

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ

# MEMORIAS



# 2021

Primera edición: 2022

© 2022 Universidad Autónoma de Ciudad Juárez,  
Plutarco Elías Calles #1210,  
Fovissste Chamizal C.P. 32310  
Ciudad Juárez, Chihuahua, México  
Tel : +52 (656) 688 2100 al 09

La edición, diseño y producción editorial de este documento estuvieron a cargo de la Dirección General de Comunicación Universitaria, a través de la Subdirección de Editorial y Publicaciones.

Coordinación editorial: Mayola Renova González  
Diseño de cubierta y diagramación: Karla María Rascón  
Corrección: Subdirección de Editorial y Publicaciones

Disponible en: <http://elibros.uacj.mx>

## Índice

Presentación .....	9
Introducción .....	11
Ciencias ambientales y agropecuarias.....	17
Ciudades sustentables habitables.....	27
Cultura y humanidades.....	39
Educación y desarrollo humano.....	109
Estado de derecho y procesos sociales.....	195
Género y violencia .....	215
Procesos productivos y desarrollo tecnológico .....	263
Salud humana y genómica .....	489
Carteles.....	537
Ciencias ambientales y agropecuarias.....	539
Ciudades sustentables y habitables .....	540
Educación y desarrollo humano.....	543
Estado de derecho y procesos sociales.....	545
Procesos productivos y desarrollo tecnológico .....	546
Salud humana y genómica .....	548

# La adopción de la Industria 4.0 y su impacto sobre el empleo en la industria de manufactura en Ciudad Juárez

*Mtro. Eduardo Arriola Ruiz*

## Resumen

**E**n este trabajo se busca estimar el nivel de conocimiento e implementación de tecnologías de la Industria 4.0 en el sector manufacturero de Ciudad Juárez, Chihuahua, así como indagar acerca de la relación que esta tiene con la eficacia productiva de las empresas y el bienestar de los trabajadores medido a través del nivel de salarios y prestaciones, y el nivel de sobrecarga laboral. Para lograr los objetivos planteados, se adaptó y aplicó en plantas maquiladoras de Ciudad Juárez el instrumento de medición Industria 4.0, elaborado por *AXIS* Centro de Inteligencia Estratégica; además, se elaboró un modelo de ecuaciones estructurales *PLS* para probar las relaciones existentes entre la *I4.0*, el bienestar de los trabajadores y la eficacia productiva de la empresa. Los resultados obtenidos advierten que, en general, las compañías de manufactura en Ciudad Juárez tienen un nivel bajo de conocimiento e implementación de la *I4.0*. Por otro lado, se encontró evidencia que sugiere que la implementación de la *I4.0* mejora los salarios y prestaciones de los trabajadores, así como la eficacia productiva de la empresa a través de mejoras en la productividad y la reducción de costos. Otros factores que inciden en incrementos de la eficacia productiva de la corporación son el aumento del nivel de salarios y prestaciones de los trabajadores, y el aumento en el nivel de sobrecarga laboral. Asimismo, se encontró evidencia a favor de que las mejoras en el nivel de conocimiento de la *I4.0* llevan consigo aumentos en el nivel de sobrecarga laboral de los trabajadores.

## Antecedentes

Las huellas que ha dejado el avance tecnológico sobre la dinámica del trabajo pueden encontrarse a lo largo de la historia. Comenzando en el año de 1784, la primera Revolución Industrial se caracterizó por la introducción de la producción mecanizada y la invención de la máquina de vapor (Pikas *et al.*, 2016), lo que provocó importantes incrementos en la productividad de las fábricas. En 1870 el desarrollo de la producción en serie y la implementación de la electricidad en los procesos productivos llevaron a la segunda Revolución Industrial, transformando de esta forma la dinámica laboral y desembocando en mejoras de la calidad de vida de los trabajadores de los países industrializados (Kinzel, 2017; Li, 2018; Liao *et al.*, 2017; Pikas *et al.*, 2016). En el año de 1969, gracias al desarrollo de las tecnologías de la información y al nacimiento de redes digitales alrededor del mundo, surge la tercera Revolución Industrial, que se caracterizó por la reducción de costos y la globalización de la producción, a través del aprovechamiento de las ventajas comparativas y competitivas de las regiones (Frey & Osborne, 2017; Krull, 2016; Liao *et al.*, 2017; Pikas *et al.*, 2016; Rüßmann *et al.*, 2015).

La cuarta Revolución Industrial, también conocida como Industria 4.0 (I4.0), consiste en la integración de sistemas cibernéticos y sistemas físicos en los procesos de manufactura (Arvind & Bourne, 2016). Opera de forma autoorganizada y descentralizada, pero conectada a otros miembros de la cadena productiva gracias a las tecnologías de la información (Kinzel, 2017). Permite que las fábricas realicen los procesos productivos de forma inteligente generando economías de escala y adaptabilidad, y mejorando la eficiencia de los recursos (Wang & Wang, 2016).

El paradigma productivo que propone la I4.0 trae consigo una serie de beneficios para las empresas, entre los que se encuentran: mejoras en la efectividad productiva; mejoras en la calidad de los productos generados; mejoras en materia de flexibilidad de la producción; integración de la cadena de valor; mejoras en el manejo de información en tiempo real; y mejoras en la satisfacción de los clientes, a través del cumplimiento de sus necesidades de mejor manera y en menor tiempo (Cardoso *et al.*, 2021).

