumentando de manera constante.
- Sólo en el año 2018, el 51 % de las cargas de trabajo se procesaron en la nube. Esa cantidad solo crecerá en el futuro previsible.
- La velocidad de procesamiento del internet y estabilidad de los niveles de servicio garantizan la continuidad de las operaciones de manufactura.

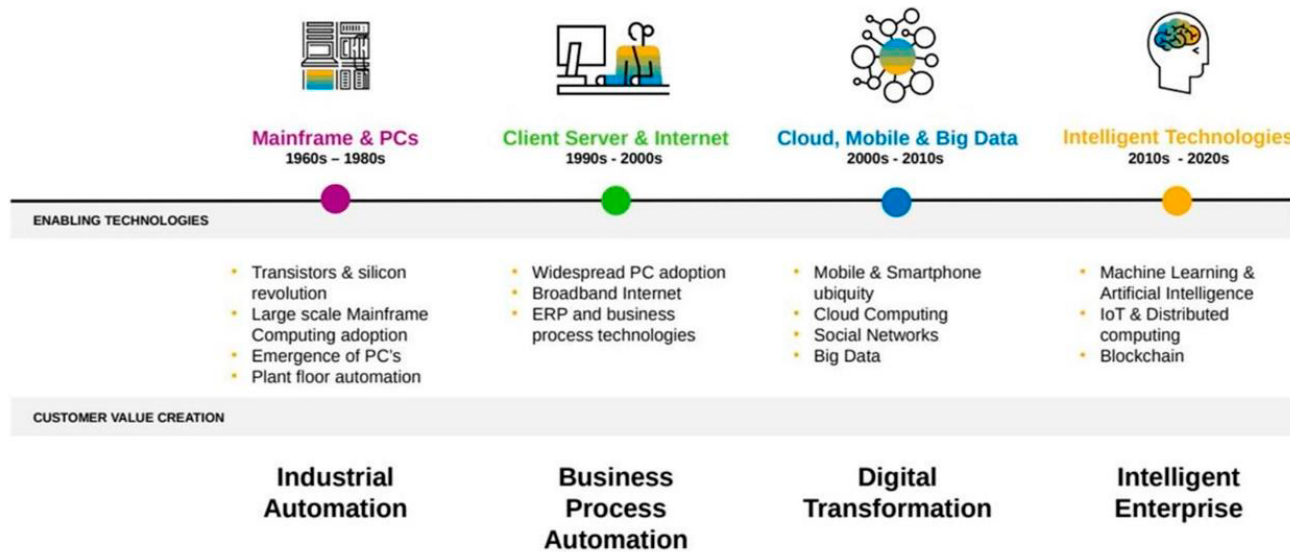
La evolución de los sistemas empresariales ERP en particular se encuentra ahora en el uso de tecnologías inteligentes, en donde las aplicaciones particulares de IA, *machine learning* o aprendizaje autónomo, *blockchain* o cadena de bloques y el internet de las cosas (IoT) requieren también que el software se adapte e interactúe

con ellas. Para SAP, líder en sistemas empresariales integrados ERPs, la era digital ha evolucionado hacia una era de la inteligencia empresarial (SAP, 2019, p.5), tal como se muestra en la figura 1. En todos los casos, las tecnologías "inteligentes" requieren que la

empresa haya desarrollado su transformación digital previamente. La impresión aditiva o impresión 3D, por ejemplo, requiere que el diseño del producto haya sido elaborado digitalmente en software CAD.

**Figura 1**

*Evolución de los Sistemas Empresariales ERP*



*Nota.* SAP (2019, p. 5).

En un principio, la computación se basaba en equipos grandes y costosos, centralizados los sistemas en un centro de cómputo. Luego, surgieron los servidores más económicos, y la arquitectura se transformó en lo que se conoce como cliente-servidor, lo cual representó una transformación basada en los procesos de negocio. La transformación digital se presenta luego con la alta utilización de aplicaciones en la nube y manejo de grandes volúmenes de data, haciendo desaparecer, en la mayoría de los casos, los centros de cómputo tradicionales. Finalmente, los ERPs y sistemas en general están entrando en una fase conocida como empresa inteligente, en donde se emplean algoritmos de inteligencia artificial desde cualquier lugar utilizando las plataformas más variadas (PC, laptop, tablet, teléfono celular, etc.).

En este último estadio, el alcance de las nuevas tecnologías se produce en áreas ya no tan focalizadas, ni aisladas unas de otra. Las logísticas de empresas, proveedores y clientes se encuentran colaborando

unas con otras. Ello ha originado que la competencia entre las cadenas de suministro se torne más compleja e integrada. Una empresa que utilice el ERP SAP en la actualidad puede interactuar con sus proveedores que utilizan la misma plataforma o utilizar otras de la misma familia, como lo es el caso de ARIBA (gestión de proveedores y pedidos) y SuccessFactors (gestión de recursos humanos), que son totalmente compatibles entre sí.

No obstante los avances a nivel mundial, la situación en El Salvador se desconoce en su verdadera dimensión. Existe poca investigación del tema por parte de universidades, instituciones, gobierno y hasta la empresa privada. El abordaje del tema se realiza, en su mayoría, con videos de otras latitudes. Basta con visitar otros países más desarrollados como USA, Alemania, España, México inclusive, para darse cuenta de la poca implementación de dichos avances que se ha hecho en el país.

Una oportunidad de tener un acercamiento más

práctico y directo a los proveedores es asistiendo a la feria itinerante Hannover Messe, que se organiza todos los años en México. Hannover Messe es la mayor exposición mundial de tecnología industrial, y plataforma líder para la Industria 4.0. Aparte de las conferencias a cargo de expertos, se exhiben las tecnologías y, en algunos casos —como el simulador de vuelo, la realidad aumentada con gafas inteligentes, nanotecnología, robótica, manufactura aditiva o sustractiva (CNC), etc.— se permite la interacción con el visitante en el stand del patrocinador. La feria se realizará en ese lugar todos los años hasta el 2029.<sup>1</sup>

#### **1.4. Evolución de la Industria 4.0**

La Industria 4.0, también conocida como la Cuarta Revolución Industrial, representa un avance significativo en la manera en que las industrias operan, impulsado dicho avance por el rápido desarrollo y la convergencia de tecnologías digitales y físicas. Su evolución se puede trazar en varias fases:

##### ***Primera Revolución Industrial (s. XVIII)***

La primera Revolución Industrial, iniciada en el siglo XVIII, estuvo caracterizada por la mecanización de la producción, con la introducción de la máquina de vapor y las primeras fábricas. Esta fase transformó los métodos de producción manual en procesos más eficientes y automatizados, marcando el comienzo de la industrialización.

##### ***Segunda Revolución Industrial (s. XIX - principios del XX)***

La segunda Revolución Industrial trajo consigo la electrificación de la producción y el uso de la línea de ensamblaje, revolucionando la manufactura con procesos estandarizados y con la producción masiva. La eficiencia operativa y la capacidad de producción se incrementaron considerablemente, estableciendo las bases para sistemas de gestión más complejos.

##### ***Tercera Revolución Industrial (finales del s. XX)***

La tercera Revolución Industrial, que comenzó en la segunda mitad del siglo XX, se centró en la automatización mediante el uso de tecnologías de la información y la computación, dando lugar a sistemas de gestión y control más integrados y eficientes. Los equipos y las máquinas reciben, en este caso, órdenes por parte de un ser humano y requieren su intervención para la ejecución de procesos.

##### ***Cuarta Revolución Industrial (s. XXI)***

Según Joyanes Aguilar (2017), la Cuarta Revolución Industrial, conocida comúnmente como industria 4.0, toma su nombre de una iniciativa lanzada en Alemania en 2011, liderada por hombres de negocios, políticos y académicos que la definieron como un medio para aumentar la competitividad de la industria manufacturera de Alemania, a través de la creciente integración de los sistemas ciberfísicos (Cyber-Physical Systems, CPS) en los procesos de fabricación (p. 4).

