

Innovación tecnológica en las PYMES de la región centro de Tlaxcala. Posibilidades para el desarrollo de la industrialización 4.0

Technological Innovation in SMEs in the Central Region of Tlaxcala. Industrialization 4.0 Development Possibilities

Alondra Arenas Muñoz*  <https://orcid.org/0009-0003-4295-1488>

Héctor Manuel Cortez Yacila**  <https://orcid.org/0009-0001-8793-4409>

Resumen

Objetivo: mostrar las posibilidades organizativas, financieras y de gestión tecnológica que tienen las pequeñas y medianas empresas de la región centro de Tlaxcala, para implementar la industrialización 4.0 y hacer frente a las necesidades de producción y competitividad que exigen los mercados actuales. Metodología: análisis relacional y estadístico basado en las respuestas de percepción que se obtuvieron a partir de un formulario aplicado a 270 pequeñas y medianas empresas. Resultados: los encuestados reconocieron la importancia de poner en marcha la industrialización 4.0 en la zona de estudio. Valor: gracias al estudio se detectó que en el corto plazo las empresas de estudio tendrán que adecuar las herramientas tecnológicas para optimizar su actividad, incrementar su productividad y construir competitividad en sus entornos. Limitaciones: se necesita profundizar en las consecuencias de la puesta en marcha de la industrialización 4.0 en el mediano plazo para ver sus efectos en la región. Conclusiones: la carencia de personal especializado, las limitaciones de acceso al financiamiento y la insuficiente gestión empresarial impiden crear una cultura de innovación tecnológica que garantice el crecimiento en el mediano y largo plazos.

Palabras clave: PYMES; desarrollo tecnológico; industrialización 4.0; adaptación tecnológica; región; Tlaxcala.

Abstract

Objective: Showing the organizational, financial, and technological management possibilities that the central region of Tlaxcala's small and medium-sized companies have to implement the industrialization 4.0, and address the production and competitiveness needs demanded by current markets. Methodology: Relational and statistical analysis based on perception responses obtained from a survey applied to 270 small and medium-sized companies. Results: In the study area, the ones polled recognized the importance of carrying out the industrialization 4.0. Value: Due to the present study, it is detected that in the short term the companies will have to adapt the technological tools to optimize their activity, increase their productivity, and build competitiveness in their environments. Limitations: The industrialization 4.0's impact needs to be further investigated to see its regional effects in the medium term. Conclusions: The lack of specialized personnel, the limited access to financing and the inadequate business management prevent the creation of a technological innovation culture that guarantees growth in the medium and long terms.

Keywords: technological development; industrialization 4.0; technological adaptation; region; Tlaxcala.

■ Cómo citar: Arenas Muñoz, A., y Cortez Yacila, H. M. (2024). Innovación tecnológica en las PYMES de la región centro de Tlaxcala. Posibilidades para el desarrollo de la industrialización 4.0. *región y sociedad*, 36, e1947. <https://doi.org/10.22198/rys2024/36/1947>

*Autora para correspondencia. El Colegio de Tlaxcala, A. C. Av. Melchor Ocampo Núm. 28, San Pablo Apetatitlán, C. P. 90600. Tlaxcala, México. Correo electrónico: alondraarenasmunoz@gmail.com

**El Colegio de Tlaxcala, A. C. Av. Melchor Ocampo Núm. 28, San Pablo Apetatitlán, C. P. 90600. Tlaxcala, México. Correo electrónico: hcortezyacila@coltlax.edu.mx

Recibido: 27 de septiembre de 2024.

Aceptado: 16 de diciembre de 2024.

Liberado: 27 de diciembre de 2024.



Esta obra está protegida bajo una Licencia
Creative Commons Atribución-No Comercial
4.0 Internacional.

Introducción

Las pequeñas y medianas empresas (PYMES) han sido objeto de análisis debido a su relevancia en la creación de empleos y a su potencial contribución para que se funden concentraciones productivas. Las agrupaciones de este tipo podrían incidir en el desarrollo económico y social de las comunidades locales. Las PYMES suelen enfrentarse a limitaciones significativas, como las restricciones de capital y una infraestructura insuficiente o inadecuada para garantizar su desarrollo sostenible, especialmente en horizontes de mediano y largo plazos. La gran competencia que hay en los mercados locales y regionales plantea retos que requieren adoptar estándares crecientes de innovación para sostener o mejorar su posicionamiento en dichos mercados.

En el caso específico de las PYMES ubicadas en la región centro¹ de Tlaxcala, reconocida por ser una de las áreas más dinámicas del estado, esas condiciones parecen redundar en ciclos que limitan su capacidad para incrementar su potencial tecnológico y productivo. En ese contexto, es importante explorar enfoques que las fortalezcan ante los desafíos que enfrentan.

Saa (2021) desarrolló la investigación “Análisis de la industria 4.0 en Latinoamérica y países desarrollados”. Su objetivo general es analizar las estrategias de implementación de la industria 4.0 en países latinoamericanos, como Colombia, México, Chile y Brasil, así como en países desarrollados, como Alemania, Estados Unidos, China y Japón. León, Prieto y Montoya (2021) publicaron “La implementación de la industria 4.0 en las PYMES de Medellín”, cuyo objetivo es identificar la forma en que 23 PYMES, de diversos sectores económicos de la ciudad, incorporaron los principios de la industria 4.0, mediante el análisis de las estrategias que emplearon durante la adopción. Chacón, Cardillo y Uribe (2020) en “Industria 4.0 en América Latina: una ruta para su implementación”, proponen un esquema de apoyo para adoptar la industria 4.0. Los tres ejemplos promueven el desarrollo de herramientas y conocimientos específicos, a menudo mediante políticas públicas orientadas a mejorar la calidad de la sociedad y del crecimiento económico. En este sentido, una estrategia potencialmente relevante es integrar componentes tecnológicos asociados a la industrialización 4.0 (I4.0), que se perfilan como factores determinantes para enfrentar los retos que se derivan de la coexistencia de las PYMES y las empresas de mayor tamaño y capacidad en los mercados. Para adoptar estas tecnologías es necesario conocer con detalle las capacidades organizativas, financieras y de gestión tecnológica de las PYMES. También es necesario que, una vez adoptadas, las empresas las adapten a su contexto específico, parte de lo cual se presenta en este artículo.

El concepto de la I4.0 se dio a conocer en la Feria de Hannover de 2011 en Alemania. Se define como la revolución global que modifica el sistema econó-

1 Región conformada por los municipios Tetla de la Solidaridad, Santa Cruz Tlaxcala, Panotla, La Magdalena Tlaltelulco, Contla de Juan Cuamatzi, Santa Isabel Xiloxotla, Cuaxomulco, Apizaco, Apetatitlán de Antonio Carvajal, Yauhquemehcan, Tzompantepec, Xaltocan, San Lucas Tecopilco, Muñoz de Domingo Arenas, Xaloztoc, Amaxac de Guerrero, Tocatlán, San Damián Texoloc, San Francisco Tetlanohcan, Tlaxcala, Totolac y Chiautempan.

mico a través de las tecnologías novedosas. La I4.0 interconecta los procesos físicos y los digitales, lo que fomenta la mejora de todas las áreas de las empresas y la creación de productos de gama alta. Un ejemplo son las fábricas inteligentes y flexibles que hibridan métodos manuales y tecnológicos (Schwab, 2016). Tres revoluciones anteceden a la I4.0. La primera usó la máquina de vapor, en la segunda se utilizaron la electricidad, la electrónica y el trabajo en serie por medio de máquinas. La tercera se caracterizó porque automatizó los procesos mediante las computadoras y el internet (Sols, 2020). León et al. (2021) sugieren que la cuarta surge cuando hay una transformación digital en las empresas, por medio del uso de herramientas tecnológicas emergentes que ayudan a que los métodos operacionales sean novedosos, desde la fabricación hasta la distribución. El objetivo es dar mejor servicio al cliente, durante y después de la venta de algún bien o servicio. La I4.0 integra los *big data*, que almacenan gran cantidad de información significativa para los negocios, y el internet de las cosas, que ayuda a conectar varios dispositivos electrónicos para ver los aspectos de la empresa en cualquier lugar.

El propósito de este estudio es analizar las capacidades actuales de las PYMES en la región centro de Tlaxcala, para determinar si hay viabilidad para poner en marcha las tecnologías de la I4.0. También se busca identificar los elementos que podrían obstaculizar el desarrollo de tales capacidades para lograr un mejor tratamiento y alcanzar la integración tecnológica más efectiva.

