

<https://doi.org/10.23913/ride.v16i31.2737>

*Artículos científicos*

**Percepción del impacto social en la adopción de la Industria 4.0 en  
trabajadores de una empresa productora**

*Perception of the social impact of the adoption of Industry 4.0 on workers in  
a manufacturing company*

*Percepção do impacto social da adoção da Indústria 4.0 entre os  
trabalhadores de uma empresa de manufatura*

**José Porfirio González Farías**

Tecnológico Nacional de México/ IT de Celaya, México

[porfirio.gonzalez@itcelaya.edu.mx](mailto:porfirio.gonzalez@itcelaya.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-5859-6340>

**Laura Georgina Vázquez Lara de la Cruz**

Tecnológico Nacional de México/ IT de Celaya, México

[laura.vazquez@itcelaya.edu.mx](mailto:laura.vazquez@itcelaya.edu.mx)

<https://orcid.org/0009-0000-5750-9527>

**Salustia Teresa Cano Ibarra**

Tecnológico Nacional de México/ IT de Celaya, México

[teresa.cano@itcelaya.edu.mx](mailto:teresa.cano@itcelaya.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0001-7165-4106>

**David Israel Contreras-Medina**

Tecnológico Nacional de México/ IT de Celaya, México

[david.contreras@itcelaya.edu.mx](mailto:david.contreras@itcelaya.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-5729-9563>



## Resumen

La cuarta revolución industrial ha marcado nuevos horizontes. En este contexto, las personas se han convertido en la piedra angular para su implementación, lo que ha modificado radicalmente la forma de trabajar, organizarse, comunicarse y gestionar la información. Esto abre un escenario de enormes oportunidades basadas en el aprovechamiento de las nuevas tecnologías, al tiempo que se transforman los patrones de vida e interacción humana. De ahí la necesidad de que las empresas de la región conozcan las competencias digitales y tecnológicas claves para enfrentar los retos de la competitividad, aprovechar las oportunidades y crear valor. La presente investigación examina el impacto social de la adopción de la Industria 4.0, particularmente en la empleabilidad de las personas que no cuentan con las competencias requeridas. El estudio se llevó a cabo mediante un cuestionario con una confiabilidad del 97 %, aplicado a 46 trabajadores seleccionados de manera aleatoria en una empresa manufacturera. Para el análisis de la información se utilizaron técnicas de estadística no paramétrica, identificándose una asociación significativa entre la Industria 4.0 y el impacto social, reflejada en un coeficiente de correlación de Spearman de 81,4 %, mientras que la inteligencia de negocios y la analítica de datos presentan una asociación moderada, con un coeficiente de 68 %. Se encontró, además, desde la perspectiva de las personas encuestadas, que la extinción de puestos de trabajo rutinarios genera un impacto social negativo. En este sentido, se concluye que la supervivencia de las empresas radicará, más que en la tecnología, en la formación y el talento de sus miembros.

**Palabras clave:** Industria 4.0, impacto social, empresas manufactureras, adopción de tecnología, empleabilidad.

## Abstract

The fourth industrial revolution has opened new horizons. People are now at the core of its implementation, radically changing the way we work, organize, communicate, and manage information. This creates a scenario of enormous opportunities based on leveraging new technologies while changing patterns of life and human interaction. Hence, companies in the region need to understand key digital and technological skills to face competitiveness challenges, seize opportunities, and address the demands of value creation. This research investigates the social implications of adopting Industry 4.0 for employability, particularly for individuals who lack the necessary skills. The study was conducted using a questionnaire

validated with a 97 % confidence level that assess the perceptions of 46 randomly selected workers in a manufacturing company. Non-parametric statistics were used to analyze the data. A significant association was found between Industry 4.0 and social impact, reflected in a Spearman correlation coefficient of 81,4 %, while business intelligence and data analytics were moderately associated, with a correlation coefficient of 0.68. It was also found, from the study participants' perspective, that the elimination of routine jobs has a negative social impact and that the survival of companies will depend more on the training and talent of their members than on technology.

**Keywords:** Industry 4.0, social impact, manufacturing companies, technology adoption, employability.

## Resumo

A Quarta Revolução Industrial abriu novos horizontes. Nesse contexto, as pessoas se tornaram a pedra angular de sua implementação, alterando radicalmente a forma como trabalhamos, nos organizamos, nos comunicamos e gerenciamos informações. Isso abre um leque de enormes oportunidades baseadas no aproveitamento de novas tecnologias, ao mesmo tempo que transforma padrões de vida e interação humana. Daí a necessidade de as empresas da região compreenderem as principais habilidades digitais e tecnológicas necessárias para enfrentar os desafios da competitividade, capitalizar oportunidades e gerar valor. Esta pesquisa examina o impacto social da adoção da Indústria 4.0, particularmente na empregabilidade de indivíduos que não possuem as habilidades necessárias. O estudo foi conduzido por meio de um questionário com taxa de confiabilidade de 97%, aplicado a 46 trabalhadores selecionados aleatoriamente em uma empresa manufatureira. Técnicas estatísticas não paramétricas foram utilizadas para analisar as informações, identificando uma associação significativa entre a Indústria 4.0 e o impacto social, refletida em um coeficiente de correlação de Spearman de 81,4%, enquanto a inteligência de negócios e a análise de dados apresentaram uma associação moderada, com um coeficiente de 68%. Além disso, da perspectiva dos respondentes da pesquisa, constatou-se que a eliminação de empregos rotineiros gera um impacto social negativo. Nesse sentido, conclui-se que a sobrevivência das empresas dependerá mais da formação e do talento de seus colaboradores do que da tecnologia em si.

**Palabras-chave:** Indústria 4.0, impacto social, empresas manufactureiras, adoção de tecnologia, empregabilidade.

**Fecha Recepción:** Marzo 2025

**Fecha Aceptación:** Diciembre 2025

## Introducción

### Antecedentes

El término Industria 4.0 (I4.0), también conocido como la cuarta revolución industrial, tiene sus orígenes en 2011 en Hannover Messe, Alemania (Shet y Pereira, 2021). Surge a partir de la crisis industrial alemana como una estrategia para seguir liderando la producción mediante la integración de la cadena de valor a lo largo del ciclo de vida del producto en el proceso de fabricación (Narula, Puppala, Kumar, Frederico, Dwivedy, Prakash y Talwar, 2021), incluyendo el diseño, la ingeniería, la logística y el transporte, el inventario, la planificación, la gestión de la calidad y las ventas, entre otros procesos (Massaro, 2023).

Permite una conexión digital multidireccional entre la empresa, los proveedores y los clientes, así como la comunicación entre máquinas, personas y productos (Villar, Oliva, Luis, Benešová, Tupa y Garza, 2020), facilitando la toma de decisiones con base a la información que la tecnología recoge de su entorno.

La digitalización de los procesos de producción es posible gracias a la integración de tecnologías como el Internet de las Cosas, el Internet Industrial de las Cosas, la robótica, la inteligencia artificial, el aprendizaje automático (*machine learning*), el análisis de los macrodatos (*big data*), la fabricación y la computación en la nube, la fabricación aditiva, la realidad virtual y aumentada, simulación, integración horizontal y vertical, la ciberseguridad, los sensores inteligentes y los sistemas ciberfísicos (Yu, Zhang, Cao y Kazancoglu, 2021; Shet y Pereira 2021).

Dada su relevancia, las investigaciones más recientes sobre la implementación de la I4.0 se han centrado en los siguientes aspectos:

Narula et al. (2021) investigaron las tecnologías clave para los sistemas de fabricación en la nube, fabricación inteligente, tecnologías de realidad virtual y aumentada.

Massaro (2023) evaluó la relación entre el nivel de madurez de las empresas para la adquisición de tecnologías de información y de fabricación avanzadas y la implementación de la I4.0.