Esta etapa se caracteriza por la digitalización, el uso del internet de gran velocidad y la conectividad de los procesos, permitiendo un nivel de automatización y flexibilidad en que las máquinas o equipos se intercomunican entre sí. Algunos ejemplos concretos son las tecnologías avanzadas de la IA, el Internet de las Cosas (IoT), la robótica colaborativa, el big data, la computación en la nube o **cloud computing**, los vehículos guiados automáticamente (AGV) y la impresión 3D.

Aunque no existe una única fuente que determine específicamente las tecnologías que conforman la Industria 4.0, y su significado aceptado, existe una base de ellas con un nivel de consenso entre diferentes autores. Estas se reflejan en la figura 2.

---

<sup>1</sup> Visite la siguiente página web para estar enterado de dónde específicamente se realizará: <https://industrialtransformation.mx>

Figura 2

Tecnologías que conforman la Industria 4.0



**Nota.** Elaboración propia.

A continuación, veamos una definición de los conceptos mencionados.

- **Internet de las cosas (IoT):** La interconexión de dispositivos y sistemas a través de internet para recopilar y compartir datos entre ellos en tiempo real. Según Red Hat, fabricante de sistemas operativos:

El Internet de las cosas (IoT) es el proceso que permite conectar los elementos físicos cotidianos al Internet: desde los objetos domésticos comunes, como las bombillas de luz, hasta los recursos para la atención de la salud, como los dispositivos médicos; las prendas y los accesorios personales inteligentes; e incluso los sistemas de las ciudades inteligentes. (2023, párr. 1)

- **Big Data y analítica avanzada:** El uso de grandes volúmenes de datos y herramientas analíticas para obtener perspectivas diferentes y tomar decisiones informadas. Según información de la página web de Powerdata, el Big Data:

Es un término que describe el gran volumen de datos, tanto estructurados como no estructurados, que inundan los negocios cada día. Pero no es la cantidad de datos lo que es importante. Lo que importa con el Big Data es lo que las organizaciones

hacen con los datos. Big Data se puede analizar para obtener ideas que conduzcan a mejores decisiones y movimientos de negocios estratégicos. (s.f., párr. 1)

- **Robótica y automatización:** La implementación de robots y sistemas automatizados para realizar tareas repetitivas y peligrosas, mejorando la eficiencia y precisión. "La robótica es un campo científico interdisciplinario que combina distintas ingenierías, ciencia de la computación y otras disciplinas para diseñar, construir y operar robots. Un robot es una máquina programable capaz de llevar a cabo tareas de manera autónoma o semiautónoma" (Robotnik, 2024, párr. 4). La logística 4.0, que es la aplicación particular de las tecnologías de la industria 4.0 a la logística, incorpora sensores, inteligencia artificial y automatización para optimizar rutas, predecir la demanda y mejorar la trazabilidad.

- **Inteligencia artificial (IA):** El uso de algoritmos y modelos de aprendizaje automático para mejorar la toma de decisiones y la adaptación de sistemas a nuevas situaciones. Para Stryker y Kavlakoglu: "la inteligencia artificial (IA) es una tecnología que permite a ordenadores y máquinas simular la inteligencia humana y su capacidad para resolver problemas" (2024, párr. 1).



- **Ciberseguridad:** La protección de sistemas y datos contra ataques y accesos no autorizados, crucial para la integridad y confiabilidad de las operaciones. Según la asociación de profesionales de seguridad ISACA: "La ciberseguridad se puede entender como la protección de activos de información, mediante el tratamiento de las amenazas que ponen en riesgo la información que se procesa, se almacena y se transporta mediante los sistemas de información que se encuentran interconectados" (ESGinnova Group, 2015, párr. 6).

- **Sistemas ciberfísicos (CPS):** La integración de sistemas físicos y digitales que permiten la comunicación y el control en tiempo real de los procesos industriales. Un sistema ciberfísico es el resultado de la integración de ordenadores y redes con un proceso físico. Se trata de: "sistemas construidos a partir de la integración perfecta de la computación y los componentes físicos" (Universidad Internacional de La Rioja [UNIR], 2022, párr. 2).

- **Fabricación aditiva (impresión 3D):** Para Castellanos:

El concepto de manufactura aditiva hace alusión al procedimiento de producir objetos tridimensionales mediante la deposición de material, capa tras capa, con el fin de obtener las formas deseadas. Esta técnica es utilizada para diversas funciones como la elaboración de herramientas y utillajes, la generación de prototipos y la validación de diseños, así como la fabricación de pequeñas series de piezas destinadas a uso final. (2024, párr. 3)

- **Realidad Aumentada (AR) y Virtual (VR):** A menudo se les confunde. En palabras de Cabrera:

La Realidad Aumentada es una tecnología que superpone información digital, como imágenes, texto o sonido, sobre nuestra percepción del mundo real. A diferencia de la Realidad Virtual, la AR no nos transporta a un entorno completamente virtual, sino que enriquece nuestra experiencia actual mediante la integración de elementos digitales. (2023, párr. 3)

- **Comunicación y redes avanzadas:** El conjunto de infraestructura de redes y protocolos que facilitan la comunicación fluida y rápida entre dispositivos,

sistemas y personas, utilizando el internet como principal vehículo de transmisión de datos. Dispositivos inteligentes como los vehículos autónomos no tripulados requieren conexión estable al internet de alta velocidad o 5G.

## 1.5. Aplicación práctica en la gestión logística

La transición hacia la Industria 4.0 ha tenido un impacto profundo en las empresas, generando cambios estructurales en la manufactura, el comercio y el empleo, tal como lo hicieron las revoluciones tecnológicas anteriores. El campo de aplicación es total, abarcando aspectos de investigación y desarrollo de productos, diseño y prototipado, la manufactura en sí, almacenamiento y distribución inteligente, etc.

Relativamente nuevo, el término "Logística 4.0", que consiste en la aplicación de las tecnologías de la cuarta revolución industrial al entorno logístico y sus macroprocesos, es un concepto que se va popularizando. Las áreas principales, como el abastecimiento, manufactura, almacenamiento, distribución, gestión de retornos y garantías y la planificación asociada a estos, plantea retos importantes, que progresivamente se van superando. La tecnología es importante para las empresas "inteligentes", pero no es lo único determinante, pues se deben considerar los procesos, los indicadores, las buenas prácticas y las normativas.

En el campo de la gestión logística y administración de la cadena de suministro, se encuentran muchas aplicaciones disruptivas, que transforman la manera en que las empresas gestionan sus operaciones. En un principio, las tecnologías ayudaron a ejecutar tareas repetitivas enfocadas a la productividad únicamente (reportes, análisis de datos, comparaciones diversas, etc.). Posteriormente, las tecnologías fueron más amistosas, permitiendo interactuar con sus usuarios, desarrollando también tareas más complejas y especializadas, pensamiento más abstracto y análisis más profundo de los datos obtenidos, como en el diseño asistido por computadora (CAD), la solución de problemas de optimización con algoritmos complejos, etc.

Finalmente, nos encontramos en una era donde las tecnologías han profundizado sus análisis predictivos, e interactúan en campos muy diversos, en situaciones

donde no sólo importan los datos numéricos o de texto, sino que estos son de inmensa ayuda en el tratamiento y generación de imágenes, sonidos y videos. En la medicina, por ejemplo, estas tecnologías contribuyen a la investigación de prevención de enfermedades, mediante la evaluación gráfica de patrones moleculares por medio de inteligencia artificial. La construcción y el funcionamiento de vehículos autónomos, por otra parte, plantean retos importantes para ordenar el tráfico con mayor seguridad y conveniencia. Aunque no está todavía difundido a nivel popular, la automatización de la cabina del vehículo es una realidad en prototipos de los principales clientes de microchips NVIDIA. Según Lassa (2023), de la revista *Autoweek*, estos

incluyen a Mercedes-Benz y su sistema de información y entretenimiento MBUX, Jaguar Land Rover, Volvo, Polestar, Lucid y los robotaxis de Zoox, de Amazon, y de Cruise, de General Motors

Detallar cada uno de los usos resultaría muy extenso y fuera del alcance de este artículo, por lo que se elaboró un cuadro resumen. A nivel general, la Tabla 1 muestra las aplicaciones de las tecnologías 4.0 más usuales en la logística, pero esto debe enmarcarse en su contexto real particular en cada empresa e industria, pues también la logística es influida por el tipo de producto, el modelo de negocio y la disponibilidad de recursos. Tómese, por ejemplo, la afectación en el diseño de un producto.