Referentes teóricos y conceptuales

Desde su origen, las PYMES han estado buscando elementos que las ayuden a soportar las presiones del entorno y han intentado consolidarse en el mercado; o, por el contrario, han decidido cambiar de ubicación o de sector, integrarse a la gran empresa o desaparecer (Cortez, 2009). La innovación en las empresas se ha transformado en una herramienta crucial que garantiza la permanencia en los mercados y da a las empresas la oportunidad de crecer (Confederación Española de Organizaciones Empresariales [CEOE], 2018). Hoy en día, la originalidad es un elemento central en los mercados. Debido a que la mayoría de esas empresas tienen un alcance local, garantizar su crecimiento y su durabilidad en los mercados es importante para la organización y el desarrollo de la comunidad local, en tanto coadyuvan a consolidar la economía de la región donde se ubican.

Mantulak, Hernández y Michalus (2016) han documentado que las PYMES de América Latina requieren incorporar elementos innovadores y tecnológicos para afrontar la competencia que hay en los mercados. Gran parte de ellas experimentan limitantes que no permiten el acceso a herramientas tecnológicas ni a los instrumentos que ayuden a incrementar su crecimiento. Es indispensable que las PYMES contribuyan para que se reproduzcan la formación de personal en habilidades tecnológicas, la implementación de herramientas tecnológicas adecuadas al sector empresarial y los convenios con instituciones en pro de la

innovación, tanto tecnológica como de los procesos internos, con el fin de mejorar la cadena de valor, la eficiencia productiva y la de gestión administrativa.

Una posibilidad para que las PYMES se renueven tecnológicamente es la cuarta revolución industrial. Este concepto puede contribuir a su automatización y a mejorar su eficiencia operativa y comercial. Según Álvarez, Martínez y García (2020), estas empresas tienen ciertas debilidades que les impide insertar las herramientas tecnológicas de la I4.0 a sus procesos internos y de comercialización. Entre las debilidades están la infraestructura inadecuada, recursos económicos insuficientes, la escasez de mano de obra especializada y poca visión para la digitalización de los procesos empresariales. Los autores plantean que, para superar esos obstáculos, es necesario tener personal especializado en esa área, ser parte de redes de colaboración con otras empresas que ya utilicen esas herramientas y actuar para alcanzar una transformación digital adecuada.

Sobre el último aspecto, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2017), señala que las PYMES latinoamericanas deben analizar sus procesos internos para asimilar más fácilmente la cuarta revolución industrial o I4.0. Indica que la manera más conveniente para competir con las estructuras empresariales es obteniendo habilidades y capacidades que las ayuden a dinamizarse. En esta línea de propuestas, Chacón, Cardillo y Uribe (2020) apuntan que, para incorporar las herramientas tecnológicas de la I4.0 en las PYMES, es necesario contemplar la capacitación del personal, ya que, de no ser así, se puede provocar el mal manejo de las mismas, un crecimiento empresarial bajo e incluso perder parte de la inversión en esa tecnología. Agregan que, aparte de la tecnología de la I4.0, también hay que conocer la capacidad que tienen las PYMES para manejar y adaptar esa tecnología.

Las condiciones desfavorables de innovación en las que se encuentran las PYMES en América Latina también se presentan en México. Buenrostro (2022, p. 2) da a conocer que las PYMES mexicanas poseen un nivel tecnológico bajo, a diferencia de otros países similares a México, lo que conduce a que se dificulte incorporar la I4.0 al proceso de innovación. Para adoptar esta tecnología se necesita desarrollar estrategias relacionadas con esa temática. También es preciso identificar las características físicas, organizativas y administrativas de la empresa para implementar la I4.0 en cada uno de sus departamentos. Con base en ellas es posible advertir las dificultades para poner en marcha la I4.0 en México. Álvarez, Gallegos y Márquez (2022) establecen entre los problemas que afrontan las PYMES que a) el sistema económico brinda más financiamiento a las grandes empresas; b) por lo general, su infraestructura aún es austera para su operación; c) todavía es bajo el grado en el que se adoptan equipos tecnológicos; d) no tienen sistemas específicos para mejorar la planeación empresarial; e) luchan contra las complicaciones del comercio informal; f) a escala global hay malas prácticas de comercialización y g) los pequeños y medianos empresarios mexicanos tienen una baja cultura empresarial, a diferencia de las grandes compañías.

Las innovaciones comprenden una amplia gama de posibilidades de localización en la industria, lo cual ofrece un buen margen para incorporarlas en las PYMES. El *Manual de Oslo* (Organización para la Cooperación y el Desarrollo

Económico [OECD] y Oficina Europea de Estadística [EUROSTAT], 2005), plantea que la introducción de novedades va más allá de la creación o de la mejora de un bien o un servicio. Puede llevarse a cabo en los procesos, en un método de la empresa, o en la relación con los clientes.

En el documento se expone que hay cuatro tipos de innovación que influyen en los cambios de las operaciones empresariales: 1) de artículos, 2) de procesos, 3) organizacionales y 4) de marketing. La innovación en los artículos implica incorporar nuevos productos, ya sea porque han tenido alguna mejora o porque se les da un uso diferente al convencional. Suelen ser bienes o servicios que se consideran creativos, característica que los transforma en originales ante la sociedad. Por otro lado, las innovaciones de procesos por lo común se relacionan con nuevos métodos en cualquier área de la empresa, que van desde la fabricación hasta la comercialización del producto. Las organizativas se centran, como su nombre lo dice, en las técnicas para mejorar la organización interna de la empresa en las diversas labores que se realizan. Por último, están las de mercadotecnia, que modifican el diseño del producto terminado listo para su venta, así como la publicidad o la venta directa, si es que ya se cuenta con comercio electrónico por medio de una aplicación o software específico (OECD y EUROSTAT, 2005). Cualquiera de estas novedades produce una ventaja competitiva sobre otras empresas. Quien las aplica tiene el objetivo de posicionar su marca y aumentar su cartera de clientes. Situaciones que repercuten de forma favorable en el aumento de las utilidades.

La Oficina Asesora de Planeación y Estudios Sectoriales (2019) apunta que las PYMES no tienen acceso a la totalidad de las herramientas que ofrece la I4.0, pero que podrían utilizar algunas para revolucionarse y prosperar en las relaciones con sus clientes y proveedores. Dan a conocer nueve herramientas tecnológicas de la I4.0: *a)* el internet industrial de las cosas, *b)* el análisis de los big data, *c)* la computación en la nube, *d)* la simulación, *e)* la realidad aumentada, *f)* los robots autónomos, *g)* la manufactura aditiva, *h)* la seguridad cibernética o ciberseguridad, y *i)* la integración horizontal y vertical.²

Cuando inició, el término I4.0 hacía referencia al sector manufacturero, pero con el paso del tiempo se ha reconocido que integra más que la producción de bienes. La I4.0 puede adaptarse a cualquier sector empresarial y tiende a revolucionar toda la operatividad de la empresa, a modo de conseguir mayor productividad y eficiencia en los productos y servicios para satisfacer de forma sobresaliente al consumidor final (Deloitte, 2017). Los empresarios de las PYMES están conscientes de todos los beneficios que pueden adquirir al usar la I4.0, puesto que utilizarla brinda consolidación en el mercado actual, donde surgen tecnologías emergentes (Silva y Estrada, 2019). El conocimiento y el manejo de

2 El internet industrial de las cosas conecta los dispositivos empresariales, mientras que el análisis de big data utiliza técnicas avanzadas para procesar información. La computación en la nube facilita el acceso a los datos desde distintos dispositivos. La simulación optimiza el diseño y la gestión antes de implementar operaciones, y la realidad aumentada permite interactuar en entornos virtuales. Los robots autónomos colaboran de forma segura con los humanos, y la manufactura aditiva crea lotes de producción personalizados. La ciberseguridad protege los datos almacenados, y la integración horizontal y vertical conecta departamentos y funciones para optimizar redes de datos empresariales (Oficina Asesora de Planeación y Estudios Sectoriales, 2019).

las capacidades tecnológicas también son factores fundamentales para integrarse adecuadamente a la cuarta revolución industrial.

Valdés-Hernández, Ching-Wesam y Figueroa-Villanueva (2022) señalan que es esencial integrar las tecnologías a la operatividad de la empresa, ya que la compañía debe transformarse de manera conjunta con los avances tecnológicos. El capital humano tendrá que ir a la par con los trabajos que demanden ese tipo de tecnología, que son, hasta cierto punto, más complejas. Por esa razón debe haber especialistas que las incorporen de forma óptima y que tengan habilidades y capacidades para ello. Esa situación promueve que surjan nuevas profesiones relacionadas con la I4.0, y que no solo busquen implementarla en las empresas, sino que puedan también aplicarlas al campo de la medicina, de la educación, de la banca o del transporte, entre otros (Silva y Estrada, 2019).