El avance tecnológico de la I4.0 incluye, pero no se limita a las siguientes tecnologías: 1) manufactura aditiva, 2) aprendizaje de máquina, 3) realidad virtual, 4) realidad aumentada, 5) robótica autónoma, 6) robótica colaborativa, 7) análisis de datos masivos, 8) vehículos autoguiados, 9) cómputo en la nube, 10) cadenas de bloques, 11) esquemas de ciberseguridad, 12) in-



ternet de las cosas, 13) visión computacional, 14) censado y colección digital de datos, 15) simulación avanzada/modelado digital, 16) integración vertical y horizontal, 17) gemelo digital, 18) monitoreo de procesos en tiempo real y 19) gestión inteligente de energía (Carrillo *et al.*, 2020).

El concepto de la *í4.0*, se ha presentado como una fuerza de cambio que modificará la forma en la que trabajamos y vivimos. De acuerdo con Kinzel (2017), los empleados que trabajarán en el paradigma de la *í4.0* tendrán que adquirir nuevas competencias. Por otro lado, una parte importante de los empleados actuales no serán necesarios, debido a que muchos de los roles que juegan los humanos en los procesos de manufactura serán reemplazados por sistemas computarizados.

Desde otra perspectiva, Frey y Osborne (2017) estipulan que los trabajadores poco calificados tendrán que desplazarse a puestos de trabajo no susceptibles a la computarización. Por ejemplo, actividades que requieran inteligencia social y creatividad.

En este sentido, se considera que, gracias a la automatización de los procesos de manufactura, se incrementará el número de empleos de alta complejidad, por lo que el nivel de educación de los trabajadores también tendrá que incrementarse a la par con sus salarios. Así, pues, uno de los desafíos a futuro es generar las oportunidades para que los trabajadores logren las calificaciones necesarias para participar en procesos más complejos y asegurar la retención laboral (Hecklau *et al.*, 2016, p. 1).

Ante los cambios que se avecinan, Benešová y Tupa (2017) exponen que solo los individuos altamente calificados y educados serán capaces de controlar las nuevas tecnologías. Por otro lado, autores como Magdalena y Ernst (2016) exponen que, a pesar de los altos niveles de automatización, los humanos continuarán jugando un papel primordial dentro de los procesos de la *í4.0*, tal que los procesos manuales —clásicos— se realizarán de forma adecuada, gracias a las habilidades de las personas, tales como la inteligencia, creatividad, empatía y flexibilidad.

## Planteamiento del problema

Hoy en día, la continua adopción de las tecnologías de la información y comunicación (TIC), la automatización y la robotización de los esfuerzos productivos caracterizan la cuarta Revolución Industrial; asimismo, estas prácticas hacen posibles mejoras en la efectividad de la empresa a manera de aumentos en la productividad y reducción en los costos productivos

(Martín, 2016; Sommer, 2015). En contraste, el paradigma productivo de la 14.0 tiende a la sustitución de mano de obra humana por máquinas y robots capaces de realizar las tareas más simples de los procesos de fabricación, afectando negativamente el empleo de los trabajadores con bajos niveles de preparación y educación.

Por otro lado, tecnologías digitales como las TIC y la inteligencia artificial (IA) comienzan a desempeñar actividades administrativas y de logística al interior de las compañías (Ford, 2015; Frey & Osborne, 2017). Así, un número creciente de tareas contables, de diseño y de análisis comienzan a digitalizarse, provocando que los trabajadores de cuello blanco vean reducida su carga laboral; sin embargo, también permite que estos realicen un mayor número de tareas y tomen más decisiones. Esta dinámica ha sido identificada por varios autores a través de diferentes regiones alrededor del mundo (Bensusán, 2017; Bensusán, Eichhorst, & Rodríguez, 2017; Frey & Osborne, 2017).

En el presente contexto, autores como Kronfle (2018) y Lorenz *et al.* (2015) argumentan que la implementación de las tecnologías inherentes a la 14.0 llevarán últimamente a beneficios netos para los trabajadores. A pesar de ello, no se debe restar la importancia de las dinámicas de desplazamiento laboral que acompañan a los procesos de automatización y digitalización de la producción, constituyendo un problema que afecta desproporcionadamente a los trabajadores con bajos niveles de educación y especialización.

En otro orden de ideas, varios autores han identificado que la baja implementación tecnológica en la industria mexicana es un factor que explica los niveles productivos subóptimos que se ven a lo largo del país. En este sentido, Schatan (2018) y Rodríguez, Mendoza, & Martínez (2018) argumentan que la industria de manufactura, para el caso mexicano, se caracteriza por deficiencias en la inversión de capital físico, que inciden en el bajo rendimiento de los sectores productivos. Por su parte, Sánchez-Juárez y García-Almada (2015) afirman que el crecimiento regional se ve constreñido principalmente por el rezago relativo en ciencia, tecnología e investigación (CTI).

Si bien, actualmente la digitalización de la producción es la principal tendencia en la industria, algunos de los líderes de las organizaciones tienen poco conocimiento e, incluso, desconocen el término Industria 4.0. En este sentido, Sony y Naik (2019) expresan que en la Unión Europea algunos de los líderes de la industria afirmaron no haber escuchado siquiera acerca del

término; si bien otros líderes estaban familiarizados con la 14.0, estos desconocían cómo implementarla en sus organizaciones.