Yu et al. (2021) revisaron sistemáticamente las arquitecturas de referencia existentes para la adopción de la I4.0, analizando la idoneidad en los procesos para la transformación de las operaciones, la gestión de la producción y la forma en que se crea y transfiere valor.

Villar et al. (2020) analizaron el proceso de adopción de la I4.0, determinando que el compromiso de la alta dirección y la cooperación interfuncional entre los diferentes departamentos es esencial para motivar al personal que participa en la implementación.

Shet y Pereira (2021) estudiaron la arquitectura de la fuerza laboral y la tipología adecuada de los trabajadores para hacer referencia a las competencias requeridas para la adopción exitosa de la I4.0, identificando las capacidades gerenciales y organizativas que se deben desarrollar.

Gallo y Santolamazza (2021) destacaron la importancia de los aspectos sociotécnicos (personas, tecnología, organizaciones y el entorno externo) para la implementación de I4.0 y su potencial de innovación para el desarrollo empresarial, garantizando cambios estratégicos.

Lee y Lim (2021) identificaron los impactos ambientales y económicos de la adopción de la I4.0 para el desarrollo sostenible, gracias a la eficiencia energética en el proceso de producción, la reducción de la contaminación y de residuos debido al uso eficiente de los recursos, así como la disminución del uso de combustible para el transporte.

Robin y García (2019) encontraron en su investigación que las empresas que estudiaron privilegian el papel de las tecnologías en la automatización sobre los trabajadores, que pueden ser reemplazados, enfatizando los beneficios en el lado del capital sin importar la pérdida de puestos de trabajo.

Siltori et al. (2021) encontraron que el impacto social no es el objetivo de las empresas cuando definen sus estrategias para la digitalización, porque no les queda claro cómo la sostenibilidad puede mejorar su rendimiento en su transformación.

Sin embargo, algunos trabajos muestran una preocupación significativa con respecto a los impactos potencialmente negativos de la I4.0, como la disponibilidad de empleo y la salud y seguridad ocupacional (Gamboa, Gracia, Ripoll y Peiró, 2007; Echeverría y Martínez, 2018; Murcia, 2019; Nara et al., 2021).

Por su parte, Margherita y Braccini (2021) encontraron que las organizaciones pueden lograr un equilibrio justo entre los beneficios de bienestar laboral y de capital mediante la implementación de tecnologías I4.0 si se capacita a los trabajadores para que adquieran competencias digitales y mantengan un mayor nivel de conocimiento de las actividades productivas.

Bonavida et al. (2022) evaluaron los riesgos de automatización en las seis economías más grandes de América Latina: Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Perú, que en conjunto representan el 79 % de la población latinoamericana y el 86 % de su Producto Interno Bruto. Encontraron que las amenazas para el empleo por la automatización son marcadamente asimétricas y pueden generar efectos desiguales significativos en los trabajadores con niveles educativos bajos o medios.

Artuc et al. (2019) examinaron los impactos de la robotización en Estados Unidos sobre las exportaciones de México a ese país, encontrando que un aumento de un robot por cada mil trabajadores reduce el crecimiento de las exportaciones por trabajador en un 6,7 %. Por otro lado, la adopción de robots a nivel doméstico tuvo impactos negativos para los trabajadores no calificados.

Merritt (2014) investigó el impacto del cambio tecnológico en puestos de trabajo en la Ciudad de México, encontró que la automatización ha alterado significativamente las actividades productivas rutinarias, afectando al empleo y la distribución del ingreso. El estudio resalta que las revoluciones industriales anteriores tuvieron un efecto polarizador en empleos de cualificación media.

La literatura analizada revela que los factores técnicos constituyen el enfoque principal de los estudios y que existe una falta de exploración de los cambios sociales en las empresas que adoptan la I4.0 y su impacto desde la perspectiva de la transformación social que esta conlleva. Por ello, en la presente investigación se aborda este vacío de conocimiento en una empresa productora de Celaya, Guanajuato.

## **Diseño de la investigación**

A pesar de que la I4.0 ha demostrado un avance tecnológico exponencial y una alta capacidad de desarrollo e innovación, especialmente por su enfoque en la productividad y la eficiencia, las empresas productivas de la región Laja–Bajío aún no adoptan este tipo de tecnología y buscan transitar de la primera o segunda generación de modelos productivos.



De ahí que el problema a resolver sea determinar si la adopción de la Industria 4.0 tiene un impacto social positivo en los trabajadores de empresas manufactureras.

Para ello se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿La adopción de la Industria 4.0 se correlaciona positivamente con la condición social y la empleabilidad de los trabajadores de empresas manufactureras?

La hipótesis que guio el trabajo de investigación fue: La adopción de la Industria 4.0 tiene un impacto en la condición social y la empleabilidad de los trabajadores de una empresa manufacturera.

Para dar cumplimiento a la hipótesis general, se definió la siguiente hipótesis específica: La adopción de la Industria 4.0 tiene un efecto social favorable en la condición social y en la empleabilidad de los trabajadores de empresas manufactureras.

La presente investigación resalta la importancia del capital humano en la implementación de la I4.0, y de las implicaciones que como consecuencia traerá a las personas que no cuentan con las competencias tecnológicas y que corren el riesgo de ser sustituidas, de ahí que el objetivo general sea: Determinar el impacto social de la adopción de la I4.0 en los trabajadores de empresas manufactureras.

Para cumplir con el objetivo general se determinó el siguiente objetivo específico: determinar el efecto de la adopción de la I4.0 en la condición social y en la empleabilidad de los trabajadores de empresas manufactureras.

La presente disertación se justifica porque al resolver el problema planteado se logrará reconocer: la existencia de un vacío en la literatura con respecto al tema de estudio, la creciente relevancia de la sustitución laboral ante la automatización de los empleos, la precarización laboral en la industria, la falta de conocimiento para manejar las tecnologías que integran la I4.0 y, finalmente, la insuficiente preparación de los altos mandos en torno a su implementación.

## Referentes teóricos

El Estado de Guanajuato genera alrededor del 17,4 % del Producto Interno Bruto del país, ocupando con esto el cuarto lugar nacional, con un crecimiento sostenido entre el 4 % y el 5 % (Zubiría, 2023), en gran parte por ser la zona agrícola más importante de México y de su desarrollo en el sector manufacturero. Tiene 222,969 establecimientos registrados, 30,6 % son de este sector, representando el 5,3 % del total del país (Secretaría de Economía, 2020).

Las empresas que albergan proyectos industriales estratégicos y que además tienen el índice de inversión nacional e internacional directa son (Secretaría de Economía, 2020; Cluster industrial, 2022): agroindustrial, autopartes-automotriz, aeroespacial, productos químicos, cuero-calzado, confección-textil-moda, servicios de investigación, turismo, equipo médico, farmacéuticos y cosméticos, plástico, agroalimentaria, nuevas tecnologías e industrias de electrodomésticos, todas caracterizadas por el desarrollo de alta tecnología e innovación.

De ahí el potencial de crecimiento de la región, al encontrarse en un territorio diverso en cuanto a actividades económicas, consolidándose como polo de crecimiento industrial y económico más importante del país.

Para garantizar su consolidación y desarrollo, las empresas están planificando su transición a la I4.0, sobre todo impulsados por el desarrollo del sector automotriz, requiriendo un mayor número de empleos con conocimiento digital especializado.

El concepto de I4.0 se basa principalmente en la digitalización de los procesos, donde se prevé un aumento importante en productividad, reduciendo los tiempos de inactividad y con plazos de entrega más cortos.

La I4.0 permite a las empresas comprender mejor las necesidades reales de los clientes, mantener una estrecha relación con los proveedores y también supone un cambio al estilo de vida y del trabajo.