En este contexto y mediante aspectos específicos, tales como la personalización de los productos y con un diseño innovador, se busca más originalidad en los productos, que haya interconectividad entre los procesos y el uso de materiales de alta calidad para que los resultados sean mejores. Utilizar el big data proporciona el beneficio de tener a la mano una gran cantidad de información sobre la empresa y de las preferencias del mercado, impulsa la renovación de los productos y de los servicios para perfeccionar la imagen final, ayuda a identificar con claridad las necesidades del mercado para desarrollar productos y servicios que cubran tal demanda y, por último, ayuda a cumplir con la pretensión de que la experiencia del consumidor a lo largo del proceso de la compra sea más sofisticada (Pico, 2021).

Se prevé que las PYMES se atreverán a transformarse tecnológicamente para lograr su consolidación en los mercados y fomentar el crecimiento económico del lugar en el que se ubican y no solo buscar su sobrevivencia. La I4.0 tiene tal adaptabilidad que es una alternativa para incrementar el rendimiento y la competitividad regional.

Por otro lado, cuando se contempla la I4.0 con el enfoque de los modelos territoriales de innovación (MTI) se hace referencia a los sistemas productivos localizados y a los nuevos espacios industriales, los cuales son parte de los MTI, necesarios para explicar las condiciones y las capacidades que deben tener las PYMES en su afán de incorporar la I4.0, porque explican las innovaciones en el contexto local.

Las economías de aglomeración, el desarrollo local-endógeno y los sistemas de innovación justifican los MTI. Su característica principal es que dan prioridad al entendimiento de la innovación territorial mediante la innovación tecnológica y la cultura empresarial, con el fin de impulsar el mercado capitalista. Los MTI son estratégicos en la dinámica de una comunidad con la institución local que se encarga de regular dicha área geográfica, sin perder de vista la parte económica. Según Moulaert y Sekia (2003), hay siete conceptos relacionados con los MTI: 1) los medios innovadores, 2) los distritos industriales, 3) los sistemas productivos localizados, 4) los nuevos espacios industriales, 5) los clústeres de innovación, 6) los sistemas regionales de innovación y 7) la región de aprendizaje. En el marco del desarrollo tecnológico existente en el entorno, todos ellos vinculan la innovación en las empresas con su nivel de difusión o reproducción.

Es así como se reafirma que la incorporación de la tecnología I4.0 a las PYMES no puede analizarse de manera aislada, sino que debe considerarse el contexto territorial donde operan. Se propone entonces el uso de los MTI como el marco conceptual para proporcionar un escenario conceptual útil para comprender la incidencia que tienen las dinámicas locales y regionales sobre la capacidad de las empresas para innovar y adaptarse a las demandas del entorno.

En relación con los sistemas productivos localizados (SPL), Iglesias y Ramírez (2008) dan a conocer que tienen la finalidad de apoyar y buscar la consolidación de las PYMES para competir con las grandes empresas y para impulsar en materia económica y social el entorno donde están establecidas. Desde este punto de vista, las PYMES desempeñan un papel importante para crear esos SPL, ya que los determinan la ubicación y las características de las empresas para mejorar la producción. Los SPL tienen el fin de buscar la expansión de las empresas en el mercado y eficientizar sus procesos sin perder de vista la prosperidad del desarrollo local y endógeno del territorio.

Los SPL, como su nombre lo indica, están ubicados en un determinado lugar y tienden a utilizar los recursos con los que se cuenta para impulsar el desarrollo. Entonces, la tecnología adquiere gran importancia para incrementar la productividad y beneficiar a la población de una determinada región. En este contexto, la I4.0 se considera un sistema de producción tecnológicamente eficiente para auxiliar a los sistemas tradicionales a crear competitividad regional. Por ello se propone que las PYMES la utilicen porque fomenta el crecimiento de la economía local.

Latorre (2013) señala que los nuevos espacios industriales (NEI) tienen la característica fundamental de producir una buena dinámica industrial y de innovar su estructura empresarial debido al uso de las tecnologías emergentes. Los NEI poseen infraestructura de último nivel, servicios especializados y se mantienen cerca de los recursos financieros, lo que propicia que tengan mano de obra calificada. Esto es atractivo para los negocios, lo que resulta en economías de escala cuando se agrupan ciertas empresas en una determinada zona con el fin de reducir sus gastos de operación y de avivar el intercambio comercial entre ellas y la población.

Se sabe que la I4.0 se vincula al surgimiento de nuevas prácticas de producción especializada que singularizan la región en la cual se llevan a cabo (Ynzunza-Cortés, Izar-Landeta, Bocarando-Chacón, Aguilar-Pereyra y Larios-Orsorio, 2017). En la teoría de los NEI, para incorporar de forma adecuada una innovación tecnológica, es necesario que el entorno empresarial tenga un sistema estructurado de oportunidades —condiciones financieras, de gestión, de manejo administrativo y de apoyo tecnológico— sobre las cuales se basa la propuesta empírica que aquí se presenta.

Otra perspectiva relevante que explica la relación entre la I4.0 y las PYMES es la teoría de la innovación. Según Schumpeter (1944), la competencia constante entre empresas impulsa sus procesos de innovación, los cuales son clave para que evolucionen y permanezcan en el mercado. Los procesos tienen mayor efecto cuando el liderazgo de las organizaciones es sólido para fomentar la innovación continua.

La innovación se define como la introducción de nuevos procesos o productos diseñados para adquirir una ventaja competitiva frente a otras empresas. Este fenómeno no solo modifica las preferencias de los consumidores, sino que también acrecienta las ganancias de las organizaciones, obligando a las demás a adaptarse o a enfrentar el riesgo de quedar rezagadas.

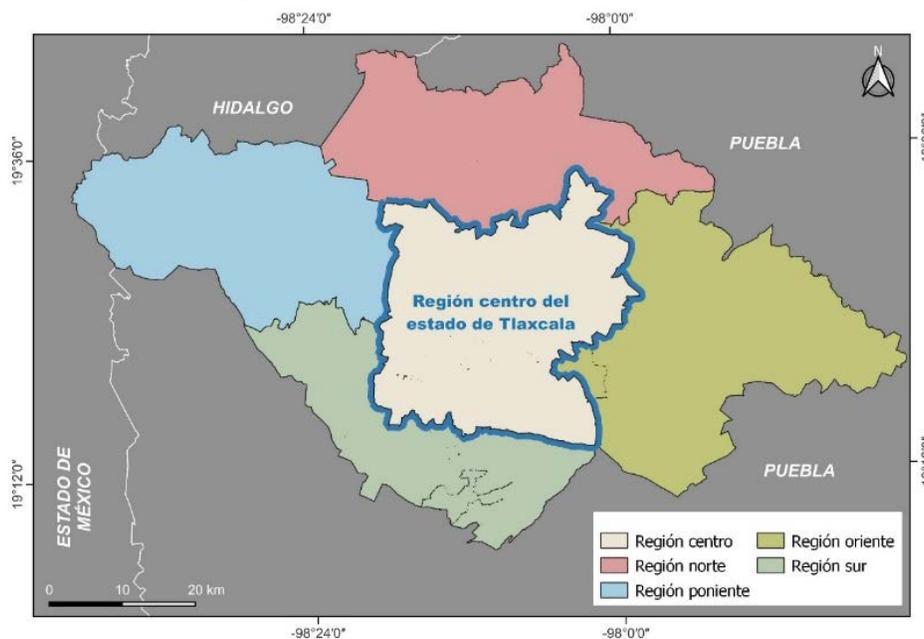
La innovación puede entenderse también como el proceso mediante el cual se incorpora al mercado un nuevo producto o servicio que sustituya los bienes o servicios que han dejado de satisfacer adecuadamente las necesidades sociales. Este dinamismo provoca la competencia intensa entre las empresas, ya que el éxito de un producto novedoso suele ser incentivo para otras a imitarlo o mejorarlo, a diferenciarse y aumentar sus beneficios. Sin embargo, las empresas que no logran adaptarse a los cambios enfrentan un mayor riesgo de desaparecer, lo que da lugar a un ciclo recurrente al que Schumpeter denominó “destrucción creativa” (citado en Suárez, Erbes y Barletta, 2020, p. 11), concepto central para comprender la dinámica del progreso económico y la renovación constante de los mercados.

