

Madurez Tecnológica en PyMEs Industriales de Olavarría: perspectivas de su preparación para la Transformación Digital

Roark, Geraldina Yesica

groark@fio.unicen.edu.ar

Perez Colo, Ivo

ivo.perez@fio.unicen.edu.ar

Vázquez, Manuel Ezequías

manuel.e.vazquez11.33@gmail.com

Saavedra Sueldo, Carolina

carolina.saavedra@fio.unicen.edu.ar

Berdun, Daniela Marisol

danielaberdun@hotmail.com

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires (Argentina).

Fecha de recepción RIII: 10/04/2024

Fecha de aprobación RIII: 27/10/2024

RESUMEN

En el entorno actual, las PyMEs industriales enfrentan un desafío disruptivo: la integración y explotación de nuevas tecnologías digitales que amenazan su existencia. La transformación digital aplicada a sus modelos operativos y de negocios se vuelve crucial para fortalecer su competitividad y sostenibilidad en el mercado. En este contexto, es fundamental desarrollar métodos y herramientas que guíen a las empresas en la planificación de su transición hacia el nuevo paradigma productivo, alineando su estrategia de negocios con su estrategia de operaciones.

El objetivo de esta investigación consiste en determinar las posibilidades de adaptación de las PyMEs industriales a las soluciones tecnológicas proporcionadas por la Industria 4.0. Para tal fin, se realizó una primera investigación en el sector metalmeccánico de la ciudad de Olavarría mediante un relevamiento de las tecnologías utilizadas en cada una de las áreas principales de la empresa, en pos de identificar el nivel de preparación de sus organizaciones para afrontar el nuevo paradigma productivo de industria inteligente.

Los resultados revelan que el sector metalmeccánico de Olavarría se encuentra en un proceso incipiente de transformación digital debido principalmente a la brecha tecnológica, la escasa interconexión y comunicación entre máquinas, ciberseguridad y automatización limitada, y falta de talento especializado asociado, entre otros. La escasez de mano de obra calificada, el difícil acceso al financiamiento, la fluctuación de costos y la crisis cambiaria asociada a la volatilidad de los mercados, conforman los principales obstáculos para el desempeño de las actividades productivas del sector. Se destaca, además, la ausencia de una estrategia para gestionar recursos tecnológicos, incorporar nuevos desarrollos y capacitar a los empleados en los conocimientos y habilidades necesarios para implementar estas nuevas tecnologías. Los hallazgos de este estudio ofrecen perspectivas valiosas para la comunidad empresarial y contribuyen al avance del conocimiento en el campo de la transformación digital en las PyMEs.

Palabras Claves: madurez tecnológica; industria 4.0; PyMEs Industriales; sector metalmeccánico.

Technological Maturity in Industrial SMEs of Olavarría: perspectives on their preparation for Digital Transformation

ABSTRACT

In the current environment, industrial SMEs face a disruptive challenge: the integration and exploitation of new digital technologies that threaten their existence. Digital transformation applied to their operational and business models becomes crucial to strengthen their competitiveness and sustainability in the market. In this context, it is essential to develop methods and tools that guide companies in planning their transition to the new productive paradigm, aligning their business strategy with their operational strategy.

The objective of this research is to determine the possibilities of adaptation of industrial SMEs to the technological solutions provided by Industry 4.0. To this end, a preliminary investigation was conducted in the metal-mechanic sector of the city of Olavarría through a survey of the technologies used in each of the main areas of the company, in order to identify the level of preparedness of their organizations to face the new productive paradigm of the smart industry.

The results reveals that the metal-mechanic sector of Olavarría is in an incipient process of digital transformation mainly due to technological gaps, limited interconnection and communication between machines, cybersecurity and limited automation, and lack of associated specialized talent, among others. The shortage of skilled labor, difficult access to financing, cost fluctuations, and the currency crisis associated with market volatility are the main obstacles to the performance of productive activities in the sector. Furthermore, the absence of a strategy to manage technological resources, incorporate new developments, and train employees in the necessary knowledge and skills to implement these new technologies is highlighted. The findings of this study offer valuable insights for the business community and contribute to the advancement of knowledge in the field of digital transformation in SMEs.

Keywords: technological maturity; industry 4.0: Industrial SMEs; metalworking.