En los siguientes epígrafes se presentan los referentes teóricos para resolver el problema planeado.

## **Industria 4.0**

Una revolución industrial ocurre cuando surgen tecnologías que causan cambios importantes en la forma de percibir el mundo, las comunicaciones, las estructuras sociales y los sistemas económicos:

La primera se caracterizó por el desarrollo de la máquina de vapor y la producción mecánica para facilitar el trabajo en las fábricas y aumentar la productividad mediante la producción en masa y, por último, el desarrollo de los ferrocarriles (Echeverría y Martínez, 2018).

La segunda revolución se puso en marcha con el crecimiento de la producción en masa mediante el uso de la electricidad, la producción masiva de acero y la división del

trabajo, las telecomunicaciones y, por último, el desarrollo del automóvil y la línea de producción (Villar et al., 2020).

La tercera, estuvo vinculada a las tecnologías de la información, al desarrollo de los sistemas digitales, permitiendo nuevas formas de generar, procesar y compartir información, la automatización de pasos recurrentes en el proceso de fabricación mediante la introducción de semiconductores, computación personal e industrial, e Internet, provocando un cambio social global (Nara et al., 2021).

La cuarta, se caracteriza por múltiples tecnologías que influyen en la velocidad, la integración e interconexión vertical y horizontal de la empresa a lo largo de los procesos de fabricación existentes, internos y externos que asocian procedimientos que involucran a clientes y proveedores (Bikse et al., 2022).

La I4.0 hace hincapié en la rápida recolección, análisis, planificación y reorganización del producto, proceso y los recursos (Yu et al., 2021). Se caracteriza por seis principios (Echeverría y Martínez, 2018; Margherita y Braccini, 2021), como se muestra en la Tabla 1.

La adopción de I4.0 mejora la eficacia de los administradores y las actividades de control (Margherita y Braccini, 2020), automatiza actividades repetitivas y peligrosas, donde los errores humanos son comunes y pueden ocurrir accidentes laborales (Gallo y Santolamazza, 2021).

Uno de los desafíos disruptivos que plantea I4.0 es la eliminación de barreras, conectando y coordinando mejor a sus empleados con los sistemas y procesos, lo que conlleva la actualización de la fuerza laboral en niveles técnicos, psicológicos y sociales (Shet y Pereira, 2021).

## **Competencias técnicas y personales**

Las competencias técnicas y personales requeridas para la integración digital de humanos con tecnología en los procesos de fabricación I4.0 difieren ampliamente de las de revoluciones anteriores (Villar et al., 2020; Gallo y Santolamazza, 2021; Lee y Lim, 2021; Nara et al., 2021; Narula et al., 2021; Shet y Pereira, 2021; Siltori et al., 2021). Se requiere que los trabajadores comprendan las relaciones entre los procesos y los flujos de información para mediar de manera efectiva con las interacciones entre personas, sistemas y tecnología para tomar decisiones utilizando enfoques basados en datos.

**Tabla 1.** Principios de la Industria 4.0

Principio	Descripción
Interoperabilidad	Facilita la comunicación entre sistemas.
Virtualización	Permite la creación de copias virtuales de sistemas físicos en la nube.
Descentralización	Intercambia información de manera constante permitiendo a los sistemas ciberfísicos tomar decisiones en tiempo real sin interferencia humana.
Capacidad en tiempo real	Recopila información al instante, facilitando decisiones rápidas y ágiles.
Orientación de servicios	Personaliza servicios de software según las necesidades de cada organización.
Modularidad	Flexibiliza todo el proceso de producción, permitiendo su reorganización mediante módulos de acoplamiento y desacoplamiento.

Fuente: Elaboración propia

Se han identificado seis mega tendencias que promueven una visión sobre el futuro de los empleos por su relación simbiótica con la tecnología inteligente (Ford, 2015; Bakhshi et al., 2017): la globalización, el cambio demográfico, la sustentabilidad ecológica, la urbanización, la creciente disparidad económica y la incertidumbre política, generando un ambiente alarmista frente a la idea de que la humanidad se está quedando sin empleo gracias a su propio progreso.

La realidad es que muchos de los trabajos que experimentarán una caída en el empleo son de naturaleza baja o medianamente cualificada en la industria manufacturera por la naturaleza intensiva en la producción (Bakhshi et al., 2017). perderán su empleo aproximadamente siete de cada diez personas que actualmente trabajan en esta industria (Echeverría y Martínez, 2018). Esta caída también está prevista en áreas administrativas con trabajos repetitivos e incluso en la toma de decisiones y algunas ocupaciones en el área de ventas (Bakhshi et al., 2017).

El estudio de Bakhshi et al. (2017) predice la pérdida de 7.1 millones de empleos rutinarios y la creación de 2 millones de nuevos empleos que requerirán competencias tecnológicas.

Frey y Osborne (2013) mencionan que el 47 % del empleo total en Estados Unidos está en alto riesgo de automatización para la próxima década. Su estudio utilizó datos del servicio en línea del Departamento de Trabajo, mediante procesos gaussianos estimaron la probabilidad de automatización para 702 ocupaciones, lo que les permitió identificar patrones no lineales. Encontraron una fuerte relación negativa entre los salarios, el nivel educativo y la probabilidad de automatización, lo que implica que las ocupaciones de baja cualificación y bajos salarios son las más susceptibles a la automatización.

Consideran que, gracias a los avances en el aprendizaje automático, la robótica móvil y a la disponibilidad de *big data*, la automatización se está extendiendo a dominios que antes se consideraban no rutinarios, por lo que se espera que afecte a los trabajadores en ocupaciones de: transporte y logística, apoyo administrativo y de oficina, producción, servicios, ventas (como cajeros y teleoperadores) y construcción.

Sin embargo, la educación, la capacitación y el reentrenamiento de la fuerza laboral permitirá evadir la brecha de competencias y la obsolescencia, no sólo de conocimientos tecnológicos, sino de perfiles, habilidades y conocimientos que los profesionistas en distintas ramas necesitarán para asegurarse un empleo y permanecer relevantes. Lo paradójico es que, para hacer frente a la automatización, los trabajadores necesitarán también desarrollar competencias netamente humanas (Gallo y Santolamazza, 2021).

Las competencias y áreas de conocimiento asociadas con las profesiones emergentes que tendrán mayor demanda en un futuro inmediato son: capacidades sociales, estrategias de aprendizaje, educación y entrenamiento, criterio y toma de decisiones en entornos complejos y de incertidumbre, fluidez de ideas, resolución de problemas complejos, pensamiento crítico, razonamiento deductivo, la empatía, el trato personal, relaciones de grupo, diseño de estrategias, control de actividades y el asumir riesgos (Ford, 2015; Bakhshi et al., 2017; Echeverría y Martínez, 2018).

Pero no todo el panorama es negativo, se ha detectado el resurgimiento del empleo artesanal, que si bien, tienen requisitos bajos en habilidades, son asociados a productos diferenciados que los consumidores valoran (Bakhshi et al., 2017): peluquería, textil, preparación de alimentos, hospitalidad, agricultura, oficios especializados, construcción,

deportes, fitness y terapia, entre otros. Así como el crecimiento en ocupaciones como la educación, la atención médica y el sector público en general.

Estos hallazgos son consistentes con el cambio demográfico, una creciente demanda por el aprendizaje permanente y un fenómeno atribuible a las preferencias y nuevos comportamientos de consumo.

### **La transformación digital para la adopción de la Industria 4.0**

La transformación digital es esencial para facilitar la adopción de la I4.0, esto implica una planificación para la adquisición y adecuación de la estructura, infraestructura y equipamiento, pero, además, la atracción y retención de personas con talento digital que le permita a la empresa desarrollar una ventaja competitiva que la diferencie de la competencia por la posesión de recursos valiosos -tangibles e intangibles-, raros y difíciles de imitar (Yu et al., 2021; Massaro, 2023).