En la región centro de Tlaxcala, las PYMES enfrentan la resistencia al cambio, falta de inversión en equipos tecnológicos y carencia de capacitación del personal, retos que se observan a escala nacional. No obstante, se ubica en una de las zonas más vigorosas del estado y que ofrece oportunidades significativas para aprovechar los beneficios de la I4.0. La colaboración con instituciones locales, la participación en clústeres regionales y la implementación gradual de las tecnologías emergentes son estrategias clave para intensificar la competitividad y coadyuvar al desarrollo económico regional. El marco teórico que aquí se presenta contextualiza los desafíos y las oportunidades que tienen las PYMES en la región de estudio. Se destaca que hay necesidad de considerar que la innovación tecnológica es una estrategia integral que debe dar atención tanto a las capacidades internas de las empresas como a las dinámicas del entorno territorial.

Localización de la región centro de Tlaxcala

De acuerdo con el Plan Estatal de Desarrollo de Tlaxcala (2022), en la región centro de Tlaxcala se localiza una gran cantidad de empresas, las que se examinan en esta investigación. La región está integrada por 22 municipios (véase figura 1). Ahí se localizan tres de los municipios con la mayor concentración de PYMES y población considerable. El municipio de Apizaco alberga 32% de las PYMES y tiene una población de 80 725 habitantes; Tlaxcala contiene 28% de estas empresas y habitan 99 896 personas y Chiautempan posee el 14% de estas unidades económicas y tiene 73 215 habitantes (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2020 y 2023).

Figura 1. Región centro de Tlaxcala



Fuente: elaboración propia con base en el Plan Estatal de Desarrollo de Tlaxcala (2022).

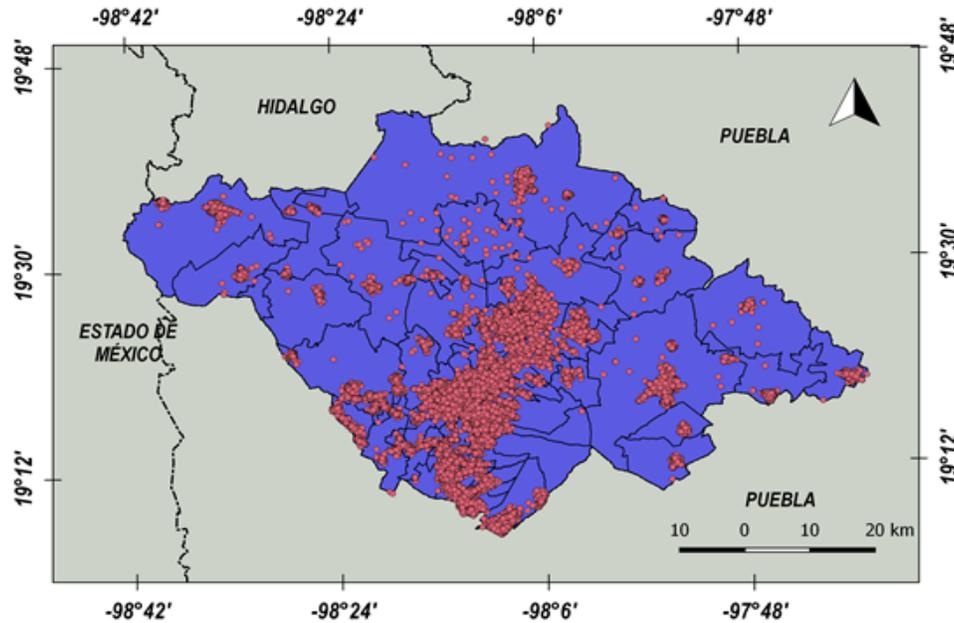
En Tlaxcala hay 1 897 PYMES, lo que representa 3.42% de las empresas registradas en la entidad. La mayoría corresponde a microempresas (96.3%), las grandes constituyen 0.28%. Dada la gran concentración de PYMES en la región centro del estado, que alberga 42% de las unidades económicas, se consideró pertinente centrar la investigación en esta área geográfica (véanse tabla 1 y figura 2). En cuanto a la distribución de las PYMES por sector económico, 37% se dedican al comercio, 34% a las actividades industriales y 29% al sector de los servicios. Las pequeñas empresas constituyen el 85%, y 15% las medianas, según los datos del INEGI (2023).

Tabla 1. Número de las PYMES en Tlaxcala

Región	Total de PYMES	Representación porcentual
Norte (Tlaxco)	98	5
Poniente (Calpulalpan)	180	9
Oriente (Huamantla)	304	16
Centro (Tlaxcala)	794	42
Sur (Zacatelco)	521	28
Total estatal	1 897	100

Fuente: elaboración propia con datos del INEGI (2023).

Figura 2. Concentración de las PYMES en Tlaxcala



Fuente: elaboración propia con datos del INEGI (2023).

La región centro de Tlaxcala concentra el mayor número de municipios, lo que define su densidad poblacional y empresarial significativa. A su vez, esta situación se traduce en el alto porcentaje de la población económicamente activa (PEA). Su ubicación estratégica y su conexión con el resto del estado facilitan el acceso a municipios tanto dentro como fuera de la región, además de que esa situación fortalece su vínculo con los estados vecinos, como Puebla, Hidalgo y el Estado de México (Plan Estatal de Desarrollo de Tlaxcala, 2022).

Antecedentes estatales de innovación tecnológica

Según el Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT, 2020), 78.4% de las pequeñas empresas tlaxcaltecas usan la computadora y 74.4% internet. De las que usan internet, 79.1% lo hacen para obtener información sobre productos, 78.7% para llevar a cabo la administración de los negocios, 77.5% para operaciones bancarias y 62.3% para trámites gubernamentales. Según los datos del INEGI (2019), 88% de las pequeñas empresas usan internet para sus sistemas contables.

Por otro lado, 93.2% de las empresas medianas han empleado una computadora y 91.2% internet. Del porcentaje de empresas que han usado internet, 72.2 lo utilizó para realizar trámites o gestiones gubernamentales; 81 en operaciones bancarias o financieras, para obtener información sobre productos y para desarrollar la gestión del negocio (IFT, 2020). De las empresas medianas, 97.1% utilizan los sistemas contables virtuales (INEGI, 2019).

La información anterior no está disponible por municipio. Esto plantea la necesidad de captar los datos primarios sobre las capacidades organizativas, financieras y de manejo tecnológico para promover la puesta en marcha de la I4.0 en sus procesos.

Método

Para recolectar la información primaria de las PYMES sobre sus capacidades organizativas, financieras y de gestión tecnológica para incorporar la I4.0, se determinó una muestra representativa de ellas a partir del total que hay en la región de estudio. Para clasificar las pequeñas y las medianas, se utilizó la estratificación difundida en el *Diario Oficial de la Federación* el 30 de junio de 2009, donde se toma en cuenta al número de trabajadores para su estimación.³

La población se conformó por todas las PYMES de la región central, con 794 empresas en 2023, de acuerdo con el *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas* (INEGI, 2023). En la definición de la muestra se aplicaron criterios de un muestreo aleatorio simple para una población finita, contemplando un valor de confianza del 95%, con un error máximo del 5%, y las proporciones deseadas se valoraron en un 50%. Se determinó con base en la siguiente expresión:

Ecuación estadística para proporciones poblacionales

$$n = \frac{Z^2(p * q)}{e^2 + \frac{(Z^2(p * q))}{N}}$$

Donde:

N = dimensión de la población: 794

Z = valor de Z del grado de confianza esperado: 1.96

e = nivel de error permitido: 0.05

p = proporción de la población con el éxito deseado: 0.5

q = proporción de la población con el fracaso aceptado: 0.5

n = tamaño de la muestra.