**Tabla 1**

*Aplicaciones de las tecnologías 4.0 en la gestión logística*

OPERACIÓN LOGÍSTICA	Internet de las cosas	Big data	Robótica	Inteligencia Artificial	Ciberseguridad	Sistemas ciberfísicos	Impresión 3D	Realidad Aumentada	Comunicación y Redes Avanzadas
<b>ABASTECIMIENTO</b>									
Gestión de la demanda		X		X	X				X
Compras		X		X	X				X
<b>MANUFACTURA</b>									
Diseño del producto	X	X		X	X		X	X	X
Prototipado	X			X	X	X	X	X	X
Control de la producción	X		X	X	X	X	X		X
Gestión de inventarios	X	X	X	X	X	X			X
Mantenimiento de equipos	X	X	X	X	X	X		X	X
Control de calidad con sensores	X	X	X	X	X	X		X	X
Planeación de requerimiento de materiales		X		X	X	X			X
<b>OPERACIONES DE ALMACÉN</b>									
Servicio al cliente	X	X		X	X				X
Planeación de rutas de distribución	X	X	X	X	X	X			X
Empaque y paletización	X		X		X	X			X
Acomodo de inventario en almacén	X	X	X		X	X		X	X
Toma de inventario físico	X	X			X	X		X	X

**DISTRIBUCIÓN**

Operación de vehículos autónomos	X	X	X	X	X	X	X	X
Manejo y transporte de materiales	X	X	X	X	X	X	X	X
Ruteo inteligente	X	X		X	X	X		X

**LOGISTICA INVERSA**

Gestión de retornos y garantías	X	X		X	X	X		X
---------------------------------	---	---	--	---	---	---	--	---

**PLANEACIÓN**

Dashboard de indicadores logísticos		X		X	X	X		X
Analítica proyectiva		X		X	X	X		X
Planeación logística		X		X	X			X

*Nota.* Elaboración propia.

Aparte de conocer en qué se puede aplicar las tecnologías 4.0, es preciso tomar en cuenta las limitantes con las que se enfrenta su implementación. Fajardo Marin (2021) realizó una investigación comparativa en países

latinoamericanos (Colombia, México, Chile y Brasil) para descubrir los obstáculos más comunes. Los resultados de dicha investigación se muestran en la tabla 2.

**Tabla 2**

*Análisis comparativo de las debilidades en la implementación de tecnologías 4.0 en países de Latinoamérica*

Colombia	Chile
Problemas de Seguridad en las TIC.	Escasez de personal experto que domine las tecnologías avanzadas.
Resistencia al cambio.	Poca educación de alta calidad.
Planes de aprendizaje de baja calidad.	Ausencia en las políticas públicas.
Desconocimiento del recurso humano en las tecnologías avanzadas.	Políticas económicas con enfoque neoliberal.
Recurso humano poco calificado para el uso de la tecnología.	Poco desarrollo en el campo de la innovación.
Problemáticas económicas, sociales y políticas.	Poca productividad y poca flexibilidad.
Carece de generación de ventajas competitivas.	No se genera inversión en producción en escala o personalización producto.
México	Brasil
Reducción de empleos.	Poca adaptabilidad.
Escasez de conocimiento, ciberseguridad y talento especializado.	Poco interés de las empresas para desarrollar la industria 4.0.
Bajo porcentaje de servicios en la nube.	No tiene estrategias de gobierno frente a la nueva industrialización.
Retraso en el uso de infraestructura de última generación.	Las empresas no tienen tecnologías avanzadas.
El recurso humano sólo será tenido en cuenta en procesos de fabricación.	Economías enfocadas en extracción de materias primas.
	Ser un país de economía emergente. (BRICS)
	Poca infraestructura de las TIC.

*Nota.* Elaboración propia. Basado en Fajardo Marin (2021, pp. 51-53).

## 2. Métodos

Habida cuenta del impacto de las tecnologías en las operaciones logísticas, se procedió a diseñar la investigación de campo para conocer cuál es el grado de implementación de las tecnologías 4.0. El tipo de investigación es descriptiva, no experimental, pues lo que se busca es describir el estado actual del uso de las tecnologías 4.0 en los negocios de las empresas salvadoreñas.

### 2.1. Universo y población objeto

La población objeto utilizada como el universo de la muestra comprende las empresas industriales y comerciales que pertenecen a la Cámara de Comercio e Industria de El Salvador, por cuanto se estimó que la gremial es representativa de los usuarios de tecnología 4.0 en las aplicaciones de negocio. A partir del directorio de socios del año 2022, que se encuentra en formato digital y es distribuido sólo a socios, se determinó que, de 2,200 asociados, sólo 587 empresas se dedican a actividades industriales y comerciales. La investigación de campo se desarrolló durante todo el año 2023. La cámara actualmente tiene una política de membresía abierta a personas naturales y jurídicas, en la cual también se detallan oficinas de gobierno, bancos y cajas de crédito, centros de atención telefónica, gremiales empresariales, cines, colegios, consultoras, bufetes de abogados, etc. Luego de filtrar la información, se procedió a contar las empresas orientadas a la transformación y a la distribución de productos, totalizando 587. Esa cifra fue considerada como el tamaño de la población accesible.

Debe considerarse, por otra parte, que la división entre una empresa industrial y comercial en algunos casos es muy imprecisa, por cuanto no son conceptos excluyentes uno del otro. Kimberly Clark, Holcim, La Constancia, Plycem, Unilever, Industrias Capri, etc., producen, pero también comercializan sus productos. Otras, en cambio, son orientadas a la comercialización y no a la producción. Tal es el caso de ferreterías, tiendas, distribuidoras farmacéuticas, almacenes, etc. Grupos económicos pueden mantener empresas que producen (laboratorios farmacéuticos, por ejemplo) y empresas que comercializan esos productos con diferente razón social (droguerías). De ahí la dificultad para catalogar a cada empresa encuestada en una de estas categorías.

### 2.2. Muestra

A partir de la población accesible, se determinó utilizar un tipo de muestreo aleatorio simple MAS, dándole oportunidad a todas las empresas de poder ser entrevistadas. Todas las empresas tienen la misma probabilidad y ésta es conocida. El MAS es un método sencillo de utilizar, basado en la teoría estadística, por lo que se encuentra disponible en los programas informáticos como el SPSS, Excel, Minitab y páginas web diversas relacionadas con metodologías investigativas.

Posteriormente, se procedió a calcular el tamaño de la muestra o población muestral para poblaciones finitas, mediante la estimación de algunos parámetros, como el nivel de confianza del 95% y margen de error del 5%. El valor Z es calculado en tablas de 1.96. Utilizando la hoja de Excel de la Universidad de Granada, España, se determinó que la población muestral para un universo de 587 empresas debería ser 232. La fórmula utilizada en este cálculo fue:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{(N - 1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}$$

Donde: N = Tamaño de la población

n = Tamaño de la muestra

p = Proporción de individuos que poseen en la población la característica de estudio

Z = Desviación de valor medio que aceptamos para un nivel de confianza del 95%

e = Error muestral del 5%

En la práctica, al consultar a las 232 empresas encuestadas, 40 de ellas (17%) se negaron a responder por problemas de confidencialidad, desconocimiento del tema, falta de tiempo u otras razones. A fin de poder cumplir con los parámetros de error muestral y niveles de confianza determinados, se procedió a encuestar las empresas que no habían sido consideradas inicialmente hasta completar las 232 empresas.

### 2.3. Planteamiento de hipótesis

La pregunta central que rige esta investigación es: ¿En qué estado se encuentran las tecnologías de la industria 4.0 en

las empresas industriales y comerciales de El Salvador? A partir de ahí, se formularon las siguientes hipótesis:

**Hipótesis 1:** La mayoría de las empresas industriales y comerciales salvadoreñas muestran un grado deficiente en la implementación de las tecnologías 4.0.