## Justificación

Respecto a la escasez de estudios con enfoque en la estimación del grado de conocimiento y adopción de tecnologías propias de la 14.0 en Ciudad Juárez, Chihuahua, figura un campo de estudio que no ha sido abordado de manera satisfactoria en la literatura. Dentro de los pocos trabajos en torno al tema, se encuentra el llevado a cabo por Carrillo *et al.* (2020) para las empresas de Tijuana, Baja California, donde se encontró que los niveles de conocimiento e implementación de la 14.0 son bajos, a través de todos los sectores de la industria en la región.

En este sentido, autores como Gökalp, Şener y Eren (2017) y Basl y Doucek (2019) han realizado extensas revisiones de literatura, donde se halla que la gran mayoría de los esfuerzos por estimar el nivel de adopción de tecnologías de la 14.0, se realizan en países europeos.

Respecto al estudio de la relación entre el conocimiento y la implementación de la 14.0, y su relación con la efectividad productiva de la empresa y el bienestar de los trabajadores, tenemos que este es un campo muy poco estudiado. Dequeant *et al.* (2016) afirman que la falta de investigaciones en torno al tema dota de relevancia a los trabajos en el área. Adicionalmente, esta relación no ha sido estudiada para el caso de Ciudad Juárez, por lo que los resultados arrojados por este trabajo representan un punto de partida para futuras investigaciones académicas acerca del tema enfocadas en la región.

En otro orden de ideas, Carrillo *et al.* (2020) han identificado que, si bien empresas, académicos e instituciones gubernamentales asociados al desarrollo de la industria en México han realizado investigaciones con el propósito de conocer y prepararse para la 14.0, los resultados de estas no siempre son consistentes entre sí. Por un lado, las publicaciones de Riquelme (2019) y AXIS Centro de Inteligencia Estratégica (2019) hacen hincapié en el notable retraso que tiene México en la implementación de la 14.0, pero, por otro lado, estudios como el de International Data Corporation (2017) han destacado los grandes avances que han tenido las pymes mexicanas en relación con la adopción de la 14.0, teniendo incluso niveles superiores a las pymes alemanas.

Es tomando en cuenta todo lo anterior, que se considera relevante el estudio del conocimiento, la implementación de la 14.0 y su impacto sobre la



eficacia productiva de las empresas y el bienestar de los trabajadores de las empresas de manufactura en Ciudad Juárez, Chihuahua.

## Objetivos

Primero, se busca estimar el grado de implementación y conocimiento de las tecnologías propias de la 14.0, así como la eficiencia productiva de la empresa y el bienestar de los trabajadores de las compañías de manufactura en Ciudad Juárez medido a través del nivel de sobrecarga laboral y el nivel de salarios y prestaciones. Después, se busca examinar el efecto que tiene el conocimiento de la 14.0 sobre la eficacia productiva de la corporación y el bienestar de los trabajadores. Por último, evaluar el impacto que tiene la implementación de la 14.0 sobre la eficacia productiva de la empresa y el bienestar de los trabajadores.

## Preguntas de investigación

1. ¿Cuál es el grado de conocimiento de la 14.0 en el sector de manufactura en Ciudad Juárez?
2. El conocimiento e implementación de la 14.0, ¿inciden en el bienestar de los trabajadores del sector de manufactura en Ciudad Juárez?
3. La implementación de la 14.0, ¿incide en la efectividad productiva de las empresas de la industria de manufactura en Ciudad Juárez?

## Metodología

El diseño de investigación es empírico de naturaleza cuantitativa y de corte transversal. Primero, se llevó a cabo la estimación del nivel de conocimiento e implementación de la 14.0 en las maquiladoras de Ciudad Juárez. Posteriormente, se elaboró un modelo de ecuaciones estructurales de mínimos cuadrados parciales (PLS) para probar las relaciones planteadas entre las variables de interés.

Se tomó como base el instrumento de medición elaborado por AXIS Centro de Inteligencia Estratégica (2019), el cual estima la percepción del nivel de conocimiento e implementación de tecnologías de la Industria 4.0 en Baja California, México. Se modificó la escala de medición del modelo para utilizar una escala Likert de cinco niveles; además, se añadieron ítems que

estiman la percepción que tienen los trabajadores acerca del nivel salarial y prestaciones; asimismo, se incorporaron ítems que estiman la percepción de la sobrecarga laboral de los trabajadores.

La investigación se realizó en plantas maquiladoras ubicadas en Ciudad Juárez, Chihuahua. El muestreo fue no-probabilístico por conveniencia e incluye a trabajadores de la industria maquiladora, como directores, gerentes, ingenieros, empleados administrativos, técnicos, entre otros. La encuesta se administró en línea por medio de un cuestionario distribuido vía correo electrónico y a través de redes sociales durante el periodo del 11 de agosto de 2020 al 3 de febrero de 2021.

Se recibieron un total de 208 encuestas, de las cuales 16 fueron eliminadas, ya que mostraban inconsistencias estadísticas. La muestra final contiene las respuestas de 192 trabajadores, que representa 92.3 % del total de los cuestionarios administrados. Asimismo, se obtuvieron datos de 94 plantas pertenecientes a 93 corporativos que operan en la región.