$$n = \frac{1.96^2(0.5 * 0.5)}{0.05^2 + \frac{(1.96^2(0.5 * 0.5))}{794}} = 260$$

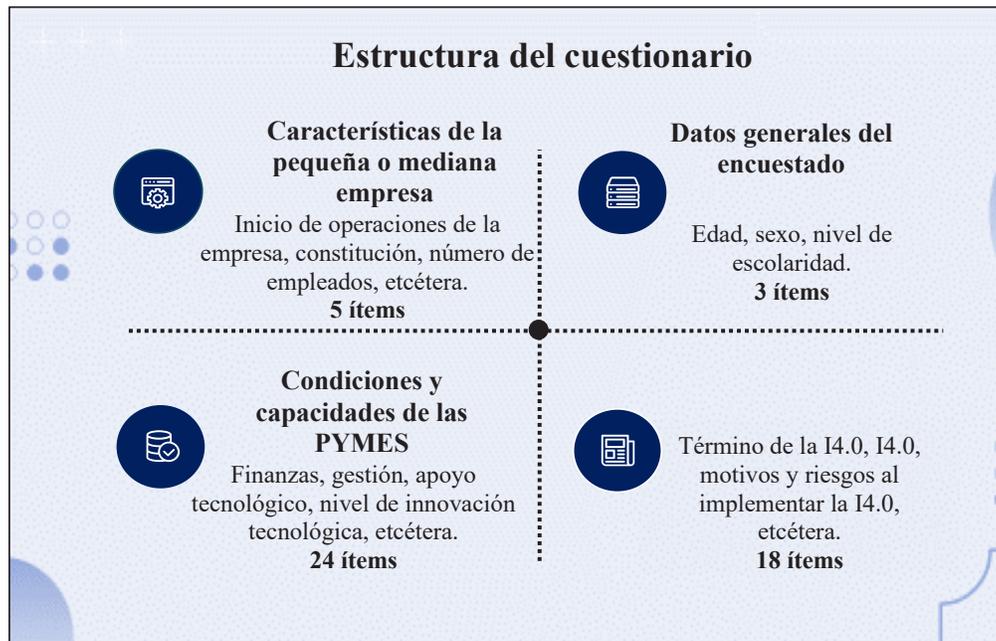
Al reemplazar los valores se obtiene un tamaño de muestra $n = 260$.

El instrumento aplicado a las PYMES para tener certeza sobre las capacidades organizativas, financieras y de gestión tecnológica para implementar la I4.0 es un cuestionario semiestructurado con 50 ítems y cuatro apartados: 1) carac-

3 Para las pequeñas unidades económicas en el sector comercial se consideran de 11 a 30 empleados. En el caso del sector industrial y de servicios se consideran de 11 a 50. En las medianas empresas en el sector comercial, de 31 a 100; en el ámbito de los servicios, de 51 a 100 y en el área industrial, de 51 a 250 empleados.

terísticas de la pequeña o mediana empresa; 2) datos generales de la persona quien contesta el cuestionario; 3) condiciones y capacidades de las PYMES y 4) el estado tecnológico actual (véase figura 3).

Figura 3. Componentes del cuestionario



Fuente: elaboración propia, 2023.

Aunque el tamaño de la muestra se estimó en 260 PYMES, se lograron recopilar 270 cuestionarios, debido al muestreo piloto realizado previamente en la misma región. El levantamiento de la información se llevó a cabo del 2 de enero al 29 de abril de 2024, y los dueños o los administradores de las empresas contestaron los formularios. Se aplicaron de manera proporcional a la concentración de las PYMES en cada municipio, tal como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Proporción de la muestra en los municipios que conforman a la región centro de Tlaxcala

Municipio	Muestra			
	Servicios	Comercial	Industrial	Total
Tetla de la Solidaridad	2	3	11	16
Santa Cruz Tlaxcala	1	1	1	3
Panotla	1	0	0	1
La Magdalena Tlaltelulco	1	3	1	5
Contla de Juan Cuamatzi	0	1	7	8
Santa Isabel Xiloxotla	0	1	4	5
Cuaxomulco	0	1	0	1
Apizaco	35	35	12	82
Apetatitlán de Antonio Carvajal	2	2	4	8
Yauhquemehcan	3	6	3	12
Tzompantepec	1	1	1	3
Xaltocan	0	0	1	1
San Lucas Tecopilco	1	0	0	1
Muñoz de Domingo Arenas	0	0	0	0
Xaloztoc	2	2	4	8
Amamax de Guerrero	0	0	2	2
Tocatlán	0	1	0	1
San Damián Texoloc	0	0	0	0
San Francisco Tetlanohcan	0	0	1	1
Tlaxcala	36	17	14	67
Totolac	1	1	0	2
Chiautempan	10	19	14	43
Total	93	91	76	270

Fuente: elaboración propia, 2023.

Los resultados se presentan en tres secciones: 1) análisis de confiabilidad del total de variables y los cuestionarios recopilados; 2) panorama general de las PYMES y sus condiciones de innovación; 3) uso de la I4.0 por sector económico, así como los retos y las oportunidades a los que se enfrentan.

Resultados

Los resultados que se presentan en esta sección reflejan las posibilidades organizativas, financieras y de gestión tecnológica que poseen las PYMES de la región centro de Tlaxcala para incorporar las tecnologías de la I4.0 en sus procesos. Además, se examinan tanto el uso de los elementos que la conforman como los factores que obstaculizan y motivan la puesta en marcha.

De las PYMES encuestadas, 90% correspondió a pequeñas empresas y 10% a medianas empresas. De las empresas, 69% pertenece al sector comercio, 5% al sector industrial y 26% al sector servicios, lo que destaca la preeminencia del comercio en la dinámica económica de la región.

Para evaluar la confiabilidad de los resultados se utilizó el coeficiente alfa de Cronbach, calculado a partir de 270 cuestionarios y 79 elementos de análisis. La interpretación del coeficiente se hizo con base en la clasificación propuesta por Castañeda, Cabrera, Navarro y Vries (2010): cuatro rangos para la interpretación del análisis de confiabilidad. Un rango menor a 0.10 significa que hay nula confiabilidad; valores entre 0.10 y 0.49 corresponden a una confiabilidad baja; de 0.50 a 0.69 equivalen a la confiabilidad moderada y el resultado mayor a 0.70 significa que el instrumento es muy confiable. En este estudio, el coeficiente alcanzó un valor de 0.904, lo que indica una gran confiabilidad y significancia estadística en los resultados del instrumento que se aplicó. De esta forma se refuerza la validez de las conclusiones derivadas del análisis en el contexto de la región (véase tabla 3).

Tabla 3. Análisis de confiabilidad de los resultados de la muestra

Casos válidos	Casos excluidos	Total de casos	Alfa de Cronbach basada en los elementos tipificados	Número de elementos
270	0	270	0.904	79

Fuente: elaboración propia con base en el trabajo de campo y en el software SPSS, 2024.

Al respecto de la confiabilidad en la información de los distintos rubros que se trabajaron, todos son de confiabilidad moderada a confiabilidad alta. Sobresalen los resultados de la variable *gestión* con un alfa de Cronbach de 0.921 (véase tabla 4).

Tabla 4. Estadísticos descriptivos de las variables que se utilizaron en el cuestionario

Variable	Número de ítems	Media	Desviación estándar	Alfa de Cronbach
Finanzas	10	3.29	1.481	0.752
Gestión	8	3.66	1.434	0.921
Apoyo tecnológico	4	3.34	1.476	0.697
Industria 4.0	10	2.89	1.488	0.920

Fuente: elaboración propia con base en el trabajo de campo y en el software SPSS, 2024.

Desde el punto de vista de la viabilidad organizativa, las PYMES de la región central de Tlaxcala destacan porque buscan la implementación tecnológica como estrategia clave para incrementar sus utilidades y garantizar su crecimiento. De los encuestados, 51% afirmó que reinvierte parte de las ganancias en el desarrollo de la empresa, 50% prioriza el incremento de la productividad, y 49% señaló la importancia de tener recursos disponibles para las operaciones diarias. En menor medida, los encuestados valoraron aspectos como el rendimiento de los trabajadores (38%) y la atracción de nuevos clientes (38%).

En cuanto a las posibilidades financieras para adquirir tecnología, las PYMES identificaron factores que influyen en el control económico del negocio y la pertinencia de invertir en tecnología. Destacó la necesidad de obtener mejores precios de los proveedores 53%, 49% mencionó conocer los recursos financieros disponibles y el valor de los bienes empresariales. Otros elementos relevantes fueron el costo del inventario (46%), los gastos mensuales (46%) y la reducción de gastos en todas las áreas de la empresa (41%).