Para ello, se realizaron las preguntas 3 (conocimiento del término), 4 (¿qué tecnologías específicas se han implementado?), 8 (grado de conocimiento de tecnologías específicas) y 11 (factores que obstaculizan la implementación de estas tecnologías).

**Hipótesis 2:** La mayoría de los gerentes de las empresas industriales y comerciales encuestadas tienen temor de que las tecnologías 4.0 desplacen la mano de obra.

Para ello, se realizó la pregunta 12.

**Hipótesis 3:** La mayoría de las empresas industriales y comerciales salvadoreñas no están satisfechas con el manejo de la información relativa a los inventarios

Dado que la gestión del inventario es un pilar fundamental en cualquier programa de mejoramiento logístico, se formuló la Hipótesis 3, la cual describe aspectos importantes del abordamiento del tema desde una perspectiva más concreta.

Para ello, se recolectó información relativa al uso de los datos y a la exactitud de los inventarios como parámetro clave. La pregunta 5, relativa al lugar donde se realiza el almacenamiento de datos; la 6, en relación con el destino de esos datos; la 7 en cuanto a herramientas de software para el manejo de grandes volúmenes de información; y, finalmente, la 9 y 10 corresponden a la administración del inventario.

Las preguntas 1 y 2 describen el universo muestral en términos del sector industrial y la edad de las personas que respondieron a la encuesta, pues resulta clave

### 3.2. Pregunta 2: Seleccione los años de experiencia laboral

Esta pregunta tiene como trasfondo verificar si los encuestados son jóvenes y están más enterados de lo que pasa en el mundo tecnológico. Se comprobó que la mayoría de ellos (31.03%) cuenta con menos de 5 años laborales, por lo que su experiencia se

asegurar un cambio generacional a nivel de recursos humanos con una nueva clase de trabajadores, mucho más capacitados, más abiertos a la tecnología y con habilidades mejoradas.

En todas las hipótesis, el término mayoría significa cualquier porcentaje arriba del 50%.

## 3. Resultados

### 3.1. Pregunta 1: Seleccione su área de trabajo actual

Esta pregunta indica que las principales áreas de desempeño de las cuales provienen los datos son de Logística (45.29%) y Administración en general (22.84%). Estas áreas están muy por encima de las otras consideradas, como Ventas, Contabilidad, Producción y Otras. Esto no es coincidencia, pues en un principio, el abordaje de la muestra en las encuestas se dirigió a estas áreas. De ahí que los datos y sus conclusiones sean válidos principalmente para el sector logístico y de Administración, pero también podrían extrapolarse a otras áreas, haciendo los cambios de contexto pertinentes.

**Tabla 3**

Área de trabajo del encuestado

Área de Trabajo	Encuestados	Porcentaje
Logística	105	45.26%
Administración	53	22.84%
Ventas	16	6.90%
Contabilidad	21	9.05%
Producción	14	6.03%
Otros	23	9.91%
<b>Total</b>	<b>232</b>	<b>100.00%</b>

**Nota.** Elaboración Propia.

basa principalmente en lo que le ha tocado llegar a hacer a la empresa, sustentando sus acciones con el conocimiento previo que recibió en sus estudios de grado o formación continua. Por otra parte, puede visualizarse que existe casi el 50% de personas con más de 10 años de experiencia, cuyo contacto con las nuevas tecnologías se hace más difícil, por cuanto no han trabajado con ellas y las desconocen.

El cambio de tecnologías exigirá también un cambio generacional, por lo que las nuevas tecnologías deberán irse abriendo paso en el mundo académico y con alianzas estratégicas con las empresas, para solventar los problemas de gestión actuales con una óptica diferente.

**Tabla 4**

*Experiencia laboral del encuestado*

Antigüedad	Encuestados	Porcentaje
Menor de 5 años	72	31.03%
Entre 5 y 10 años	49	21.12%
Entre 10 y 15 años	67	28.88%
Más de 15 años	44	18.97%
Total	232	100.00%

*Nota.* Elaboración propia.

### 3.3. Pregunta 3: ¿Conoce el término Industria 4.0?

Se determinó que la mayoría de los encuestados desconoce el término (38.79%); otros lo conocen a medias (27.16%) y sólo el 34.05 manifestó conocer de qué se trata el término. El conocimiento se origina en los salones de clase, seminarios, congresos, webinars, etc. Salvo pocas

excepciones, el conocimiento es teórico, sin abordaje práctico en laboratorios o proyectos reales en las empresas. En los próximos años debería existir una renovación de la oferta académica, integrando más tecnología en las asignaturas. Normalmente, se renueva cada 5 años los planes de estudio, pero la tecnología avanza mucho más rápido, volviendo un reto importante su actualización posterior en términos de formación continua.

**Tabla 5**

*Conocimiento del término Industria 4.0*

Conoce el término	Encuestados	Porcentaje
Sí	79	34.05%
A nivel general	63	27.16%
No	90	38.79%
Total	232	100.00%

*Nota.* Elaboración propia.

### 3.4. Pregunta 4: De las siguientes aplicaciones de la industria 4.0, ¿en qué grado su empresa las ha implementado?

Todas las tecnologías de la industria 4.0 han sido implementadas en menos del 10% de las empresas

encuestadas. Las tecnologías más empleadas se refieren al uso de Big data, herramientas de análisis de inteligencia de negocio e inteligencia artificial. En todos estos casos, se refieren a herramientas de software y computación en la nube (*cloud computing*), sin conexión con el mundo real (sistemas físicos)

Existe la oportunidad de que, en los próximos años, estas cifras vayan mejorando, conforme se transfieren tecnologías desde la casa matriz, en el caso de filiales, y también por la difusión que van teniendo por medio del internet y la corriente de la IA, presente en numerosos campos del saber.

Otra oportunidad puede darse cuando empresas multinacionales invierten en el país y transfieren conocimiento tecnológico a sus empleados, para nivelarlos o estandarizarlos con los requerimientos propios de una gestión global.

**Tabla 6**

Grado de implementación de las tecnologías 4.0

TECNOLOGIA	No se utiliza		NIVEL DE USO DE LA TECNOLOGIA				Mucho	
	Encuestados	Frecuencia	Encuestados	Frecuencia	Encuestados	Frecuencia	Encuestados	Frecuencia
Big Data y Analytics	123	53.00%	44	19.00%	44	19.00%	21	9.00%
Drones	193	83.00%	32	14.00%	7	3.00%	0	0.00%
Robótica y Sensores	176	76.00%	30	13.00%	7	3.00%	12	5.00%
Impresión 3d	183	79.00%	26	11.00%	14	6.00%	7	3.00%
Inteligencia Artificial	186	80.00%	19	8.00%	23	10.00%	5	2.00%
Realidad Aumentada y virtual	188	81.00%	30	13.00%	7	3.00%	7	3.00%
Control Numérico Computarizado	172	74.00%	21	9.00%	23	10.00%	16	7.00%
Vehículos autónomos AGV	197	85.00%	23	10.00%	7	3.00%	5	2.00%
<b>Promedio</b>		<b>76.38%</b>		<b>12.13%</b>		<b>7.13%</b>		<b>3.88%</b>

*Nota.* Elaboración propia.

### 3.5. Pregunta 5: ¿En dónde almacena la empresa los datos recolectados de las máquinas y equipos?

La mayoría de las empresas utilizan sistemas empresariales ERP para su almacenamiento de datos (24%), seguido de sistemas *on premise* que se instalan en servidores locales (Excel y Bases de datos).

Los sistemas basados en la nube o *cloud computing* constituyen un 18% de los casos. Esto representa una dependencia de la rapidez y calidad del servicio de internet que ofrecen los proveedores, para la ejecución de los procesos empresariales.

Actualmente, la nueva generación de sistemas empresariales relacionados con la logística se aloja en la nube, permitiendo trascender las barreras espacio

temporales y facilitando el acceso a los datos, desde cualquier parte del mundo y a toda hora. Por otro lado, ello impacta los sistemas de administración tal y como los conocemos, pues no requieren gastos enormes en infraestructura cliente-servidor, ya que no es necesario. Se requiere personal de cómputo más orientado a la configuración de parámetros y *helpdesk* para solución de problemas de los usuarios que programadores.