## Resultados

### *Estimación del nivel de conocimiento, implementación e intención de implementación de la Industria 4.0*

En relación con el conocimiento de la Industria 4.0, se encontró que este es bajo; asimismo, la implementación de tecnologías de la I4.0 tiene un nivel de complejidad bajo; por su parte, la intención de implementación de tecnologías de la I4.0 es media.

**Cuadro 1.** Conocimiento, implementación e intención de implementación de la I4.0 en las maquiladoras de Ciudad Juárez

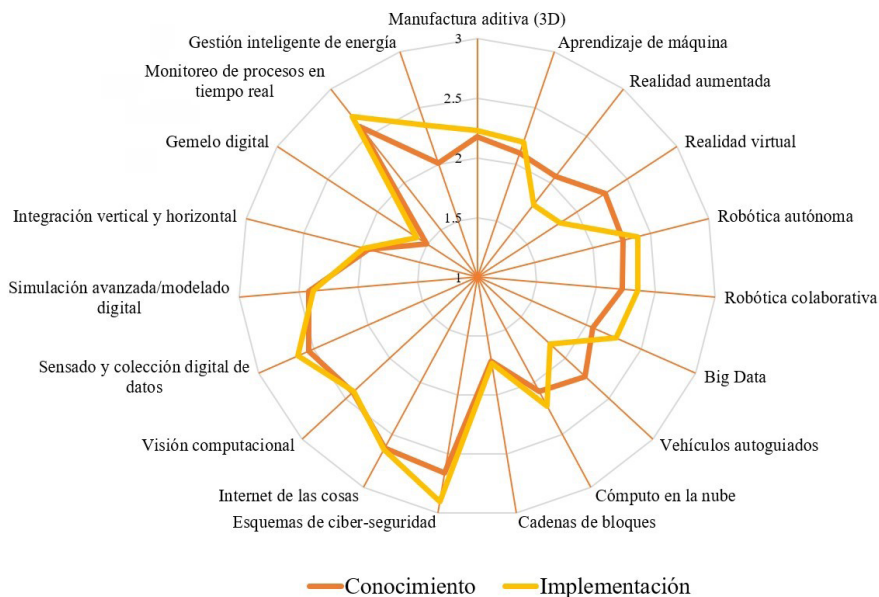
Dimensión	Media	Mediana	Moda	
Conocimiento de la Industria 4.0	2.22	2.00	1	Conocimiento bajo
Implementación de la Industria 4.0	2.24	2.00	1	Complejidad baja
Intención de implementación de la Industria 4.0	3.22	3.00	3	Intención media

Fuente: elaboración propia.

## Nivel de conocimiento e implementación de tecnologías de la I4.0

En la figura 1 se muestran los promedios de los niveles de conocimiento e implementación reportados de 19 tecnologías de la I4.0. La variable va de 1 a 5, donde un valor igual a 1 significa la ausencia de conocimiento e implementación y un valor igual a 5 implica el nivel más alto de conocimiento e implementación. Las tecnologías que tienen el nivel más alto de conocimiento e implementación [2.5-3.0] son: esquemas de ciberseguridad, censado y colección digital de datos, internet de las cosas y monitoreo de procesos en tiempo real. Las tecnologías con niveles medios de conocimiento e implementación [2.0-2.5] son: gestión inteligente de energía, manufactura aditiva, aprendizaje de máquina, robótica autónoma, robótica colaborativa, *big data*, cómputo en la nube, visión computacional y simulación avanzada/modelado digital. Por su parte, las tecnologías de realidad aumentada, realidad virtual y vehículos autoguiados mostraron niveles medios de conocimiento, pero niveles bajos de implementación. Finalmente, las tecnologías que mostraron los niveles más bajos de conocimiento e implementación [1.5-2.0] son: gemelo digital, integración horizontal y vertical, y cadena de bloques.