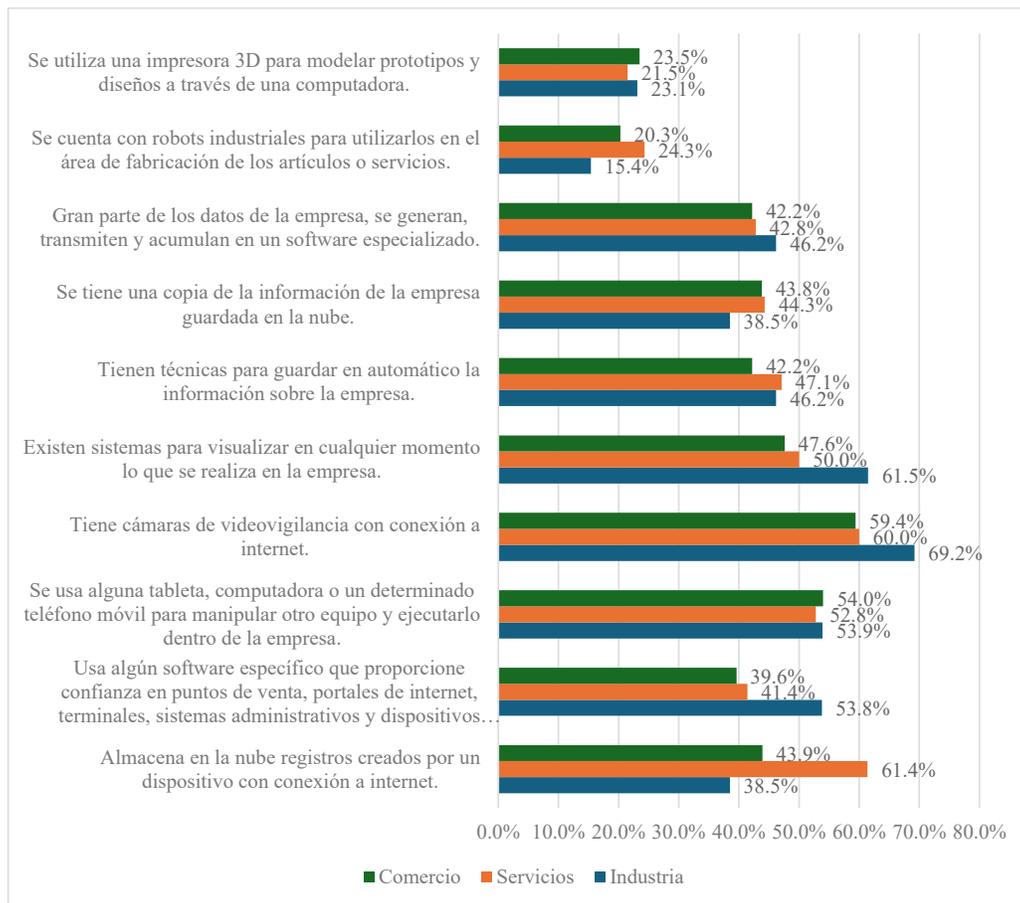
En relación con la gestión tecnológica, las PYMES muestran diversos niveles de compromiso para adoptar la I4.0. Señaló que siempre busca obtener ventajas competitivas para diferenciarse en el mercado 45%; 34% destina recursos económicos, tecnológicos y de capacitación para este fin. Más del 30% capacita constantemente a su personal en el uso de herramientas tecnológicas, y 20% ha recibido financiamiento de proveedores para adquirir soluciones tecnológicas.

En términos de innovación tecnológica, 12% de los empresarios considera que sus empresas tienen un nivel insuficiente, 38% lo califica de regular, 34% de bueno, 11% de muy bueno y 5% de excelente. En específico, en relación con la I4.0, 71% de los empresarios indicó estar en condiciones de incorporar algunos de sus elementos, 17% afirmó que tal vez lo haría, y 12% descartó esa posibilidad.

Por sector económico, las herramientas tecnológicas más utilizadas reflejan un interés común de operar de manera remota. En el sector comercio, 59.4% emplea cámaras de seguridad con conexión a internet y 54% utiliza dispositivos electrónicos para manipular equipos dentro de la empresa. En el sector de los servicios, 61.4% almacena registros en la nube y 60% cuenta con cámaras de video vigilancia conectadas a internet. Por su parte, el sector industrial da prioridad al uso de cámaras de seguridad (69.2%) y de sistemas de monitoreo

remoto de las operaciones (61.5%). Estas herramientas se destacan por la capacidad de mantener a los empresarios al tanto de las actividades de la empresa sin necesidad de estar físicamente presentes (véase figura 4). El panorama evidencia que las PYMES de la región central de Tlaxcala avanzan hacia la incorporación de elementos tecnológicos, enfocados en soluciones que mejoren su competitividad, su eficiencia y su capacidad de respuesta ante los desafíos del entorno actual.

Figura 4. Los componentes de la I4.0 que usan las PYMES, por sector económico

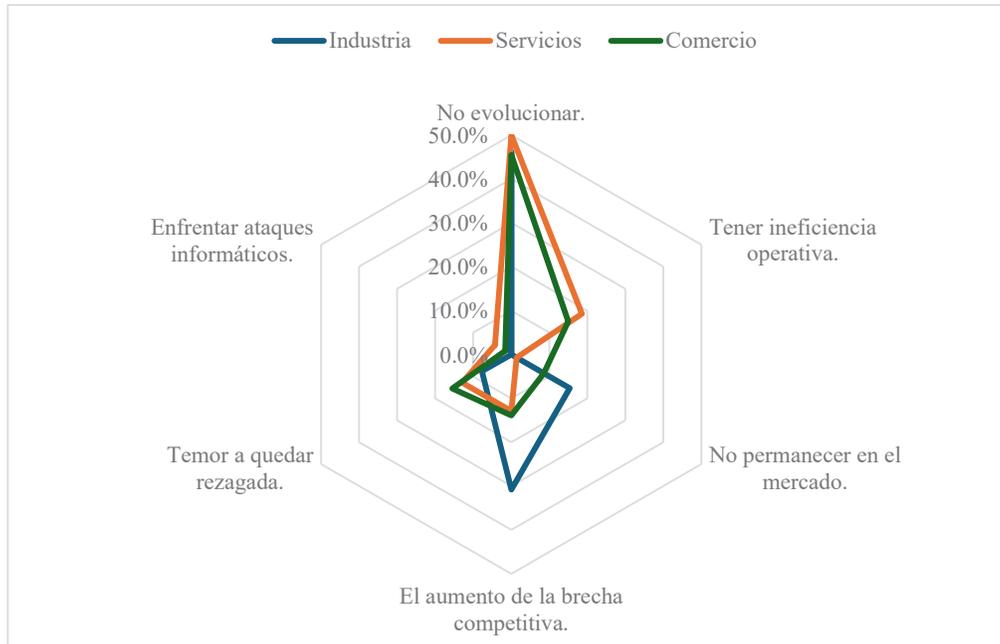


Fuente: elaboración propia con base en el trabajo de campo y en el software SPSS, 2024.

Los principales riesgos que enfrentarán los empresarios que no implementen las herramientas de la I4.0 se presentan en la figura 5. Los tres sectores económicos concuerdan que el principal riesgo que corren es no evolucionar. En el sector industrial afirman que enfrentarían un aumento de la competitividad 30.8%, y que podrían desaparecer del mercado 15.4%. En el sector de los servicios 18.6% tiene una eficiencia operativa baja y ha aumentado la brecha

competitiva para 12.9%, al igual que en el sector industrial. El 15.5% del sector comercial tiene el temor de quedar rezagado y el 15% de que su operatividad sea ineficiente. Por otra parte, los tres sectores descartan enfrentar algún ataque informático.

Figura 5. Riesgos que enfrentarían las PYMES si no implementan el uso de las herramientas de la I4.0, por sector económico

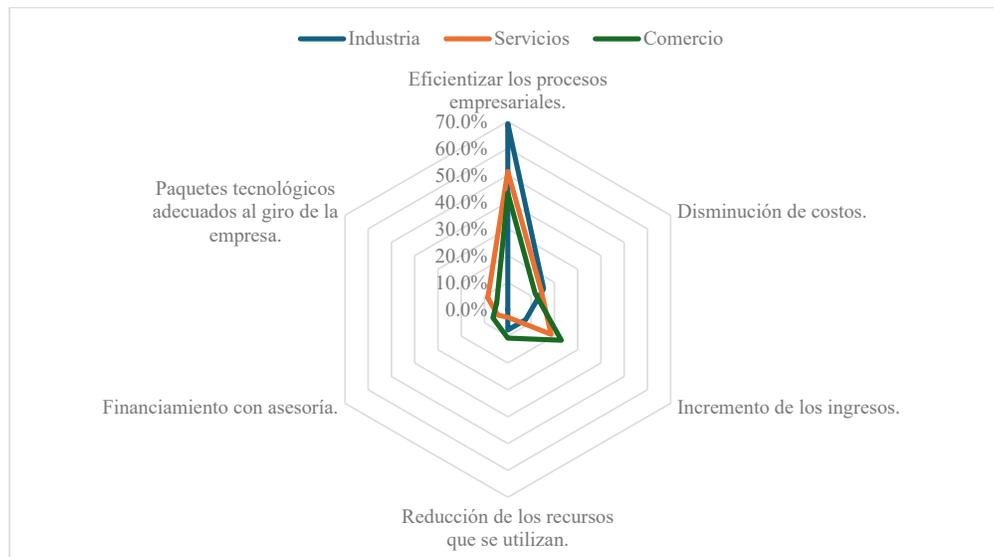


Fuente: elaboración propia con base en el trabajo de campo y en el software SPSS, 2024.