Los recursos tangibles de una empresa están representados por sus activos físicos, mientras que los intangibles son, por ejemplo, la calidad de sus productos y los recursos basados en el capital humano (Narula et al., 2021).

Recalificar, retener y desarrollar o contratar nuevos trabajadores calificados de alta tecnología es una estrategia desafiante y costosa para las empresas (Margherita y Braccini 2021), lo que demandará nuevas estrategias de recursos humanos porque esto tendrá un impacto en el rendimiento de la organización, en la ventaja competitiva y estratégica (Villar et al., 2020). Reemplazar a estos trabajadores también es un desafío, porque los trabajadores calificados son escasos y costosos en el mercado laboral.

Las tecnologías I4.0 permiten la automatización que mejora las condiciones y simplifica las tareas asignadas a los trabajadores (Lee y Lim, 2021), los robots y otros sistemas técnicos pueden asumir el trabajo manual, rutinario y repetitivo (Ford, 2015).

El empoderamiento de la fuerza laboral al transferir la responsabilidad de la toma de decisiones y las tareas operativas a las máquinas contribuye a enriquecer y aumentar la autonomía en sus operaciones, permitiéndoles concentrarse en el cumplimiento de sus objetivos estratégicos y forjar relaciones sólidas dentro de la organización, cambiando la forma en que el trabajo humano contribuye a la generación de valor (Margherita y Braccini, 2020).

No obstante, la adopción de la I4.0 causa preocupación por la desigualdad exacerbada entre trabajadores con y sin competencias tecnológicas, incidiendo en un impacto social negativo (Margherita y Braccini, 2021), porque además de la reducción o interrupción de puestos de trabajo, traerá consigo la fragmentación del conocimiento y la naturaleza de las tareas, aunque el trabajo creativo e innovador no dejará de existir porque depende de la capacidad de las personas (Lee y Lim, 2021).

### **Impacto social**

La sociedad humana es un ente interrelacionado donde cada acción tiene repercusiones que afectan a distintos sectores. En el contexto de la I4.0, estos efectos pueden ser positivos o negativos, dependiendo de cómo se implemente (Lee y Lim, 2021; Siltori, Anholon, Rampasso, Quelhas, Santa y Leal, 2021; Margherita y Braccini, 2021):

Impacto social positivo se refiere a la adopción de tecnologías avanzadas que puede generar bienestar social al impulsar nuevas oportunidades laborales, satisfacer necesidades emergentes, fortalecer la autonomía de los trabajadores y mejorar la eficiencia organizacional. La automatización puede liberar a los empleados de tareas repetitivas, permitiéndoles enfocarse en actividades estratégicas y creativas que agregan mayor valor a la empresa y la sociedad.

Impacto social negativo se manifiesta cuando la transición hacia la I4.0 puede generar desafíos, como la pérdida de empleos en sectores donde la automatización reemplaza actividades humanas, la concentración de recursos en pocas empresas tecnológicas y la exclusión de trabajadores sin habilidades digitales. Estos factores pueden acentuar desigualdades socioeconómicas, incrementando riesgos psicosociales, organizacionales y de seguridad laboral (Robin y García, 2019).

Para minimizar las consecuencias negativas de la transformación digital, las empresas deben priorizar estrategias que promuevan una transición inclusiva. Esto implica desarrollar planes para recapacitar, retener y atraer talento digital, garantizando que los empleados se adapten a los nuevos entornos tecnológicos sin comprometer su estabilidad laboral. La humanización de la tecnología es clave para lograr un equilibrio entre la automatización y el bienestar de las personas, permitiendo que la colaboración entre humanos y máquinas se convierta en un factor de desarrollo sostenible (Narula et al., 2021).

Más allá de la automatización, la I4.0 debe ser vista como un catalizador para el progreso social al integrar enfoques centrados en el ser humano, se puede potenciar la calidad de vida de los trabajadores, mejorar la sostenibilidad de los procesos y fortalecer el impacto positivo en la comunidad. La digitalización no sólo redefine los modelos de negocio, sino que también transforma la forma en que las personas contribuyen a la generación de valor dentro de sus organizaciones (Robin y García, 2019).

## **Empleabilidad**

Para garantizar la empleabilidad, se requerirá el dominio de competencias técnicas y humanas. En referencia a las competencias técnicas, será necesario el dominio de habilidades para el diseño y programación de tecnología, el teletrabajo, capacidad de encontrar información relevante en tiempo real y predecir eventos mediante el uso adecuado del análisis de datos, además de la capacidad de interactuar con computadoras, bases de datos digitales y robots (Gallo y Santolamazza, 2021) para conectar máquinas, personas y materiales.

Aquellos con habilidades digitales podrán ver que sus salarios y la calidad del trabajo aumentan considerablemente (Nara et al., 2021 y Narula et al., 2021).

Como se ha evidenciado en epígrafes anteriores, el nuevo escenario laboral requerirá nuevas competencias no sólo de carácter técnico y metodológico, sino también participativas y personales, de nuevas aptitudes y perfiles con competencias transversales centradas en ámbitos inalcanzables por las máquinas.

Por ende, el trabajo dependerá de las habilidades para aplicar el conocimiento en nuevos contextos con el fin de desempeñar tareas no rutinarias, interpersonales y de colaboración con los otros (Yu et al., 2021), por lo que se demandarán profesionales con habilidades intelectuales y cognitivas multidisciplinarias (Ford, 2015).

## Materiales y métodos

### Variables

Variable dependiente: Impacto social. Es el grado de afectación que la sociedad experimenta en su bienestar como consecuencia del desarrollo de una actividad, proyecto, programa o política concreta que implica una transformación perdurable y significativa, afectando no sólo criterios económicos, sino las condiciones humanas en el tiempo (Robin y García, 2019). Estos cambios pueden ser producidos directa o indirectamente, intencionados o no, positivos o negativos y en aspectos tangibles o intangibles (Gallo y Santolamazza, 2021). Las dimensiones que explican esta variable son: a) la empleabilidad, entendida como la capacidad de una persona para acceder, mantener y progresar en el mercado laboral; y b) la condición social, referida a los aspectos sociales y emocionales que impactan la interacción de las personas con el entorno laboral y tecnológico.

Variable independiente: Industria 4.0 se define como la combinación de técnicas para la automatización de los procesos industriales utilizando herramientas digitales para mejorar y aumentar la eficacia y eficiencia, la tasa de producción y la calidad de la fabricación (Nara, Da Costa, Baierle, Schaefer, Benitez, do Santos y Benitez, 2021). Las dimensiones que explican esta variable son: competencias digitales, como las habilidades y conocimientos necesarios para interactuar con tecnología de manera eficiente; *big data*, como el manejo de grandes volúmenes de datos para obtener información valiosa para la toma de decisiones estratégicas; inteligencia de negocios, como la habilidad para transformar datos en conocimiento útil para la toma de decisiones; y analítica de datos, como el proceso de examinar conjuntos de datos para extraer tendencias, patrones y relaciones significativas.

### Instrumento

A partir de la literatura analizada, se diseñó un instrumento diagnóstico para conocer las percepciones de los sujetos de estudio en referencia a las competencias digitales para la adopción de la I4.0 y el impacto social que tendrá la ausencia de las mismas. Estuvo conformado por tres bloques: el primero por preguntas de tipo sociodemográfico. El segundo por preguntas relativas a la I4.0 desde la perspectiva de las competencias técnicas y personales, y la automatización del trabajo. El tercero, relativo al impacto social desde la perspectiva de la empleabilidad.