Uno de los sistemas más populares, aunque no el más barato ni el menos complejo, es el sistema SAP S/4HANA, cuya estrategia de crecimiento se basa en la computación en la nube. Servicios adicionales como Ariba (compras), Concur (administración de la gestión de viajes) y SuccessFactors (Recursos Humanos) pueden ser contratados para complementar el diamante de procesos internos centrado en Finanzas

y Contabilidad. El análisis de los datos y la analítica predictiva, ya es posible realizarlos dentro del mismo sistema, sin necesidad de descargar datos ni crear los

*data waterhouse* o almacenes de datos, pues todo se realiza en tiempo real.

**Tabla 7**

*Tipo de almacenamiento de datos*

Tipo de Almacenamiento	Encuestados	Porcentaje
En la nube	41.76	18.00%
En bases de datos	53.36	23.00%
En Excel	53.36	23.00%
En sistemas ERP	55.68	24.00%
Otros	27.84	12.00%
Total	232	100.00%

*Nota.* Elaboración propia.

### 3.6. Pregunta 6: ¿Cuál es la utilización de la captura de datos y equipos?

El análisis y toma de decisiones constituye, con un 70%, el principal objetivo de la captura de datos de la empresa, seguido por los indicadores de gestión, con un 57%, y del control de calidad, con un 44%. Ello señala la necesidad del factor humano en la toma de decisiones y la falta de interacción entre máquinas y equipos entre sí.

Desde el diseño del producto y acopio de materias primas hasta la distribución, pasando por la

manufactura, la utilización de plataformas digitales robustas no es un tema muy popular. La manufactura digital requiere sistemas ciberfísicos para la elaboración de los productos y, por consiguiente, el tema de la ciberseguridad va a ser uno de los temas más populares en los próximos años, en la medida de que la manufactura digital progrese.

Los equipos deberán ser reemplazados por otros con tecnología reciente para poder interactuar en el mundo digital.

**Tabla 8**

*Utilización de los datos recolectados*

Utilización	Encuestados	Porcentaje
Análisis y toma de decisiones	162	70.00%
Poner en funcionamiento y control a otras máquinas	37	16.00%
Control de calidad	102	44.00%
Indicadores de Gestión	132	57.00%
Otros	30	13.00%

*Nota.* Elaboración propia.

### 3.7. Pregunta 7: ¿Utiliza su empresa inteligencia de negocios o *business intelligence*?

Sólo el 28% de las empresas consultadas utilizan herramientas de inteligencia de negocios para el análisis de los datos y la elaboración de dashboards o tableros de comando con indicadores en tiempo real. Los programas

más populares en el medio son PowerBI, Tableau, Oracle Business Intelligence, Qlikview, etc.

La inteligencia de negocios permite consolidar y realizar cuadros de mando o tableros resúmenes sin importar la fuente de datos, lo que a su vez permite que diversas tecnologías tengan su punto de encuentro en estas



herramientas. Los orígenes de datos pueden ser Excel, Access, Oracle, Db2, etc., y se elimina el proceso de unificar todos los datos en un solo formato.

En algunos casos, el software empresarial ERP utilizado permite realizar los análisis de escenarios y dashboards dentro del mismo entorno, sin recurrir a otros programas o aplicaciones externas.

**Tabla 9**

*Utilización de la inteligencia de negocios*

Utilización de la inteligencia de negocios	Encuestados	Porcentaje
Sí	65	28.00%
A nivel general	95	41.00%
No	72	31.00%
Total	232	100.00%

*Nota.* Elaboración propia.

### 3.8. Pregunta 8: ¿Cuál es el grado de conocimiento de las siguientes tecnologías?

En este caso, en promedio, sólo el 1.13% de la población encuestada manifestó conocer mucho de estas tecnologías; 15.5% conoce medianamente; 28%, poco;

y un 48.25%, es decir la mayoría, manifestó desconocer por completo. Las tecnologías menos conocidas son los vehículos autónomos AGV (62%) y el control numérico computarizado (CNC) y la impresión sustractiva, ambos con un 55% de desconocimiento.

**Tabla 10**

*Grado de conocimientos de tecnologías 4.0*

TECNOLOGIA	No se utiliza		NIVEL DE CONOCIMIENTO DE LA TECNOLOGIA				Mucho	
	Encuestados	Frecuencia	Poco	Medianamente	Encuestados	Frecuencia	Encuestados	Frecuencia
Big Data y Analytics	97	42.00%	53	23.00%	51	22.00%	7	3.00%
Drones	84	36.00%	95	41.00%	32	14.00%	5	2.00%
Robótica y Sensores	109	47.00%	77	33.00%	35	15.00%	5	2.00%
Impresión 3D	114	49.00%	63	27.00%	37	16.00%	0	0.00%
Inteligencia Artificial	109	47.00%	58	25.00%	39	17.00%	0	0.00%
Realidad Aumentada y virtual	111	48.00%	49	21.00%	37	16.00%	0	0.00%
Control Numérico Computarizado	128	55.00%	63	27.00%	37	16.00%	5	2.00%
Vehículos autónomos AGV	144	62.00%	63	27.00%	19	8.00%	0	0.00%
<b>PROMEDIO</b>		<b>48.25%</b>		<b>28.00%</b>		<b>15.50%</b>		<b>1.13%</b>

*Nota.* Elaboración propia.

### 3.9. Pregunta 9: La identificación de los productos que comercializa su empresa se realiza mediante...

Las respuestas a esta pregunta son muy reveladoras sobre el atraso de las empresas salvadoreñas en términos de codificación comercial. Un 48% manifestó utilizar códigos de barras, mientras que sólo un 5% utiliza identificación de radio frecuencia (RFID). El 46% no utiliza ningún medio de codificación, lo cual impide, entre

otras cosas, llevar un flujo rápido, exacto y ordenado de sus operaciones relacionadas con los inventarios y desarrollar una analítica descriptiva, de diagnóstico o proyectiva de los volúmenes de datos recolectados.

Tómese en cuenta que la tecnología de los códigos de barras viene desde la década de los 50s; la falta de conocimiento para su implementación ya no debería ser un inconveniente. La tecnología de RFID, por otra parte, inventada a finales de la década de 1990, fue de una

adopción más lenta, y recibió un impulso significativo en el 2003, cuando Walmart lo requirió de manera obligatoria a sus proveedores para el seguimiento de sus productos.

Ambas tecnologías no forman parte de la revolución industrial 4.0, pero su uso facilita la captura de datos para su tratamiento posterior en las aplicaciones más propias de la Industria 4.0.

**Tabla 11**

*Tecnologías para la identificación de productos*

Tipo de Identificación del producto	Encuestados	Porcentaje
Código de barras	114	49.00%
Radiofrecuencia RFID	12	5.00%
Ninguno	106	46.00%
Total	232	100.00%

*Nota.* Elaboración propia.

### 3.10. Pregunta 10: ¿Cuál es el grado de exactitud de los inventarios?

La exactitud del inventario mide porcentualmente la exactitud que existe entre la toma de inventario físico y los registros en el sistema informático/contable de la empresa. Las desviaciones del 100% pueden originarse por faltantes y sobrantes que deben investigarse hasta llegar a su causa raíz.

Es muy importante hacer notar que solo el 10% de los encuestados manifestó mantener niveles excelentes de control de inventarios. Un 13% comentó que la exactitud era muy buena. El resto de los encuestados manifestó que esta es un área de mejora. Es decir que 3 de 4 empresas no se encuentran satisfechas con su nivel de control, el cual repercute en todas las áreas de la actividad comercial.

**Tabla 12**

*Grado de exactitud de los inventarios*

Grado de Exactitud de los Inventarios	Encuestados	Porcentaje
Poca, necesita mejorar	70	30.00%
Buena, pero necesita mejorar	107	46.00%
Muy buena	31	13.00%
Excelente. Nivel de empresas de clase mundial	24	10.00%
Total	232	100.00%

*Nota.* Elaboración propia.

### 3.11. Pregunta 11: ¿Cuáles son las razones por las que las empresas salvadoreñas encuentran dificultad para invertir en estas tecnologías?