Los motivos que impulsan a las PYMES de la región central de Tlaxcala a adquirir herramientas tecnológicas vinculadas a la I4.0 reflejan prioridades específicas según el sector económico, tal como se observa en la figura 6. En general, los tres sectores coinciden en que la principal razón para adoptar las innovaciones tecnológicas es mejorar la eficiencia y la rapidez en sus procesos empresariales, lo que responde a la necesidad de optimizar las operaciones en un entorno extremadamente competitivo. En el sector industrial, la segunda motivación más importante es la reducción de costos, lo que evidencia una tendencia a la sostenibilidad financiera y operativa mediante el aprovechamiento de tecnologías para racionalizar recursos y minimizar gastos. Por otro lado, los sectores de servicios y de comercio tienen un objetivo diferente: incrementar sus ingresos. En este sentido, 18.6% de las empresas de servicios y 23% de las comerciales consideran que adquirir tecnología es una estrategia fundamental para potenciar su rentabilidad y aprovechar las nuevas oportunidades que hay en el mercado.

Los resultados sobre las prioridades que tienen las empresas para adoptar tecnologías de la I4.0 varían en función de las dinámicas de cada sector económico, pero tienen un objetivo compartido: fortalecer la competitividad y la capacidad de respuesta ante los retos del entorno empresarial de la región.

Figura 6. Motivos que tienen las PYMES para adquirir algunas herramientas de la I4.0, por sector económico



Fuente: elaboración propia con base en el trabajo de campo y en el software SPSS, 2024.

Discusión

La incorporación de la I4.0 a las PYMES de la región central de Tlaxcala se enfrenta a la compleja interacción entre las oportunidades y los desafíos. Se identificaron entre los factores más recurrentes, la especialización del personal, el acceso al financiamiento y la gestión empresarial; el último es un elemento de gran importancia. Aunque 71% de las PYMES encuestadas expresó su intención de adoptar estas tecnologías, la puesta en marcha efectiva en el corto plazo se ve obstaculizada por limitaciones económicas y organizativas significativas. Uno de los impedimentos principales es la inversión insuficiente para capacitar al capital humano. Solo 30% de ellas destina recursos a esa área, lo que limita el desarrollo de las habilidades técnicas que se requieren para integrar herramientas avanzadas, como el internet de las cosas (IoT) y la ciberseguridad. La falta de personal capacitado reduce la posibilidad de que las empresas aprovechen plenamente las tecnologías. Dar prioridad a otras áreas de gestión empresarial significa subestimar la formación continua para la digitalización y la automatización.

En el ámbito económico, el control de los recursos internos, reportado por 49% de los encuestados, no compensa la capacidad limitada que tienen para el acceso al financiamiento externo, lo que restringe adquirir herramientas tecnológicas y la sostenibilidad operativa a largo plazo. Además, las PYMES sufren la presión competitiva de las empresas más grandes que ya han integrado tecnologías avanzadas, y de esta forma se acentúan las desigualdades en el entorno empresarial.

En términos de la adopción tecnológica, las PYMES han comenzado a incorporar herramientas básicas de la I4.0, como las cámaras de seguridad conectadas a internet (69.2% en el sector industrial) y el almacenamiento en la nube (61.4% en el sector de los servicios). Sin embargo, estas tecnologías están orientadas a la eficiencia operativa básica y no a la transformación estratégica profunda. Tecnologías más avanzadas, como el big data o la simulación de procesos, permanecen fuera de su alcance, lo que muestra la falta de perspectiva a largo plazo para maximizar los beneficios competitivos.

A pesar de estas barreras, las PYMES reconocen los riesgos que corren si no integran las tecnologías de la I4.0, como el aumento de la brecha competitiva y la posibilidad de quedar obsoletas en el mercado. Esta aceptación pone de relieve que comprenden las implicaciones estratégicas que tiene la transformación tecnológica. No obstante, los avances en esa dirección son lentos y limitados debido a la falta de recursos financieros y a la capacitación especializada. Estos hallazgos indican que, aunque se tenga conciencia de la importancia de la I4.0, adoptarla de forma efectiva requiere superar barreras estructurales y desarrollar estrategias de apoyo más robustas, no solo del gobierno, sino también de otros sectores e instituciones.

Conclusiones

La presente investigación hace notar que la I4.0 es una oportunidad transformadora para las PYMES de la región central de Tlaxcala, porque ofrece herramientas tecnológicas que incrementan la productividad, la competitividad y la capacidad de adaptación a un mercado cada vez más digitalizado. Empero, también revela barreras significativas que dificultan adoptarla, como la inversión limitada para capacitar al personal, el acceso insuficiente al financiamiento y los problemas organizativos para gestionar de manera eficiente esas tecnologías.

Un aspecto relevante es la diversidad de motivaciones entre los sectores económicos. Para el sector industrial es preponderante reducir los costos y es el impulsor principal para implementar la I4.0. Los sectores comerciales y de servicios se centran en incrementar sus ingresos, 23% y 18.6%, respectivamente. La diferencia entre los sectores muestra que las empresas alinean las tecnologías avanzadas con sus prioridades estratégicas y con sus condiciones particulares. A pesar de esa situación, muchas empresas perciben que su nivel de innovación tecnológica es regular (38%) o buena (34%). De manera general se admite tener la necesidad de mejorar, pero también limita su percepción sobre el alcance transformador de esas tecnologías.

La capacitación del capital humano es una de las áreas más críticas para integrar la I4.0. De las PYMES encuestadas, 30% invierte en la formación de sus empleados, porcentaje insuficiente para adquirir las competencias técnicas necesarias para el IoT, la ciberseguridad o la automatización de procesos. Carecer de personal capacitado significa que no se pueden maximizar los beneficios potenciales de esas tecnologías y que por lo tanto se restringe su impacto positivo y aumenta el riesgo de depender de la tecnología externa. Este rezago es resultado de no privilegiar la capacitación continua en las estrategias empresariales.

En términos financieros, las PYMES encaran la falta de recursos para adquirir tecnologías avanzadas; por lo tanto, las estrategias a largo plazo se limitan. Aunque 49% de las empresas afirmó tener control adecuado de sus recursos, esta capacidad no significa tener mayor disponibilidad de financiamiento externo, es decir que su transformación digital se obstaculiza. La ausencia de políticas públicas para dar facilidad de crédito o para apoyar económicamente a las empresas es un problema estructural que dificulta incorporar la I4.0 a la región.

Este artículo también pone de manifiesto los avances significativos. Muchas PYMES usan herramientas básicas, como las cámaras de seguridad conectadas a internet (69.2% en el sector industrial) y el almacenamiento en la nube (61.4% en el sector de los servicios). Aunque estas acciones son el primer paso, la mayoría de las empresas carece de la visión estratégica a largo plazo para incorporar tecnologías más avanzadas, como el big data o la simulación de procesos en su operación diaria. Las acciones que se limitan solo a la eficiencia operativa básica externalizan la necesidad de que haya mejor planificación y que los objetivos tecnológicos deben tener un alcance más extenso.

A pesar de las barreras que se han identificado, las PYMES de la región tienen un gran potencial para convertirse en actores relevantes para la economía digital, porque sus esfuerzos para inscribir tecnologías evidencian su capacidad de adaptación, un punto de partida prometedor. Pero, para lograr una transformación más amplia y efectiva, es indispensable vencer las limitaciones actuales y fortalecer la cultura de innovación tecnológica, la capacitación del personal y el diseño de esquemas de financiamiento accesibles.

Adherirse a I4.0 es fundamental para que las PYMES sobrevivan en el entorno extremadamente competitivo donde se ubican y para fomentar el desarrollo económico regional. Ellas son los pilares esenciales para crear empleos y para dinamizar la economía local. Por esa razón, transitar hacia la cuarta revolución industrial afectará positivamente su desempeño y traerá prosperidad a la región. En la medida que las PYMES eliminen los obstáculos actuales, podrán consolidarse como agentes clave para construir una economía más innovadora, digital y resiliente.