Los ítems en el instrumento de diagnóstico final se redactaron para ser contestados algunos en en escala nominal y otros en escala tipo Likert. Los indicadores para su evaluación fueron: (1) Totalmente en desacuerdo, (2) En desacuerdo, (3) Ni de acuerdo ni en desacuerdo, (4) De acuerdo, (5) Completamente de acuerdo.

## **Muestra**

Para la presente investigación se definió como sujetos de estudio a personal perteneciente a una empresa productora del municipio de Celaya, Guanajuato, para determinar si los requerimientos de implementación de la I4.0 de las competencias tecnológicas tendrían un impacto social positivo o negativo. Se realizó un muestreo probabilístico aleatorio para una población finita de 50 profesionistas con formación académica administrativa o tecnológica con puestos de mando medio y con personal bajo su cargo. El cálculo determinó el tamaño de la muestra de 45 sujetos de estudio, pero se obtuvieron 46 respuestas en el instrumento de diagnóstico.

## **Diseño del estudio**

La presente investigación se clasifica como correlacional porque pretende responder al grado de dependencia que existe entre las variables de estudio. Por la forma de recolectar la información, la investigación es de corte transversal porque los datos se obtuvieron en un momento único, sin el afán de conocer su evolución. Por su paradigma, la investigación se clasifica como cuantitativa, midiendo percepciones de los sujetos de estudio. Además, se utilizaron métodos empíricos para ayudar a revelar las características y rasgos del objeto de estudio investigado.

## **Pruebas de validez y de confiabilidad**

Para la prueba de validez, se realizó una consulta con seis expertos en el tema de la I4.0 y el impacto social, aplicándose el índice de validez de contenido (también conocida como validez lógica) mediante el método de Lawshe (1975), seleccionándose aquellos ítems con un índice de relación de validez del contenido superior al 80 %.

Una vez diseñada la versión definitiva del cuestionario, se digitalizó en la aplicación Microsoft Forms con el fin de optimizar la recolección de información y quedara estructurada para su posterior análisis.

Se procedió a hacer una prueba piloto a una muestra aleatoria de 10 personas para validar el instrumento de diagnóstico empleado, la confiabilidad se valoró a través de la prueba general de alfa de Cronbach, con  $\alpha = 0.977$ .

### Procedimiento de recolección de datos

La recolección de datos se realizó del 4 al 29 de noviembre de 2024, distribuyendo el instrumento de diagnóstico al total de la muestra a través de correo electrónico, con un tiempo estimado de respuesta de aproximadamente 8 minutos.

El procesamiento de la información obtenida se hizo con el software jamovi versión 2.3 (Revelle, 2019; R Core Team, 2021; The jamovi project, 2022).

### Resultados

El instrumento de diagnóstico generó datos categóricos sobre los sujetos de estudio, a partir de los cuales se buscó determinar el grado de relación entre las variables analizadas.

Se utilizó la prueba de Mahalanobis, medida que ajusta la escala de cada dimensión y la interdependencia entre ellas, para la identificación de casos atípicos y no se encontraron desviaciones que sesgaran los resultados.

A continuación, se presenta el análisis descriptivo de las características sociodemográficas de la muestra.

En la Tabla 2 se observa una participación homogénea de los sujetos de estudio en cuanto al sexo, donde se puede encontrar que, aunque existen más hombres que mujeres, la distribución en la muestra es relativamente equilibrada

**Tabla 2.** Frecuencias de Sexo

	Frecuencias	% del Total	% Acumulado
Femenino	20	43,5 %	43,5 %
Masculino	26	56,5 %	100 %

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 3 destaca la participación de personal joven en la muestra, el cual ocupa cargos en niveles de mando medio, a pesar de ser una empresa madura con muchos años de existencia en la entidad.

**Tabla 3.** Frecuencias de Edad

	Frecuencias	% del Total	% Acumulado
18 a 21 años	2	4,3 %	4,3 %
22 a 25 años	13	28,3 %	32,6 %
26 a 29 años	7	15,2 %	47,8 %
30 - 33 años	7	15,2 %	63 %
34 o más	17	37 %	100 %

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 4 muestra los estudios de los participantes, donde el 54,3 % tiene formación de base administrativa y 37 % de base tecnológica. Si bien es cierto que a simple vista esto podría sesgar los resultados estadísticos, ambos grupos, como se muestra más adelante, destacaron un comportamiento homogéneo en sus respuestas en referencia a las variables analizadas.

**Tabla 4.** Frecuencias de Profesión

	Frecuencias	% del Total	% Acumulado
Administrativa	25	54,3 %	54,3 %
De base tecnológica	17	37,0 %	91,3 %
Otra	4	8,7 %	100 %

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 5 muestra que el 30,4 % de los participantes, por su condición de trabajador outsourcing, no tienen un contrato permanente para desarrollar su trabajo.

**Tabla 5.** Tipo de trabajo

	Frecuencias	% del Total	% Acumulado
Posición permanente	32	69,6 %	69,6 %
Trabajo temporal	14	30,4 %	100 %

Fuente: Elaboración propia

### Detección de casos extremos

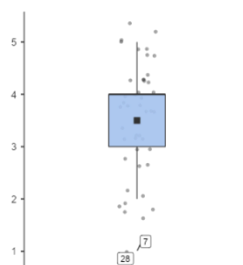
Con el propósito de encontrar patrones de comportamiento, en los siguientes epígrafes se muestran los ítems que tuvieron valores extremos, todos comparados con la formación profesional. Cabe señalar que estos valores se mantuvieron en el análisis principal, se limitan solamente a hacer observaciones sobre las insuficiencias en las competencias de los sujetos de estudio participantes.

Las figuras representan gráficos de cajas y bigotes para mostrar la distribución de datos en cuartiles, resaltando el promedio de las respuestas de los participantes. Las líneas que se extienden verticalmente indican la variabilidad fuera de los cuartiles superior e inferior y los puntos fuera de esas líneas se consideran valores atípicos, los números que aparecen enmarcados en cuadros identifican al sujeto de estudio participante, la figura describe su formación académica.

En la Figura 1 se describe el ítem del constructo big data.

**Figura 1.** Big data

Soy capaz de procesar grandes volúmenes de datos y obtener significado importante para la empresa



El 7 es de formación tecnológica

El 28 es de formación administrativa

Fuente: Elaboración propia

La Figura 2, describe los ítems con valores extremos del constructo inteligencia de negocios.

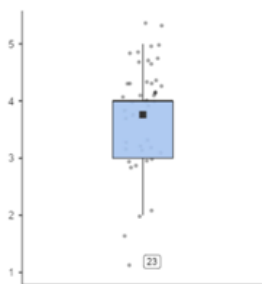
La Figura 3 muestra los ítems con valores extremos del constructo analítica de datos.

La Figura 4 muestra los ítems con valores extremos del constructo empleabilidad.

Los hallazgos interesantes de las figuras 1 a la 4 son que participantes con formación académica en el área administrativa o tecnológica, consideran deficientes tanto las competencias tecnológicas como humanas para poder contribuir con la implementación de la I4.0, lo que podría traer un impacto social negativo si no se reinventan en sus profesiones para poder desarrollar nuevas habilidades que les permitan consolidarse en su empresa.