**Figura 1.** Nivel de conocimiento e implementación de tecnologías de I4.0

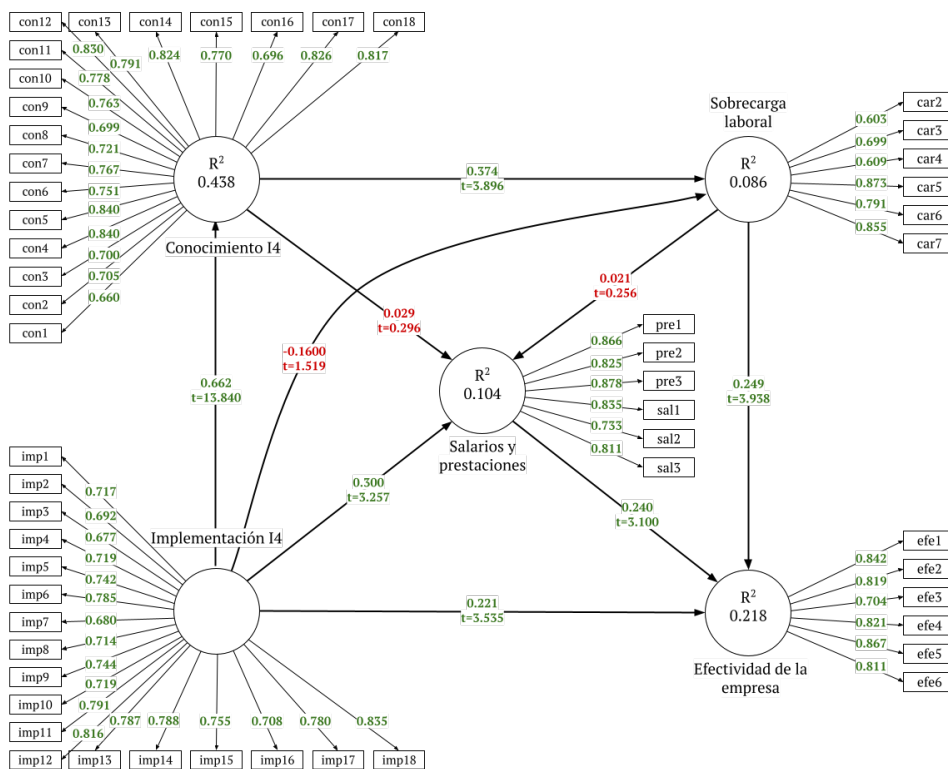


Fuente: elaboración propia.

### *Reporte de la regresión de mínimos cuadrados parciales (PLS)*

Con el propósito de evaluar la relación que tiene el conocimiento e implementación de la I4.0 con la eficiencia de la empresa y el bienestar de los trabajadores, se formuló un modelo de ecuaciones estructurales PLS utilizando el *software* SmartPLS 3 (figura 2). En este se plantean nueve relaciones (cuadro 2): En relación con el nivel de implementación de la I4.0, se plantea que este: 1) impacta de forma positiva el nivel de conocimiento de la I4.0; 2) impacta de forma negativa el nivel de sobrecarga laboral de los trabajadores; 3) tiene un impacto positivo sobre la percepción de salarios y prestaciones de los trabajadores; e 4) impacta de forma positiva en la eficiencia productiva de la empresa. En cuanto al nivel de conocimiento de la I4.0, se plantea que: 5) tiene un efecto negativo en el nivel de sobrecarga laboral de los trabajadores; y 6) afecta de forma positiva en la percepción de salarios y prestaciones de los trabajadores. En torno al nivel de sobrecarga laboral, se plantea que: 7) impacta de forma positiva en la percepción de salarios y prestaciones de los trabajadores; y 8) afecta positivamente el nivel de eficiencia productiva de la empresa. Finalmente, se plantea que: 9) la percepción del nivel salarial y de prestaciones que tienen los trabajadores impacta de forma positiva en la eficiencia productiva de la empresa.

Figura 2. Modelo contrastado



Fuente: elaboración propia.

Cuadro 2. Relaciones planteadas y signos esperados

Variables explicativas	Signo esperado	Variables explicadas
Nivel de implementación de la i4.0	+	Nivel de conocimiento de la i4.0
	-	Sobrecarga laboral
	+	Percepción de salarios y prestaciones
	+	Eficiencia de la empresa
Nivel de conocimiento de la i4.0	-	Sobrecarga laboral
	+	Percepción de salarios y prestaciones
Sobrecarga laboral	+	Percepción de salarios y prestaciones
	+	Eficiencia de la empresa
Percepción de salarios y prestaciones	+	Eficiencia de la empresa

Fuente: elaboración propia.

## Resultados del modelo estructural

El modelo estructural evaluado se muestra en la figura 2. Asimismo, se presentan los indicadores para valores de las cargas factoriales de los constructos del modelo, Coeficientes *Path* de las relaciones estructurales y valor  $R^2$  del conocimiento de la I4.0, la sobrecarga laboral, la percepción de salarios y prestaciones, y la efectividad productiva de la empresa. La calidad de predicción del modelo, se calculó a partir de los Coeficientes *Path* y el valor  $R^2$ .

El modelo contrastado pone a prueba el siguiente conjunto de hipótesis de relación causal entre variables latentes (cuadro 3):

**Cuadro 3.** Relaciones estructurales planteadas en el modelo

	<b>Path</b>	<b>Valor t</b>	<b>Valor p</b>	<b>Resultado</b>
H1. Conocimiento I4.0 -> Salarios y prestaciones	0.029	0.296	0.767	Se rechaza
H2. Conocimiento I4.0 -> Sobrecarga laboral	0.374	3.896	0.000	Se valida
H3. Implementación I4.0 -> Conocimiento I4.0	0.662	13.840	0.000	Se valida
H4. Implementación I4.0 -> Eficiencia de la empresa	0.221	3.535	0.000	Se valida
H5. Implementación I4.0 -> Salarios y prestaciones	0.300	3.257	0.001	Se valida
H6. Implementación I4.0 -> Sobrecarga laboral	-0.160	1.519	0.129	Se rechaza
H7. Salarios y prestaciones -> Eficiencia de la empresa	0.240	3.100	0.002	Se valida
H8. Sobrecarga laboral -> Eficiencia de la empresa	0.249	3.938	0.000	Se valida
H9. Sobrecarga laboral -> Salarios y prestaciones	0.021	0.256	0.798	Se rechaza

Fuente: elaboración propia.