Referencias

- Álvarez, A., Gallegos, A. E., y Márquez, M. A. (2022). Algunas características relevantes de las pequeñas y medianas empresas en México (PYMES). *Realidad Económica de la FEVAQ*, 27(70), 146-159. Recuperado de https://www.realidadeconomica.umich.mx/index_files/realidad_economica_arts_completos_num_70.pdf
- Álvarez, M. L., Martínez, A., y García A. (2020). Industria 4.0 en México. Elementos diagnósticos y puesta en práctica en sectores y empresas. En A. Martínez, M. L. Álvarez y A. García (coords.), *Discusión, conclusiones y recomendaciones* (pp. 199-208). Ciudad México: Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y Plaza y Valdés.
- Buenrostro, E. (2022). Propuesta de adopción de tecnologías asociadas a la industria 4.0 en las PYMES mexicanas. *Entreciencias: diálogos en la sociedad del conocimiento*, 10(24), 1-19. doi: <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2022.24.81347>
- Castañeda, M. B., Cabrera, A. F., Navarro, Y., y Vries, W. (2010). *Procesamiento de datos y análisis estadísticos utilizando SPSS. Un libro práctico para investigadores y administradores educativos*. Porto Alegre: Edipucrs.
- Chacón, E. A., Cardillo, J. J., y Uribe, J. (2020). Industria 4.0 en América Latina: una ruta para su implantación. *Revista Ingenio*, 17(1), 28-35. doi: <https://doi.org/10.22463/2011642X.2386>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2017). *Es necesario repensar el rol de las MIPYMES de la región para integrarlas a la cuarta revolución industrial, coincidieron expertos*. CEPAL. Recuperado de <https://www.cepal.org/es/noticias/es-necesario-repensar-rol-mipymes-la-region-integrarlas-la-cuarta-revolucion-industrial>
- Confederación Española de Organizaciones Empresariales (CEOE). (2018). *Las MIPYMES generan el 28% del PIB en Latinoamérica, pero carecen aún del impulso necesario*. Recuperado de <https://www.ceoe.es/es/ceoe-news/internacional/las-mipymes-generan-el-28-del-pib-en-latinoamerica-pero-carecen-aun-del>
- Cortez, H. M. (2009). *Competitividad económica y reorganización territorial: Los dilemas no resueltos de las empresas de menor tamaño*. Tlaxcala: El Colegio de Tlaxcala.
- Deloitte. (2017). *Forces of change: Industry 4.0*. A Deloitte series on Industry 4.0. Recuperado de https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/4323_Forces-of-change/4323_Forces-of-change_Ind4-0.pdf
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (30 de junio de 2009). Acuerdo por el que se establece la estratificación de las micro, pequeñas y medianas empresas. Recuperado de https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5096849&fecha=30/06/2009#gsc.tab=0
- Iglesias, D., y Ramírez, J. J. (2008). La formación de sistemas productivos locales. *Teoría y Praxis*, (5), 51-67. Recuperado de <http://www.teoriaypraxis.uqroo.mx/doctos/Numero5/Iglesias-Ramirez.pdf>

- Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT). (2020). *Anuario estadístico de 2020*. Recuperado de https://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/estadisticas/anuarioestadistico2020_2.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2019). *Micro, pequeña, mediana y gran empresa. Estratificación de los establecimientos*. Censos Económicos 2019 (2020). Recuperado de https://www.inegi.org.mx/contenido/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825198657.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2020). *Panorama socio-demográfico de Tlaxcala. Censo de Población y Vivienda 2020*. 2021. Recuperado de https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825198022.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2023). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas*. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx>
- Latorre, M. P. (2013). *Modelos territoriales de innovación: un análisis desde la perspectiva de los parques tecnológicos* (tesis de doctorado). Universidad de Zaragoza. Recuperado de <https://zaguan.unizar.es/record/12527/files/TE-SIS-2013-091.pdf>
- León, N., Prieto, L. D., y Montoya, M. A. (2021). *La implementación de la industria 4.0 en las PYMES de Medellín*. Medellín: Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria. Recuperado de <https://dspace.tdea.edu.co/bitstream/handle/tdea/1732/15.%20TGII%20-%20Leon%2C%20Montoya%20y%20Prieto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mantulak, M. J., Hernández, G., y Michalus, J. C. (2016). Definition procedure for strategic technology resources in small manufacturing firms: A case study. *Latin American Business Review*, 17(2), 95-113. doi: <https://doi.org/10.1080/10978526.2016.1171674>
- Moulaert, F., y Sekia, F. (2003). Territorial innovation models: A critical survey. *Regional Studies*, 37(3), 289-302. doi: <https://doi.org/10.1080/003434003200065442>
- Oficina Asesora de Planeación y Estudios Sectoriales. (2019). *Aspectos básicos de la industria 4.0. El futuro digital es de todos, MinTIC*. Bogotá: Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Recuperado de https://colombiatic.mintic.gov.co/679/articles-124767_recurso_1.pdf
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD) y Oficina Europea de Estadística (EUROSTAT). (2005). *Oslo Manual. Guidelines for collecting and interpreting innovation data*, (3a. ed.) París: OECD Publishing. doi: <https://doi.org/10.1787/9789264013100-en>
- Plan Estatal de Desarrollo 2021-2027. (2022). Congreso del Estado Libre y Soberano de Tlaxcala, a nombre del pueblo decreto No. 94. *Periodo Oficial No. Extraordinario*, 28 de marzo de 2022. Recuperado de http://sefintlax.gob.mx/DocsSF/SF/transparencia/normatividad/estatal/PLAN_ESTATAL_DE_DESARROLLO_2021_2027.pdf

- Pico, L. L. (2021). *Impacto de la industria 4.0 en pequeñas y medianas empresas (PYMES) en Colombia*. Bogotá: Universidad Santo Tomás-Facultad de Negocios Internacionales. Recuperado de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/35543/Impacto%20industria%204.0%20en%20Pymes%20-%20Laura%20Pico.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Saa, D. (2021). *Análisis de la industria 4.0 en Latinoamérica y países desarrollados* (Tesis de Licenciatura). Universidad Cooperativa de Colombia. Recuperado de <https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/f9674f99-ccfa-48f6-94a3-394d4244fb6a/content>
- Schumpeter, J. (1944). *Teoría del desenvolvimiento económico. Una investigación sobre ganancias, capital, crédito y ciclo económico*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Schwab, K. (2016). *La cuarta revolución industrial*. Barcelona: Penguin Random House.
- Silva, R., y Estrada, J. E. (2019). Capacidades dinámicas en las MIPYMES para la adaptabilidad de la industria 4.0. *Vinculatégica EFAN*, 60-68. Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL)-Facultad de Contaduría Pública y Administración (FACPYA). Recuperado de http://www.web.facpya.uanl.mx/vinculategica/vinculategica_5/6.-%20Silva-Casas,%20R.%20&%20Estrada-Dominquez,%20J.%20E..pdf
- Sols, A. (2020). Industria 4.0: la cuarta revolución industrial. *UE STEAM essentials*. Recuperado de https://universidadeuropea.com/resources/media/documents/01_SteamUE_AlbertoSolsRZX.pdf
- Suárez, D., Erbes, A., y Barletta, F. (comps.). (2020). *Teoría de la innovación: evolución, tendencias y desafíos, herramientas conceptuales para la enseñanza y el aprendizaje*. Buenos Aires y Madrid: Ediciones Universidad Nacional de General Sarmiento y Ediciones Complutense. Recuperado de <https://docta.ucm.es/rest/api/core/bitstreams/a5d28042-abf8-41dd-8a4e-50ec8c5a-9fed/content>
- Valdés-Hernández, R. C., Ching-Wesam, R., y Figueroa-Villanueva, A. (2022). Industria 4.0 y competitividad: un reto para las PYMES dedicadas a desarrollar software en Baja California, México. En N. Callaos, J. Horne, B. Sánchez y A. Tremante (eds.), *Memorias de la Vigésima Primera Conferencia Iberoamericana en Sistemas, Cibernética e Informática CИСCI 2022* (pp. 227-232). Winter Garden: International Institute of Informatics and Cybernetics. doi: <https://doi.org/10.54808/CISC2022.01.227>
- Ynzunza-Cortés, C. B., Izar-Landeta, J. M., Bocarando-Chacón, J. G., Aguilar-Pereyra, F., y Larios-Osorio, M. (2017). El entorno de la industria 4.0: implicaciones y perspectivas futuras. *Conciencia Tecnológica*, 54, 334-45. Recuperado de <https://www.redalyc.org/journal/944/94454631006/html/>