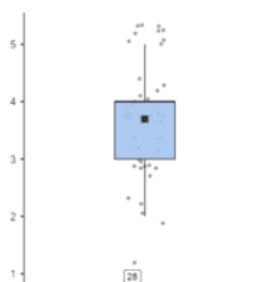
### Figura 2. Inteligencia de negocios

*Entiendo los procesos empresariales y problemas organizativos que deben resolverse y por qué*



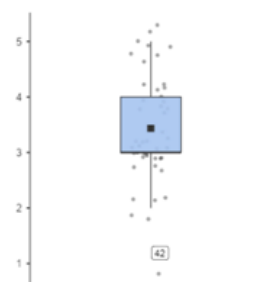
El 23 es de formación administrativa

*Tengo la capacidad de presentar datos en las mejores formas posibles e interpretarlos para tomar decisiones razonadas*



El 28 es de formación tecnológica

*Sé implementar modelos de datos con soluciones productivas para que se traduzcan en acciones*

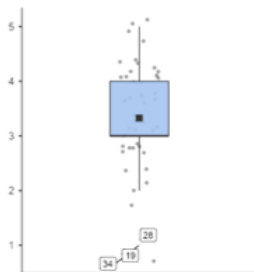


El 42 es de formación administrativa

Fuente: Elaboración propia

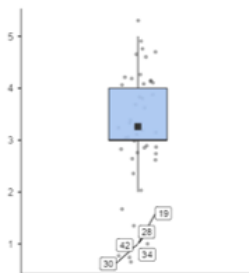
**Figura 3. Análítica de datos**

*Tengo la capacidad de aplicar un pensamiento matemático y estadístico para explotar datos relevantes de la empresa*



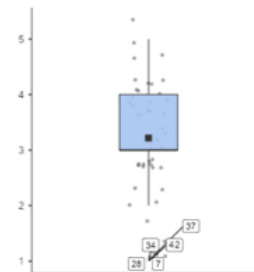
El 19 es de formación administrativa  
El 28 y 34 son de formación tecnológica

*Tengo la capacidad de explicar predicciones en términos útiles para el negocio*



El 19, 30 y 42 son de formación administrativa  
El 28 y 34 son de formación tecnológica

*Tengo la capacidad de analizar grandes volúmenes de datos estructurados o no estructurados*

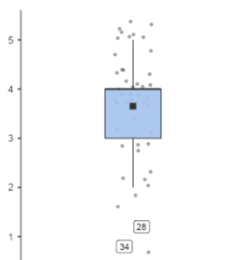


El 7, 37 y 42 son de formación administrativa  
El 28 y 34 son de formación tecnológica

Fuente: Elaboración propia

**Figura 3. Análítica de datos (...continuación)**

*Soy capaz de identificar y comunicar los problemas y supuestos que me llevarán a una adecuada toma de decisiones*

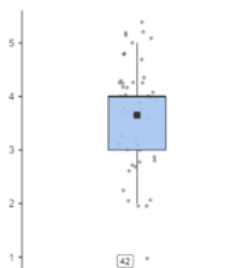


El 28 y 34 son de formación tecnológica

Fuente: Elaboración propia

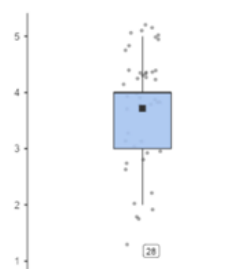
**Figura 4. Empleabilidad**

*Tengo competencias humanas para conectar máquinas, personas y materiales de manera efectiva*



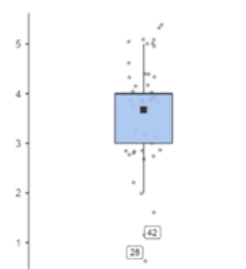
El 42 es de formación administrativa

*Tengo las competencias metodológicas, participativas y personales requeridos para contribuir en la adopción de la I4.0 en mi empresa.*



El 28 es de formación tecnológica

*Tengo las habilidades para aplicar mi conocimiento en nuevos contextos para ejecutar tareas no rutinarias, interpersonales y de colaboración con los otros*



El 28 es de formación tecnológica  
El 42 es de formación administrativa

Fuente: Elaboración propia

## Análisis de normalidad de los datos

Posteriormente se realizó la prueba de normalidad para determinar el método estadístico a utilizar en el análisis de la información obtenida por medio del instrumento de diagnóstico.

Ya que el tamaño de la muestra es menor a 50 participantes, se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, los resultados mostrados en la Tabla 6 indican que la hipótesis nula, que afirma que los datos están distribuidos de forma normal, debe ser rechazada porque, a pesar de que el p-valor es mayor al 5 %, los valores estadísticos son muy bajos, lo que indica que la forma de los datos se aleja de una distribución normal (Revelle, 2019).

**Tabla 6.** Prueba de normalidad

		statistic	p
Impacto Social	Shapiro-Wilk	0.177	0.113
Industria 4.0	Shapiro-Wilk	0.158	0.200

Fuente: Elaboración propia

## Prueba Chi cuadrada

Para medir la relación de dependencia las variables analizadas y no la magnitud o fuerza de la asociación entre las dos variables categóricas estudiadas, se compararon las proporciones o frecuencias con el estadístico  $\chi^2$  de Pearson, mostradas en la Tabla 7. Los resultados indican que a pesar de que los resultados se ajustan a una distribución teórica, no existe una asociación significativa entre esas variables categóricas.

**Tabla 7.** Pruebas de  $\chi^2$

	Valor	gl	P
$\chi^2$	11.0	8	0.203
N	46		

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la Tabla 7 indican que a pesar a que se ajustan a una distribución teórica, no existe una asociación significativa entre esas variables categóricas.

## Prueba de hipótesis

Para el contraste de hipótesis se utilizó, por la naturaleza de las variables, la medida de correlación rho de Spearman, para evaluar la relación monótona entre variables ordinales y la correlación  $\tau$  de Kendall, para medir la asociación ordinal entre dos cantidades medidas mediante una prueba de hipótesis.

En la Tabla 8 puede apreciarse el análisis de correlación para identificar la correspondencia entre las competencias para la implementación de la I4.0 y el impacto social que tendrían los participantes en el estudio por su dominio en dichas competencias.

**Tabla 8.** Matriz de Correlaciones entre las variables de estudio

		IMPACTO SOCIAL
INDUSTRIA 4.0	Rho de Spearman	0.814
	Tau B de Kendall	0.651
	valor p	< .001

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 8 muestra que las competencias que los sujetos de estudio tienen para la implementación de la I4.0 tienen una correlación significativa con el impacto social.

La Tabla 9 y 10 muestran de forma detallada, y de manera cruzada, la correlación entre una variable con los constructos que conforman la otra variable de estudio.

**Tabla 9.** Matriz de Correlaciones entre la variable impacto social y los constructos de la variable Industria 4.0

		IMPACTO SOCIAL	Big data	Inteligencia de Negocios	Analítica de Datos	Competencias Digitales
Big data	Spearman	0.795	—			
	Kendall	0.652	—			
	valor p	<.001	—			
Inteligencia de Negocios	Spearman	0.688	0.818	—		
	Kendall	0.543	0.691	—		
	valor p	<.001	<.001	—		
Analítica de Datos	Spearman	0.688	0.700	0.831	—	
	Kendall	0.553	0.549	0.677	—	
	valor p	<.001	<.001	<.001	—	
Competencias Digitales	Spearman	0.812	0.889	0.691	0.651	—
	Kendall	0.641	0.774	0.566	0.515	—
	valor p	<.001	<.001	<.001	<.001	—

Fuente: Elaboración propia

Lo que es de resaltar es que, en la Tabla 9, la correlación más débil se presenta entre la variable impacto social y los constructos inteligencia de negocios y analítica de datos.

En referencia a la Tabla 10, se destaca que, la correlación entre la variable I4.0 y el constructo empleabilidad es alta.

**Tabla 10.** Matriz de Correlaciones entre la variable Industria 4.0 y el constructo de la variable impacto social

		INDUSTRIA 4.0	
Empleabilidad	Rho de Spearman	0.766	
	Tau B de Kendall	0.595	
	valor p	< .001	

*Fuente: Elaboración propia*

### Comparación entre grupos

Se estableció como categoría de estudio la formación académica de los participantes en la investigación para comprobar la igualdad de dos distribuciones -formación administrativa o tecnológica-.