La evaluación de los valores *Path* del modelo, se llevó a cabo tomando en cuenta el signo algebraico, la magnitud y la significancia de estos. En este tenor, se tiene que 6 de las 9 relaciones planteadas fueron estadísticamente significativas con valores *t* mayores a 2.576, para un nivel de significancia del 99 %; además, la magnitud de los valores *Path* excede el punto de corte de 0.20 (Chin, 2010).

Dado lo anterior, y de acuerdo con Henseler, Ringle y Sinkovics (2009), cuando los indicadores *Path* concuerdan con los postulados *a priori* existe una validación empírica parcial de las relaciones teóricas propuestas. En este sentido, se validan  $H_2$ ,  $H_3$ ,  $H_4$ ,  $H_5$ ,  $H_7$  y  $H_8$ , sugiriendo que: 1) el conocimiento de la I4.0 influye positiva y significativamente en la sobrecarga laboral; 2) la implementación de la I4.0 influye positiva y significativamente en el conocimiento de la I4.0; 3) la implementación de la I4.0 influye positiva



y significativamente en la efectividad productiva de la empresa; 4) la implementación de la I4.0 influye positiva y significativamente en la percepción de salarios y prestaciones; 5) la percepción de salarios y prestaciones influye positiva y significativamente en la efectividad productiva de la empresa; y 6) la sobrecarga laboral influye positiva y significativamente en la efectividad productiva de la empresa.

## Conclusiones

Las maquiladoras de Ciudad Juárez tienen un nivel bajo de conocimiento e implementación de tecnologías I4.0. Los resultados generales que se muestran en la encuesta I4.0 sugieren que el nivel de conocimiento de tecnologías I4.0 que tienen los trabajadores de Ciudad Juárez, es bajo; además, las maquiladoras tienen un nivel bajo de implementación de tecnologías I4.0. Sin embargo, el nivel de intención de implementar tecnologías I4.0 es medio, lo que indica que la adopción de la I4.0 podría acelerarse en el futuro.

La implementación de la I4.0 mejora los salarios y prestaciones de los trabajadores. Los puestos de trabajo requeridos por la I4.0 requieren que los trabajadores tengan niveles de preparación superiores y esto se ve reflejado a manera de mejoras en el nivel de salarios y prestaciones (Bensusán, 2017; Eichhorst, 2017; Frey & Osborne, 2017; Rajnai & Kocsis, 2017).

Por otra parte, las empresas que tienen niveles superiores de implementación de la I4.0 tienden a ser grandes compañías consolidadas con altos recursos financieros, que se pueden permitir ofrecer salarios y prestaciones por arriba del promedio de la industria. Además, la implementación de tecnologías I4.0 y las economías de escala que estas permiten, habilitan grandes incrementos de los márgenes de ganancia de las empresas que adoptan estas tecnologías, desembocando en aumentos en salarios y prestaciones de sus trabajadores.

La implementación de la I4.0 no incide en el nivel de sobrecarga laboral de los trabajadores. El modelo PLS planteado propone que el aumento del nivel de implementación de tecnologías de la I4.0 impacta de forma negativa en el nivel de sobrecarga laboral de los trabajadores; sin embargo, no se encontró evidencia significativa a favor de esta relación.

En el presente contexto, Raso-Delgue (2018) expone que la implementación de la I4.0, lejos de disminuir la sobrecarga laboral, puede aumentar el nivel de ésta, al que se enfrentan los trabajadores. El autor expresa que la implementación de la I4.0 puede provocar:

(1) Ritmos intensos y rápidos de trabajo durante horarios prolongados, (2) variabilidad e imprevisibilidad de la actividad cotidiana a realizar, (3) incremento de las responsabilidades del trabajador para resolver problemas de modo continuo, (4) tensiones en el trabajo con generación de estrés y proyecciones en la salud psicofísica del trabajador,...] (5) clima de presiones para obtener la ilimitada disponibilidad de los asalariados en la empresa. (pp. 14-15)

El conocimiento de la I4.0 provoca aumentos en el nivel de sobrecarga laboral de los trabajadores. Inicialmente se planteó que mayores niveles de conocimiento de tecnologías de la I4.0 llevan consigo menores niveles de sobrecarga laboral, sin embargo, los resultados obtenidos indican lo contrario. En otras palabras, los trabajadores con altos niveles de conocimiento de tecnologías de la I4.0 enfrentan cargas laborales más intensas provocadas por los incrementos en la cantidad de tareas a realizar, la toma de decisiones y el esfuerzo mental que esto conlleva.

El nivel de sobrecarga laboral no incide en el nivel de salarios de los trabajadores. En relación con lo anterior, este resultado muestra que el incremento del nivel de sobrecarga laboral derivado de los incrementos en responsabilidades, tareas y decisiones que toman los trabajadores no se ve reflejado en mejoras en sus salarios y prestaciones.