La principal razón se fundamenta en el recurso humano. Un 63% manifestó que es el desconocimiento de la

tecnología lo que ha retrasado su adopción, mientras que el 61% destaca la falta de personal capacitado. Un tercer lugar lo ocupa la falta del apoyo financiero de la empresa, pues se percibe a los almacenes como centros de costos, sin considerar su valor estratégico, o bien porque la empresa no cuenta con recursos suficientes para impulsar esta reconversión industrial.

**Tabla 13**

*Razones para la dificultad en la implementación de Tecnologías 4.0*

Razones para la no implementación	Encuestados	Porcentaje
Falta personal capacitado	142	61.00%
Falta apoyo gubernamental	37	16.00%
Desconocimiento de la tecnología	146	63.00%
Falta apoyo financiero de la empresa	114	49.00%
El tamaño y complejidad de la empresa no lo amerita	49	21.00%
Otros	7	3.00%

*Nota.* Elaboración propia.

### 3.12. Pregunta 12: ¿Cuál es su percepción sobre el impacto de las tecnologías 4.0 en la logística?

A nivel general, se captó una percepción favorable hacia la adopción de nuevas tecnologías, pues permitirá mejorar

la competitividad de las empresas (61%) y enriquecer el trabajo que actualmente se realiza con métodos convencionales (43%). Sólo un 11% de los encuestados manifestó su temor de desplazar puestos de trabajo o pérdida de empleos.

**Tabla 14**

*Impacto laboral de las Tecnologías 4.0*

Percepción del impacto laboral de las tecnologías de la Industria 4.0	Encuestados	Porcentaje
Las tecnologías vienen a desplazar al recurso humano	26	11.00%
Las tecnologías enriquecen los puestos de trabajo actuales	100	43.00%
Las tecnologías deben adoptarse para ser más competitivos	142	61.00%
Las tecnologías ayudan al desarrollo de un país como el nuestro	90	39.00%

*Nota.* Elaboración propia.

## 4. Discusión

Como se ha podido percibir, hablar de tecnologías no se limita a discutir únicamente la compra o no de equipo de última generación. Se trata de combinar aspectos relevantes para que la implementación sea sostenible en el tiempo. Dichos aspectos tienen que ver con el contexto económico, el modelo de negocio, el tamaño del mercado, el tipo de producto y factores culturales al interior de la empresa.

Al inicio del artículo se abordó el tema de las organizaciones inteligentes, esas que están abiertas a la innovación, son flexibles y permiten que sus empleados desarrollen toda su capacidad creativa. Aquí comienza, precisamente, todo el camino de la transformación digital de la empresa. De no existir esta apertura al cambio, las inversiones no tienen sentido.

Siendo la logística el estudio de los flujos de producto, dinero e información, las tecnologías 4.0 impactan

su ejecución. La plataforma informática a utilizar — principalmente el sistema empresarial ERP— requiere que se tenga un excelente soporte técnico y usuarios bien capacitados, que se adapte a las tecnologías en particular y que el servicio de internet sea de alta velocidad, confiabilidad y estabilidad. Muchas cosas en forma simultánea. Hay que trabajar en ello. La evolución de los sistemas empresariales ha llevado a redefinir el término de “Empresa Inteligente” y hoy se habla de tener visibilidad completa en los procesos *end to end*, y no solamente de una parte de ellos.

Los procesos logísticos más importantes son totalmente transversales, requiriendo colaboración interna y externa: *source to pay* (del aprovisionamiento al pago); *design to operate* (desde el diseño a la operación y uso del producto); *lead to cash* (desde la captura del lead de ventas hasta su monetización); *request to service* (seguimiento total al cliente); *hire to retire* (seguimiento al empleado desde su contratación hasta su retiro) y otros. Todos estos procesos deben favorecer puestos de trabajo integrados e información compartida entre los departamentos internos de la compañía y las entidades externas, como clientes y proveedores. Es más fácil decirlo que hacerlo, por lo que en toda organización y país habrá limitantes y obstáculos, como se expuso en la figura 4. La visión sistémica es muy relevante en este caso, así como una actitud colaborativa, no-egocéntrica, de todos los involucrados.

Definida la necesidad de contar con una organización inteligente, abierta al cambio, y con la visión sistémica requerida, se procede a averiguar qué tecnologías pueden contribuir positivamente al esfuerzo logístico. Para ello, se elaboró el cuadro de la figura 3; aunque después es necesario profundizar en el conocimiento de la tecnología en particular. Siendo realistas, resulta poco probable que los nuevos empleados cuenten con el conocimiento de estas herramientas, pues no se enseñan en los salones de clase. Lo poco que se sabe es a base de lecturas y videos publicados. Es necesario, pues, que las instituciones de educación superior del país inviertan también en laboratorios y acomoden sus programas a esta nueva realidad. Se requiere también una mayor apertura del sector privado y gubernamental para apoyar la creación de empleos enriquecidos con estas tecnologías.

Por si esto fuera poco, se deben buscar objetivos sustentables en el tiempo, que sean compatibles con el cuidado del medio ambiente. Iniciativas como la descarbonización de la industria y la utilización de fuentes de energía renovables también deben lograrse.

## 4.1. Prueba de Hipótesis

### **Hipótesis 1: La mayoría de las empresas industriales y comerciales salvadoreñas muestran un grado deficiente en la implementación de las tecnologías 4.0.**

Se utilizan los resultados obtenidos de las preguntas 3 (conocimiento del término), 4 (qué tecnologías específicas se han implementado), 8 (grado de conocimiento de tecnologías específicas) y 11 (factores que obstaculizan la implementación de estas tecnologías).

Tomando en cuenta que el porcentaje con conocimiento a nivel general (27.16%), lo dividimos equitativamente entre los que respondieron que sí (34.05%) y los que dijeron no (38.79%), el nuevo porcentaje de desconocimiento del término es del 52.37%. Es decir, la mayoría desconoce el término.

Cruzando este último dato con el grado de conocimiento de las tecnologías específicas, se observa que el 48.25% de los encuestados no conoce nada, porcentaje superior a los que dijeron que no en la pregunta 3, lo cual da la razón de la aproximación del procedimiento explicado anteriormente, quienes contestaron que poco (28%). Medianamente con un 15.5%, por lo que si hacemos la división de este 15.5% entre 2, para repartirlo equitativamente hacia arriba y debajo de la escala, resulta que el 8.88% de los respondientes tiene un conocimiento de las tecnologías específicas. Con el resto, 92.12%, se respondería el grado de desconocimiento.

Y ya que el conocimiento que no se aplica se olvida, las respuestas a la pregunta 4 son muy importantes. El promedio de tecnologías implementadas mucho es de 3.88%; las que medianamente se han implementado, 7.13%; las que poco, 12.13%; y las que nada, tienen un 76.38% en promedio. Los atributos nada y poco, por sí solos constituyen la mayoría de las empresas. Lo valioso aquí es que se ha cuantificado el desconocimiento en un sector representativo de empresas industriales y comerciales.

Por todo lo anteriormente expuesto, se concluye que la hipótesis 1 es válida.

**Hipótesis 2: La mayoría de los encuestados de las empresas industriales y comerciales salvadoreñas tienen temor de que las tecnologías 4.0 desplacen la mano de obra.**

Existen numerosos artículos de opinión y debates sobre considerar la implementación de tecnologías 4.0 como un factor que promueve el reemplazo de trabajadores, aumentando el desempleo. Parte de ello resulta cierto, y todos los días hay noticias que hablan de recortes por culpa de la IA, por ejemplo. No obstante, se midió la percepción de los mandos ejecutivos de las empresas mediante la pregunta 12. Los resultados fueron sorprendentes, pues sólo el 11% de los encuestados manifiesta el temor de que la tecnología desplace al trabajador. El resto muestra actitudes favorables para el enriquecimiento del trabajo (43%), la mejora de la competitividad (63%) y el apoyo al desarrollo del país mediante dichas tecnologías (39%).