La Tabla 11 presenta el estadístico Mann-Whitney para determinar si existen diferencias entre los grupos de formación académica y si se han extraído de la misma población.

La Tabla 11 tiene un valor estadístico aceptable, sin embargo, la significancia en ambas variables es superior al 5 % por lo que se acepta la hipótesis de que los dos grupos, formación administrativa y tecnológica, por lo que distribuciones de ambos grupos son iguales.

**Tabla 11.** U de Mann-Whitney de las variables de estudio comparadas con la formación académica

		Estadístico	p
IMPACTO SOCIAL	U de Mann-Whitney	201	0.191
INDUSTRIA 4.0	U de Mann-Whitney	193	0.141
Nota. $H_a \mu$ Formación administrativa $\neq \mu$ Formación tecnológica			

*Fuente: Elaboración propia*

La Tabla 12 muestra los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para corroborar si los grupos analizado -formación administrativa y formación tecnológica- provienen o no de la misma población y confirmar si existen diferencias relevantes a nivel estadístico entre ellos.

Tabla 12. Kruskal-Wallis

	$\chi^2$	gl	p
IMPACTO SOCIAL	7.12	2	0.028
INDUSTRIA 4.0	5.17	2	0.075

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 12 muestra valores aceptables de la  $\chi^2$ , al igual que la significancia p, por lo que se puede aserir que las medianas de la población no son iguales, es decir, existe una diferencia significativa entre los tres grupos analizados -donde también se incluyó la categoría “Otra”-, pero no se puede determinar cuál causa la diferencia.

La Tabla 13 muestra el análisis Dwass-Steel-Critchlow-Fligner para comparar los niveles de diferencia entre los grupos de formación académica. Donde se destaca que no existe diferencia significativa entre las variables analizadas.

Tabla 13. Comparaciones dos a dos Dwass-Steel-Critchlow-Fligner

IMPACTO SOCIAL				INDUSTRIA 4.0	
		W	p	W	p
Administrativa	De base tecnológica	3.299	0.051	2.646	0.147
Administrativa	Otra	2.641	0.148	-0.537	0.924
De base tecnológica	Otra	-0.127	0.996	-2.916	0.098

Fuente: Elaboración propia

## Discusión

Los hallazgos revelan que las organizaciones se enfrentan a un desafío sustancial para lograr la implementación efectiva de las tecnologías asociadas a la Industria 4.0, particularmente en los aspectos que se detallan a continuación.

La percepción que tiene la fuerza laboral sobre su permanencia, ya sea de formación académica administrativa o tecnológica, puede ser fortalecida si la empresa contribuye con el desarrollo de sus competencias técnicas y personales, lo cual coincide con Villar et al. (2020), quienes indicaron que la capacitación del personal da certeza sobre su permanencia en la empresa y se puede lograr un equilibrio entre los beneficios de bienestar laboral y de capital, como encontraron Margherita y Braccini (2021).

Esto permitiría, además, el desarrollo de capacidades gerenciales y organizativas que actualmente limitan el desarrollo de la organización, como señalan Shet y Pereira (2021), ya que los resultados muestran que los dos grupos de profesionales analizados no tienen desarrolladas competencias que combinen aspectos sociales y tecnológicos, siendo esto un requisito indispensable, como encontraron Gallo y Santolamazza (2021). En el caso de la presente investigación tienen desarrollada una, pero no la otra; lo que limita los cambios estratégicos necesarios para crear y transferir valor, como lo señala Massaro (2023). Lo que, finalmente, restringe la implementación correcta de la I4.0 por la incapacidad de contribuir a los procesos para la transformación de las operaciones y la gestión de la producción, creando un impacto social negativo, como encontró Yu et al. (2021).

En los resultados se destacan también los impactos negativos en la disponibilidad y seguridad en la permanencia en el empleo, al igual que encontraron Gamboa, Gracia, Ripoll y Peiró (2007), Echeverría y Martínez (2018), Murcia (2019) y Nara et al. (2021), porque, como señalaron Siltori et al. (2021), el impacto social no es prioridad de las empresas cuando definen sus estrategias para la digitalización, lo que concuerda con Robin y García (2019), quienes encontraron que las empresas privilegian el papel de las tecnologías en la automatización sobre los trabajadores.

Finalmente, se encontró que la automatización afecta y genera efectos negativos en los trabajadores con bajo nivel educativo, en línea con lo reportado por Merritt (2014), que la automatización ha afectado al empleo y se generan efectos negativos en los trabajadores con bajo nivel educativo, lo cual coincide con Bonavida et al. (2022), quienes señalan que los trabajadores con bajo nivel educativo son los más vulnerables ante la automatización.

## Conclusiones

Para lograr una implementación efectiva de la Industria 4.0, las empresas deben colocar el desarrollo del capital humano como prioridad antes de destinar recursos a la infraestructura tecnológica. Los hallazgos evidencian que, si las organizaciones no fortalecen las competencias técnicas y socioemocionales de su personal, la adopción de estas tecnologías puede generar impactos sociales adversos y traducirse en riesgos para la empleabilidad.

Este desafío no solo conlleva posibles repercusiones económicas y emocionales para los trabajadores, sino también obstáculos para que las empresas encuentren el talento con el perfil requerido. Por ello, resulta indispensable que las organizaciones impulsen procesos permanentes de actualización y formación profesional, de modo que sus colaboradores adquieran las capacidades necesarias para responder a las exigencias de un entorno digital en constante transformación.

## Recomendaciones

La empresa debe elaborar una estrategia integral enfocada en el fortalecimiento de competencias digitales y profesionales, que capacite a su fuerza laboral para afrontar con éxito los retos derivados de la adopción de la Industria 4.0.

La empresa debe garantizar un equilibrio sólido entre el desarrollo del capital humano y el bienestar laboral. Al priorizar este último, se favorece la optimización de los procesos productivos, el enriquecimiento de las actividades laborales y el fortalecimiento de la satisfacción, el crecimiento profesional y la estabilidad en el empleo.

Los trabajadores deben estar preparados para responder a las necesidades actuales y futuras del entorno laboral. La clave está en alinear la capacitación continua con los avances tecnológicos. Al desarrollar de forma permanente las habilidades digitales de nuestros colaboradores, aseguramos una fuerza laboral competitiva y preparada para los retos de la Industria 4.0.

## Limitaciones y futuras líneas de Investigación

Es del conocimiento de los autores de la presente investigación que el estudio tiene limitaciones, ya que el tamaño de la muestra es pequeño y los sujetos de estudio pertenecen a una sola organización.



No obstante, los datos han sido tratada estadísticamente de manera correcta para poder realizar los análisis los análisis exploratorios, correlacionales y no paramétricos.

Es necesario aplicar el instrumento de diagnóstico a una muestra más grande y generalizar los hallazgos a otras empresas manufactureras, de esa manera será posible asegurar que los resultados aportados puedan extrapolarse a otras empresas con rasgos y características similares a los de la empresa sujeto de estudio.

Además, el estudio se centra en la susceptibilidad potencial a la automatización desde una perspectiva centrada en la capacidad tecnológica y no predice la cantidad real de empleos que se automatizarán. No se tuvieron en cuenta otros factores, como la verificación de las competencias que los sujetos de estudio dijeron tener -porque lo hicieron mediante un auto-reporte y no de pruebas objetivas-, los niveles salariales futuros, los precios de capital, la regulación o la dificultad inherente de predecir el progreso tecnológico.

Para impulsar estrategias que garanticen el desarrollo del capital humano, las investigaciones futuras deberían considerar la identificación de factores sociales asociados con las tecnologías de la I4.0 -competencias digitales, empleabilidad y el impacto social-, mediante un enfoque de investigación cuantitativo y cualitativo.