La implementación de la I4.0 mejora la efectividad de la empresa a través de la reducción de costos y mejoras en la productividad. Este resultado muestra que la implementación de tecnologías de la I4.0 provoca reducciones de costos y mejoras en la productividad de las organizaciones. En este sentido, se considera que uno de los beneficios más notorios de la implementación de la I4.0 es el aumento en la eficiencia de los procesos productivos (Wang & Wang, 2016), derivada de la reducción de costos y la digitalización de la producción. En este tenor, autores como Saquicela (2020) y Ciano *et al.* (2021) expresan que la I4.0, a través de la producción flexible y modular, hace posible que las empresas reaccionen con más agilidad ante las rápidas fluctuaciones de la demanda. Asimismo, se considera que la utilización de tecnologías digitales lleva consigo reducciones en los costos de producción (Bai *et al.*, 2020). Por su parte, Adeyeri, Mpofu y Olukorede (2015) argumentan que la adopción de CPS también contribuye en la reducción de los costos de producción. De igual manera, tecnologías como la simulación pueden llevar a mejoras en el rendimiento de los procesos productivos.

El aumento en el nivel de salarios incide positivamente en la efectividad productiva de la empresa. Este resultado sugiere que los trabajadores

con niveles superiores de salarios son más productivos que aquellos con niveles inferiores de salarios. Tomando en cuenta que el conocimiento de las tecnologías de la i4.0 también aumenta el nivel salarial de los trabajadores, es lógico asumir que los trabajadores mejor preparados y con altos niveles de educación son capaces de adquirir puestos de trabajo mejor remunerados que aquellos que no requieren trabajadores con estas características.

Aumentos en el nivel de sobrecarga laboral de los trabajadores mejora la efectividad productiva de la compañía. Finalmente, se encontró evidencia que sugiere que aumentos en el nivel de sobrecarga laboral de los trabajadores llevan consigo mejoras en la efectividad productiva de la organización, a través de la reducción de costos y mejoras en la productividad. En el contexto de la i4.0, este resultado resulta lógico tomando en cuenta que los puestos de trabajo generados por la i4.0 se caracterizan por requerir altos niveles de preparación y tener altos niveles de sobrecarga laboral provocada por un alto número de tareas a desempeñar, la toma de decisiones y el incremento de las responsabilidades de los trabajadores.

## Referencias

- Adeyeri, M. K., Mpofu, K., & Olukorede, T. A. (2015). Integration of Agent Technology into Manufacturing Enterprise: A Review and Platform for Industry 4.0. En *2015 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management (IEOM)* (pp. 1-10).
- Arvind, A. & Bourne, D. (2016). Architecture for Industry 4.0-based Manufacturing Systems. Degree of Master of Science in Robotics. Carnegie Mellon University-School of Computer Science.
- AXIS Centro de Inteligencia Estratégica. (2019). *Axis Vantage Point: Baja i4.0*. <https://vp.inteliaxis.com/PDF/Bajai40.pdf>
- Bai, C., Dallasega, P., Orzes, G., & Sarkis, J. (2020). Industry 4.0 Technologies Assessment: A Sustainability Perspective. *Int. J. Prod. Econ.*, 229, 107776.
- Basl, J. & Doucek, P. (2019). A Metamodel for Evaluating Enterprise Readiness in the Context of Industry 4.0. *Information*, 10(3), 89.
- Benešová, A. & Tupa, J. (2017). Requirements for Education and Qualification of People in Industry 4.0. *Proc. Manuf.*, 11, 2195-2202.
- Bensusán Areous, G. (2017). Nuevas tendencias en el empleo: retos y opciones para las regulaciones y políticas del mercado de trabajo. *Las transformaciones tecnológicas y sus desafíos para el empleo, las relaciones laborales y la identificación de la demanda de cualificaciones*. CEPAL. LC/TS.2017/111, 81-179.

- Bensusán Areous, G., Eichhorst, W., & Rodríguez, J. M. (2017). *Las transformaciones tecnológicas y sus desafíos para el empleo, las relaciones laborales y la identificación de la demanda de cualificaciones*. Documentos de Proyectos.
- Cardoso, G. B., Parra-Michel, J. R., Ceja-Bravo, L. A., Olivares, S. A., & Bautista, R. M.-P. (2021). ¿Qué es industria 4.0?: elementos clave de la industria 4.0. *Tecnotrend*.
- Carrillo, J., Gomís, R., De los Santos, S., Covarrubias, L., & Matus, M. (2020). ¿Podrán transitar los ingenieros a la industria 4.0? Análisis industrial en Baja California. *Entreciencias: Diál. Soc. Conoc.*, 8(22).
- Chin, W. W. (2010). How to Write Up and Report PLS Analyses. En *Handbook of Partial Least Squares* (pp. 655-690). Springer.
- Ciano, M. P., Dallasega, P., Orzes, G., & Rossi, T. (2021). One-to-one Relationships between Industry 4.0 Technologies and Lean Production Techniques: A Multiple Case Study. *Int. J. Prod. Res.*, 59(5), 1386-1410.
- Dequeant, K., Vialletelle, P., Lemaire, P., & Espinouse, M.-L. (2016). A Literature Review on Variability in Semiconductor Manufacturing: The Next Forward Leap to Industry 4.0. En *Proceedings of the 2016 Winter Simulation Conference* (pp. 2598-2609).
- Eichhorst, W. (2017). Las instituciones del mercado laboral y el futuro del trabajo: ¿buenos empleos para todos? *Las transformaciones tecnológicas y sus desafíos para el empleo, las relaciones laborales y la identificación de la demanda de cualificaciones*. CEPAL. LC/TS.2017/111, 11-30.
- Ford, M. (2015). *Rise of the Robots: Technology and the Threat of a Jobless Future*. Basic Books.
- Frey, C. B. & Osborne, M. A. (2017). The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation? *Technol. Forec. Soc. Ch.*, 114, 254-280.
- Gökalp, E., Ener, U., & Eren, P. E. (2017). Development of an Assessment Model for Industry 4.0: Industry 4.0-mm. En *International Conference on Software Process Improvement and Capability Determination* (pp. 128-142).
- Hecklau, F., Galeitzke, M., Flachs, S., & Kohl, H. (2016). Holistic Approach for Human Resource Management in Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 54, 1-6.
- Henseler, J., Ringle, C. M., & Sinkovics, R. R. (2009). The Use of Partial Least Squares Path Modeling in International Marketing. En *New Challenges to International Marketing*. Emerald Group Publishing Limited.
- International Data Corporation. (2017). *The Next Steps in Digital Transformation. How Small and Midsize Companies are Applying Technology to Meet Key Busi-*