Las tecnologías de la Industria 4.0 (como la automatización, la inteligencia artificial, la robótica, el IoT, etc.) generan una preocupación legítima sobre el impacto en el empleo, pero no representan, en este momento, una amenaza directa o absoluta en El Salvador. En el futuro, la Industria 4.0 dará pie a una transformación profunda del mercado laboral. El desplazamiento de mano de obra afectará principalmente en trabajos rutinarios donde la mano de obra muestra un desconocimiento y déficit en la utilización de la tecnología. Los trabajos se volverán más complejos, pero también más enriquecidos con retos que los harán más interesantes. El verdadero riesgo no es la tecnología, sino no prepararse para el cambio. La clave está en la educación, la adaptación y la planificación estratégica. Por todo ello, se rechaza, entonces, la hipótesis 2.

Existen, al respecto, diferentes organizaciones que han abordado el debate sobre el impacto de las tecnologías en el empleo, ofreciendo perspectivas tanto optimistas como críticas. Por ejemplo:

– **CAF – Banco de Desarrollo de América Latina**

Explora cómo las tecnologías afectan los mercados laborales en América Latina, destacando tanto la destrucción como la creación de empleos principalmente en el sector público. Analiza la adopción de tecnologías

en la región y su impacto en la informalidad y precariedad laboral. Algunos informes recientes: *Impacto potencial del uso de la inteligencia artificial en el empleo público en América Latina* (2022); *Conectividad, inclusión y transformación digital para un mayor impacto* (2023); *Diagnóstico de necesidades actuales y futuras de trabajadores para el sector de tecnologías digitales en Panamá* (2022).

– **CEPAL – Comisión Económica para América Latina y el Caribe**

Ofrece una perspectiva latinoamericana sobre los riesgos de la sustitución tecnológica del trabajo humano y los desafíos en la generación de nuevos puestos de trabajo. Algunos informes recientes: *Transformaciones digitales y empleo: desafíos y oportunidades para América Latina y el Caribe* (2022); *El futuro del trabajo en América Latina y el Caribe: ¿cómo aprovechar las tecnologías digitales para una recuperación inclusiva?* (2021); *Educación y desarrollo de competencias digitales en América Latina y el Caribe* (2023); *Transformación digital real y efectiva puede ayudar a América Latina y el Caribe a superar las trampas del desarrollo* (2023).

– **Organización Internacional del Trabajo (OIT)**

Proporciona una reflexión sobre un siglo de debates en torno al trabajo y la tecnología, analizando cómo las transformaciones tecnológicas han influido en las condiciones laborales. Algunos informes recientes: *El trabajo en la era digital: retos y oportunidades para América Latina y el Caribe* (2022); *El futuro del trabajo en América Latina: hacia una transición justa* (2021); *Impacto de la automatización en el empleo: una perspectiva global* (2020); *La IA generativa y los empleos en América Latina y el Caribe: ¿La brecha digital es un amortiguador o un cuello de botella?* (2024); *Nuevas formas de trabajo e informalidad en América Latina y el Caribe* (2024).

**Hipótesis 3: La mayoría de las empresas industriales y comerciales salvadoreñas no están satisfechas con el manejo de la información relativa a los inventarios.**

Los inventarios constituyen uno de los drivers o conductores primarios de la logística. Se observa que para poder gestionarlos con solvencia se requiere

información exacta y actualizada, al mismo tiempo que dichos datos se relacionan con otros, extraídos de diferentes departamentos de la empresa, informes externos, proveedores, clientes, etc., todo ello en diversidad de formatos y tamaños. Se recolectó, por ello, información relativa al uso de los datos y a la exactitud de los inventarios como parámetros claves: la pregunta 5, relativa al lugar donde se realiza el almacenamiento de datos; la 6, con relación al destino de dichos datos; la 7, en cuanto a herramientas de software para el manejo de grandes volúmenes de información; y, finalmente, la 9 y 10 corresponden a la administración del inventario.

La pregunta 5 muestra el uso importante de aplicaciones robustas de sistemas empresariales ERP (24%) y de computación en la nube (18%). No obstante, la mayoría utiliza sistemas informáticos tradicionales basados en Excel, bases de datos y otros (58%), lo cual resulta determinante para la poca sincronización de operaciones que muestran las empresas nacionales con otros actores de la cadena de suministro.

Los diferentes programas de inteligencia de negocio (*business intelligence*) son los encargados de gestionar los grandes volúmenes de datos que se requieren para desarrollar su análisis, descubrir patrones y visualizar adecuadamente en tiempo real cómo transcurren las operaciones. El estudio muestra que estos programas se utilizan solo en un 28% de las empresas. Esto es congruente con el uso de los ERP y de la computación en la nube. Al tener la capacidad de manejar los datos, las empresas pueden reaccionar más adecuadamente a un entorno cambiante. No tener esta capacidad dificulta también la coordinación entre las áreas de la empresa. La computación en la nube se ha vuelto más popular, puesto que los proveedores de plataformas ERP'S consideran antieconómico para ellos estar manteniendo versiones particulares de sus sistemas. Por ello tratan, hasta donde no exista un impedimento legal (como es el caso de salud, banca y temas sensibles) de trabajar todo desde la nube, con aplicaciones estándar que reflejan las mejores prácticas de la industria (lo que llaman verticales).

Para la administración del inventario se requieren, por lo general, sistemas empresariales más complejos e integrales, que permitan la continuidad del negocio,

cerrando ciclos de negocio con trazabilidad y visibilidad. Factores regulativos inciden en ello: procedencia, normas de etiquetado, fecha de producción, número de lote, número de serie, vencimiento, precio sugerido al público, etc.

Curiosamente, muchas empresas salvadoreñas todavía no utilizan sistemas de codificación modernos para el inventario, lo que dificulta la generación de reportes consolidados y proyecciones confiables y la integración con mercados más complejos. Como consecuencia, existen oportunidades para que el nivel de satisfacción de la gestión de inventarios mejore en el futuro. Un 21% señala que la exactitud de inventarios es poca, mientras que un 46% está consciente de que es buena, pero necesita mejorar. La implementación de tecnologías puede ayudar, modernizando la infraestructura informática, realizando auditorías físicas o conteos cíclicos en forma permanente, utilizando tecnología de código de barras o radio frecuencia, pero también con la capacitación o formación del recurso humano para que los sistemas puedan ser parametrizados y utilizados convenientemente. La hipótesis 3, por consiguiente, se acepta como válida.

La implementación de las nuevas tecnologías 4.0 tiene un impacto importante en el corto plazo en la gestión logística de los inventarios. Con ello se mejora la rentabilidad económica de la empresa y su productividad, por medio de una mayor rotación, mejor estimación de la demanda, mejor uso de los recursos y la transformación cultural del recurso humano.

Aunque el objetivo de este artículo no fue analizar el sector gubernamental, es importante mencionar también el rol del Estado en la adecuación de sus políticas públicas y el apoyo a esta revolución industrial, a fin de aprovechar esta tecnología para elevar el nivel de vida del país. El Estado debe promocionar la inversión extranjera directa en el país en actividades productivas y la promoción de zonas especiales de desarrollo, para que exista una transferencia tecnológica de las empresas del primer mundo a las nuevas generaciones. También deberá apostar por la mejora del nivel educativo, para que cada vez más la población nacional vea posibilidades de mejora sin tener que migrar a otro país. La experiencia de Guanajuato Puerto Interior, en México,

por ejemplo, permitió reconvertir una zona orientada a la producción de artículos de cuero (manufactura) en una región que alberga empresas extranjeras dedicadas a la manufactura inteligente (mentefactura). No debe olvidarse, tampoco, que en cada tipo de tecnología, debe existir un marco legal para detectar fraudes, *hacking* y abusos, así como para deducir responsabilidades en caso de que se presenten accidentes o pérdidas.

## 5. Conclusiones

La investigación concluye que la mayoría de las empresas industriales y comerciales salvadoreñas muestra un grado deficiente en la implementación de las tecnologías 4.0 en el campo empresarial y logístico. Al igual que otros países latinoamericanos, se debe superar retos importantes en materia de educación, difusión, inversión y políticas públicas, para reducir la brecha con otros países. De no hacerlo, el rezago no permitirá sacar al país de la pobreza y del subdesarrollo en que se encuentra.