## Referencias

- Artuc, E., Christiaensen, L. y Winkler, H. (2019). Does automation in rich countries hurt developing ones? Evidence from the U.S. and Mexico (Jobs Working Paper No. 25). World Bank Group. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-8741>.
- Bakhshi, H., Downing, J., Osborne, M. y Schneider, P. (2017). The future of skills: Employment in 2030. Pearson and Nesta.
- Bonavida, C., Brambilla, I. y Gasparini, L. (2022). Automatización y pandemia: Amenazas sobre el empleo en América Latina [Automation and pandemic: Threats to employment in Latin America]. *Revista de Análisis Económico*, 37(1), 27–74. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-88702022000100027>.
- Cluster Industrial. (2022). Bajío industrial 2T 2022. <https://www.clusterindustrial.com.mx/noticia/5061/el-bajio-suma-253-mil-m2-en-construccion-de-plantas-industriales-en-primera-mitad-del-2022>.

- Echeverría, B. y Martínez, P. (2018). Revolución 4.0, competencias, educación y orientación. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 12(2), 4–34. <https://doi.org/10.19083/ridu.2018.831>.
- Ford, M. (2015). *The rise of the robots: Technology and the threat of mass unemployment*. Basic Books.
- Frey, C. y Osborne, M. (2013). *The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?*. Oxford Martin Programme on Technology and Employment, University of Oxford. ScienceDirect. *Technological Forecasting and Social Change*. Volume 114, January 2017, Pages 254-280. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.019>.
- Gallo, T. y Santolamazza, A. (2021). Industry 4.0 and human factor: How is technology changing the role of the maintenance operator? *Procedia Computer Science*, 180, 388–393. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.364>.
- Gamboa, J., Gracia, F., Ripoll, P. y Peiró, J. (2007). La empleabilidad y la iniciativa personal como antecedentes de la satisfacción laboral. Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas. <http://www.ivie.es/downloads/docs/wpasec/wpasec-2007-01.pdf>.
- Lawshe, C. H. (1975). A quantitative approach to content validity. *Personnel Psychology*, 28(4), 563–575. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.1975.tb01393.x>.
- Lee, C. y Lim, C. (2021). From technological development to social advance: A review of Industry 4.0 through machine learning. *Technological Forecasting and Social Change*, 167, 120653. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120653>.
- Margherita, E. y Braccini, A. (2021). Managing industry 4.0 automation for fair ethical business development: A single case study. *Technological Forecasting and Social Change*, 172, 121048. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121048>.
- Massaro, M. (2023). Digital transformation in the healthcare sector through blockchain technology: Insights from academic research and business developments. *Technovation*, 120, 102386. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2021.102386>.
- Merritt, H. (2014). Technological change and its impact on skilled jobs: The case of Mexico. In *2014 Proceedings of PICMET '14: Infrastructure and Service Integration* (pp. 2420–2432).
- Murcia, J. (2019, 29 de agosto). El impacto industrial y laboral de la economía 4.0. Interempresas. <https://www.interempresas.net/Robotica/253319-El-impacto-industrial-y-laboral-de-la-economia-40.html>.

- Nara, E., Da Costa, M., Baierle, I., Schaefer, J., Benitez, G., do Santos, L. y Benitez, L. (2021). Expected impact of industry 4.0 technologies on sustainable development: A study in the context of Brazil's plastic industry. *Sustainable Production and Consumption*, 25, 102–122. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.07.018>.
- Narula, S., Puppala, H., Kumar, A., Frederico, G., Dwivedy, M., Prakash, S. y Talwar, V. (2021). Applicability of industry 4.0 technologies in the adoption of global reporting initiative standards for achieving sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 305, 127141. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127141>.
- R Core Team. (2021). R: A language and environment for statistical computing (Version 4.1) [Computer software]. <https://cran.r-project.org>.
- Revelle, W. (2019). psych: Procedures for psychological, psychometric, and personality research [Paquete R]. <https://cran.r-project.org/package=psych>.
- Robin, S. y García, B. (2019). Luces y sombras de la medición del impacto social en España. El estado de la medición y gestión del impacto social en España. Ed. ESIMPACT. ISBN 978-84-09-15426-5.
- Secretaría de Economía. (2020). Perspectivas de la inversión extranjera directa. Secretaría de Economía, México. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/570580/IED\\_1er\\_sem\\_2020\\_Final\\_.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/570580/IED_1er_sem_2020_Final_.pdf).
- Shet, S. y Pereira, V. (2021). Proposed managerial competencies for Industry 4.0 – Implications for social sustainability. *Technological Forecasting and Social Change*, 173, 121080. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121080>.
- Siltori, P., Anholon, R., Rampasso, I., Quelhas, O., Santa, L. y Leal, F. (2021). Industry 4.0 and corporate sustainability: An exploratory analysis of possible impacts in the Brazilian context. *Technological Forecasting and Social Change*, 167, 120741. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120741>.
- The jamovi project. (2022). jamovi (Version 2.3) [Computer software]. <https://www.jamovi.org>.
- Villar, L., Oliva, E., Luis, O., Benešová, A., Tupa, J. y Garza, J. (2020). Fostering economic growth, social inclusion & sustainability in Industry 4.0: A systemic approach. *Procedia Manufacturing*, 51, 1755–1762. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.244>.

Yu, Y., Zhang, J., Cao, Y. y Kazancoglu, Y. (2021). Intelligent transformation of the manufacturing industry for Industry 4.0: Seizing financial benefits from supply chain relationship capital through enterprise green management. *Technological Forecasting and Social Change*, 172, 120999. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120999>.

Zubiría, I. (2023, 9 de noviembre). El Bajío y su poder industrial. *Forbes México*. <https://forbes.com.mx>.

Rol de Contribución	Autor (es)
Conceptualización	José Porfirio González Farías (principal) Laura Georgina Vázquez Lara de la Cruz (apoyo)
Metodología	José Porfirio González Farías (principal) Laura Georgina Vázquez Lara de la Cruz (apoyo) Salustia Teresa Cano Ibarra (apoyo) David Israel Contreras-Medina (apoyo)
Software	José Porfirio González Farías (principal) Salustia Teresa Cano Ibarra (apoyo)
Validación	Laura Georgina Vázquez Lara de la Cruz (apoyo)  David Israel Contreras-Medina (apoyo)
Análisis Formal	José Porfirio González Farías (principal) Salustia Teresa Cano Ibarra (apoyo)
Investigación	José Porfirio González Farías (principal) Laura Georgina Vázquez Lara de la Cruz (apoyo) Salustia Teresa Cano Ibarra (apoyo) David Israel Contreras-Medina (apoyo)
Recursos	José Porfirio González Farías (principal) Laura Georgina Vázquez Lara de la Cruz (apoyo) Salustia Teresa Cano Ibarra (apoyo) David Israel Contreras-Medina (apoyo)
Curación de datos	José Porfirio González Farías (principal) Salustia Teresa Cano Ibarra (apoyo) David Israel Contreras-Medina (apoyo)
Escritura - Preparación del borrador original	José Porfirio González Farías (principal) Salustia Teresa Cano Ibarra (apoyo)

Escritura - Revisión y edición	José Porfirio González Farías (principal)
Visualización	José Porfirio González Farías (principal) David Israel Contreras-Medina (apoyo)
Supervisión	José Porfirio González Farías (principal) Laura Georgina Vázquez Lara de la Cruz (apoyo)
Administración de Proyectos	José Porfirio González Farías (principal)
Adquisición de fondos	José Porfirio González Farías (principal) Laura Georgina Vázquez Lara de la Cruz (apoyo) Salustia Teresa Cano Ibarra (apoyo) David Israel Contreras-Medina (apoyo)