- ness Goals. <https://ouestsolutions.com/wp-content/uploads/2017/11/IDC-Infobrief-The-Next-Steps-in-Digital-Transformation.pdf>
- Kinzel, H. (2017). Industry 4.0—Where Does This Leave the Human Factor? *J. Urban Cult. Res.* 15, 70-83.
- Kronfle Catalán, V. N. (2018). Los empleos del mañana: emprendimiento, innovación y tecnología en América Latina (B. S. Thesis). Universidad de Especialidades Espíritu Santo.
- Krull, S. (2016). *El cambio tecnológico y el nuevo contexto del empleo: tendencias generales y en América Latina*. Documentos de Proyectos.
- Li, L. (2018). China's Manufacturing Locus in 2025: With a Comparison Of "Made-in-China 2025" and "Industry 4.0". *Technol. Forec. Soc. Ch.*, 135, 66-74.
- Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E. D. F. R., & Ramos, L. F. P. (2017). Past, Present and Future of Industry 4.0. A Systematic Literature Review and Research Agenda Proposal. *Int. J. Prod. Res.*, 55(12), 3609-3629.
- Lorenz, M., Ruessmann, M., Strack, R., Lueth, K. L., & Bolle, M. (2015). *Man and Machine in Industry 4.0: How Will Technology Transform the Industrial Workforce through 2025*. The Boston Consulting Group.
- Magdalena, G. & Ernst, P. (2016). Industry 4.0 and Sustainability Impacts: Critical Discussion of Sustainability Aspects with a Special Focus on Future of Work and Ecological Consequences. *Int. J. Eng.* xiv, 131-136.
- Martín, A. (2016). La industria 4.0: implicarnos en su desarrollo y anticipar sus efectos. *Nuev. Et.*, 27, diciembre.
- Pikas, B., Zhang, X., Peek, W. A., & Lee, T. (2016). The Transformation and Upgrading of the Chinese Manufacturing Industry: Based on "German Industry 4.0". *J. Appl. Bus. Econ.* 18(5).
- Rajnai, Z. & Kocsis, I. (2017). Labor Market Risks of Industry 4.0. Digitization, Robots and Ai. En *2017 IEEE 15<sup>th</sup> International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY)* (pp. 343-346).
- Raso-Delgue, J. (2018). América Latina: el impacto de las tecnologías en el empleo y las reformas laborales. *Rel. Lab. Der. Emp.* 6(1).
- Riquelme, R. (2019). *México llega con retraso a la cuarta revolución industrial*. Recuperado el 21 de octubre de 2021, de <https://www.economista.com.mx/tecnologia/Mexico-llega-con-retraso-a-la-Cuarta-Revolucion-Industrial-20191009-0055.html>
- Rodríguez Benavides, D., Mendoza González, M. Á., & Martínez García, M. Á. (2018). Acumulación de capital y crecimiento estatal en México: un análisis con datos panel. *Probl. Des.* 49(194), 61-89.

- Rüßmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., Waldner, M., Justus, J., Engel, P., & Harnisch, M. (2015). Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. *Boston Consult. Group*, 9(1), 54-89.
- Sánchez-Juárez, I. & García-Almada, R. M. (2015). Geografía del crecimiento económico y del (sub)desarrollo científico, tecnológico y de innovación regional en México. En *Desarrollo económico y cambio tecnológico. Teoría, marco global e implicaciones para México* (pp. 267-304).
- Saquicela, J. L. S. (2020). Transformación digital de la industria 4.0. *Polo Conoc.: Rev. Cient.-Prof.*, 5(8), 1344-1356.
- Schatan, C. (2018). Transformación productiva, empleos y retos para la formación de capital humano en México. <https://library.fes.de/pdffiles/bueros/mexiko/15311.pdf>
- Sommer, L. (2015). Industrial Revolution-industry 4.0: Are German Manufacturing SMES the First Victims of this Revolution? *J. Ind. Eng. Manag.*, 8(5), 1512-1532.
- Sony, M. & Naik, S. (2019). Key Ingredients for Evaluating Industry 4.0 Readiness for Organizations: A Literature Review. *Benchmarking: Int. J.*
- Wang, L. & Wang, G. (2016). Big Data in Cyber-physical Systems, Digital Manufacturing and Industry 4.0. *Int. J. Eng. Manuf. (IJEM)*, 6(4), 1-8.