Las tecnologías de la Industria 4.0 son diversas y evolucionan respondiendo a necesidades específicas de cada industria-empresa. La investigación, y por ende el artículo, se trabajó buscando conocer — independientemente de si se encuestaban empresas industriales o comerciales— cuál era, a nivel general, el estado de la implementación de dichas tecnologías en las empresas salvadoreñas. Esto se logró, aunque se desconocen planes específicos del proceso de digitalización en cada una de ellas. Ciertamente, los resultados muestran una mayor implementación de aquellas empresas asociadas al área comercial: codificación de productos, inteligencia de negocio y computación en la nube. Sin embargo, tal como se advirtió en la introducción, existe una frontera muy delgada entre empresas comerciales e industriales. Por lo general, las empresas industriales comercializan sus productos utilizando estas tecnologías en su departamento comercial porque son las más asequibles, conocidas y promovidas por los programas formativos. Las tecnologías 4.0 asociadas propiamente a la industria en específico no son muy populares, probablemente por la inversión requerida, por el desconocimiento y por el tamaño del mercado que tiene El Salvador.

Tal como se comentó en el principio, el gran reto para la gestión moderna de las empresas es crear organizaciones inteligentes, mediante el uso de tecnologías de la Industria 4.0 y una logística avanzada, para que las organizaciones sean más eficientes, competitivas, sostenibles y resilientes. Esto ya no es ficción, sino que es cada vez más una necesidad real en la economía digital actual.

La implementación de las nuevas tecnologías 4.0 tiene un impacto importante en la gestión logística empresarial. Se estudian los inventarios, ya que empresas industriales y comerciales lo requieren para mejorar la rentabilidad económica, a través de una mayor rotación, mejor estimación de la demanda, mejor uso de los recursos y la transformación cultural del recurso humano.

Por todo lo anterior, la implementación de tecnologías 4.0 presenta, para El Salvador, una gran oportunidad, de salto cualitativo, en la gestión empresarial y logística. Dichas tecnologías deben estudiarse con mayor profundidad en la academia, y se debe buscar su aplicación práctica, mediante alianzas tecnológicas con sectores de la empresa privada nacional e internacional, para superar el atraso existente. La mejora del conocimiento permitirá direccionar mejor las inversiones que se realicen de manera puntual.

Este estudio señala el estado actual de implementación de las tecnologías de la industria 4.0 en el sector industrial y comercial del país específicamente. No contempla el sector gubernamental, que también las requiere y está relacionado, pero puede ser base para la realización de investigaciones posteriores en este campo.

El Estado, por su parte, debe promocionar la inversión extranjera directa en el país en actividades productivas y la promoción de zonas especiales de desarrollo, para que exista una transferencia tecnológica a las nuevas generaciones. Deberá también apostar por la mejora del nivel educativo: la renovación de los planes de estudio, la integración de tecnologías, el desarrollo de proyectos de investigación, visitas técnicas, el otorgamiento de becas en el exterior, para que cada vez más la población nacional vea posibilidades de mejora sin tener que migrar a otro país y transfiera el conocimiento adquirido hacia las empresas nacionales

Para aprovechar la apertura de la mayoría de las empresas industriales y comerciales salvadoreñas al uso de las nuevas tecnologías que se detectó con esta investigación, se debe agregar valor al recurso humano existente, mediante mejores oportunidades educativas de calidad, a través de las Instituciones de Educación Superior, ya sean públicas o privadas. De esta forma, se podrá contar con una alternativa más para hacer de El Salvador un país próspero y competitivo y frenar un poco la migración hacia países más desarrollados.

## 6. Referencias

- Andino Mendoza, R. A. y Valencia Monge, D. A. (2020). *Análisis y propuesta de medición de la innovación tecnológica en El Salvador: Un enfoque desde la macro y microeconomía* [tesis de grado, Universidad Centroamericana José Simeón Cañas]. UCA. <https://www.uca.edu.sv/economia/wp-content/uploads/015-ANÁLISIS-Y-PROPUESTA-DE-MEDICIÓN-DE-LA-INNOVACIÓN-TECNOLÓGICA-EN-EL-SALVADOR.pdf>
- Belismelis Velasco, M. E., Bolaños Silva, J. G., González Panameño, M. F., Arévalo Borja, M. C., Echeverría Calderón, W. A. y García Rivas, R. E. (2024, 8 de julio). Manufactura 4.0 y su análisis empresarial en El Salvador. *Empresa y Sociedad*, 1, 57-65. <https://doi.org/10.5377/emyso.v1i1.18183>
- Cabrera, M. (2023, 22 de noviembre). *Realidad aumentada y la realidad virtual: Qué son y cómo se aplican*. Immune Technology Institute. <https://immune.institute/blog/realidad-aumentada-y-realidad-virtual-2>
- Castellanos, C. (2024, 8 de febrero). *¿Qué es manufactura aditiva? Beneficios y aplicaciones*. Manufactura LATAM. <https://www.manufactura-latam.com/es/noticias/manufactura-aditiva-top-5-de-beneficios-y-aplicaciones>
- Chávez Benavides, Y. M., Durán Jovel, D. J. y Romero Campos, J. L. (2021). *Modelo de empresa con tecnologías 4.0 para el sector calzado que aumente la productividad* [tesis de ingeniería, Universidad de El Salvador]. Repositorio UES. <https://repositorio.ues.edu.sv/items/8aa09925-9765-4138-b6ea-9a5eccd4cdd1>
- Choo, C. W. (1998). *La organización inteligente*. Oxford University Press.
- ESGinnova Group. (2015, 30 de junio). *ISO 27001: Diferencia entre ciberseguridad y seguridad de la información*. ESGinnova Group. <https://www.pmg-ssi.com/2015/06/iso-27001-diferencia-entre-ciberseguridad-y-seguridad-de-la-informacion/>
- Fajardo Marin, G. (2021). *La industria 4.0: un análisis comparado entre países latinoamericanos y países desarrollados* [tesis de licenciatura, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio Institucional UCC. <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/71c66cb8-8bb5-44ce-bee9-f2a6f3d5fbfd/content>
- Joyanes Aguilar, L. (2017). *Industria 4.0: La cuarta revolución industrial*. Alfaomega.
- Lassa, T. (2023, 1 de octubre). *How NVIDIA Puts Artificial Intelligence in Your Car*. Autoweek. <https://www.autoweek.com/news/a60296187/nvidia-artificial-intelligence-for-your-car/>
- López Lazo, S. P., Martínez Luna, E. E. y Páiz Rodríguez, A. M. (2024). *Propuesta de una guía metodológica para migrar a las empresas manufactureras de sus procesos tradicionales a un ambiente 4.0* [tesis de ingeniería, Universidad de El Salvador]. Repositorio UES. <https://repositorio.ues.edu.sv/items/4adc38cc-15a9-41c7-a9c5-8ea790e64d2e/full>



- Organización de Mujeres Salvadoreñas por la Paz. (2019, 28 de octubre). *Mujer y mercado laboral 2019 – El Salvador. El futuro del trabajo con la industria 4.0.* ORMUSA. <https://ormusa.org/mujer-y-mercado-laboral-2019-el-salvador-el-futuro-del-trabajo-con-la-industria-4-0/>
- PowerData. (s. f.). *Big data: ¿En qué consiste? Su importancia, desafíos y gobernabilidad.* PowerData. <https://www.powerdata.es/big-data>
- Red Hat. (2023, 20 de enero). *¿Qué es el Internet de las cosas (IoT)?* Red Hat. <https://www.redhat.com/es/topics/internet-of-things/what-is-iot>
- Robotnik. (2024, 15 de abril). *¿Cuál es la diferencia entre robótica y automatización?* Robotnik. <https://robotnik.eu/es/cual-es-la-diferencia-entre-robotica-y-automatizacion/>
- SAP. (2019). TS-410: *Procesos empresariales integrados en SAP S/4HANA. Manual del instructor.* SAP.
- Stryker, C. y Kavlakoglu, E. (2024, 9 de agosto). *¿Qué es la inteligencia artificial (IA)?* IBM. <https://www.ibm.com/es-es/topics/artificial-intelligence>
- Universidad Internacional de La Rioja. (2022, 24 de agosto). *¿Qué son los sistemas ciberfísicos?* UNIR. <https://www.unir.net/ingenieria/revista/sistemas-ciberfisicos>