Maturidade Tecnológica nas PMEs Industriais de Olavarría: perspectivas sobre sua preparação para a Transformação Digital

RESUMO

No ambiente atual, as PME industriais enfrentam um desafio disruptivo: a integração e exploração de novas tecnologias digitais que ameaçam a sua existência. A transformação digital aplicada aos seus modelos operacionais e de negócio torna-se crucial para fortalecer a sua competitividade e sustentabilidade no mercado. Neste contexto, é fundamental desenvolver métodos e ferramentas que orientem as empresas no planejamento da sua transição para o novo paradigma produtivo, alinhando a sua estratégia de negócio com a sua estratégia de operações.

O objetivo desta pesquisa é determinar as possibilidades de adaptação das PME industriais às soluções tecnológicas proporcionadas pela Indústria 4.0. Para tanto, foi realizada uma primeira investigação no setor metalmeccânico da cidade de Olavarría através de um levantamento das tecnologias utilizadas em cada uma das principais áreas da empresa, a fim de identificar o nível de preparação de suas organizações para enfrentar o novo paradigma produtivo da indústria inteligente.

Os resultados revelam que o setor metalúrgico de Olavarría se encontra num processo incipiente de transformação digital devido principalmente à lacuna tecnológica, à fraca interconexão e comunicação entre máquinas, à cibersegurança e à automação limitada, e à falta de talentos especializados associados, entre outros. A escassez de mão de obra qualificada, o difícil acesso ao financiamento, a flutuação dos custos e a crise cambial associada à volatilidade do mercado constituem os principais obstáculos ao desempenho das atividades produtivas do setor. Além disso, destaca-se a ausência de uma estratégia para gerir os recursos tecnológicos, incorporar novos desenvolvimentos e formar os colaboradores nos conhecimentos e competências necessários à implementação destas novas tecnologias. As conclusões deste estudo oferecem informações valiosas para a comunidade empresarial e contribuem para o avanço do conhecimento no domínio da transformação digital nas PME.

Palavras chave: maturidade tecnológica; indústria 4.0: PME industriais; metalurgia .

1. INTRODUCCIÓN

El panorama industrial global ha cambiado drásticamente en los últimos años debido al rápido desarrollo tecnológico y a la innovación en los procesos de producción (Maresova et al., 2018). La Cuarta Revolución Industrial, reconocida como Industria 4.0, brinda una nueva perspectiva a las empresas industriales generando una transformación sin precedentes mediante la integración de todas las áreas de producción a través de la digitalización y creación de nuevos canales de comunicación (Saavedra Sueldo et al., 2023). La adopción de tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial, el Internet de las cosas, gemelos digitales, la robótica y la analítica de datos ofrecen múltiples ventajas mediante la interconexión y comunicación entre máquinas, la recopilación y análisis de grandes volúmenes de datos y la automatización de procesos, generando aportes significativos en los niveles de productividad, en la reducción de costos y en la calidad de los bienes y servicios producidos (Osorio-Gallego et al., 2016). Este nuevo paradigma, influye sobre las estrategias y operaciones de las empresas, así como en la forma en que las organizaciones y los consumidores interactúan e intercambian valor (Ávila-Guerrero et al., 2023). Asimismo, permite la adopción masiva de producción personalizada, fomentando la innovación en los modelos de negocio (M. Aires et al., 2018). De esta forma, una rápida adaptación de las empresas a estas nuevas tecnologías es crucial para mantener su competitividad y aprovechar al máximo las oportunidades que brinda su implementación en la transformación de productos, servicios, operaciones e incluso en los modelos de negocio (Trujillo Valdiviezo et al., 2022). El éxito de su adopción dependerá de la forma en que tales tecnologías sean asimiladas e incorporadas a los sistemas productivos tradicionales actuales.

Diversas investigaciones han contribuido al concepto de Industria 4.0 describiendo aspectos teóricos y ofreciendo soluciones prácticas, aplicadas principalmente a grandes empresas. Sin embargo, escasas son las investigaciones que contemplan la utilización de tecnologías de la Industria 4.0 en pequeñas y medianas empresas (PyMEs), debido principalmente a las dificultades que estas exponen para integrar tecnologías digitales modernas y transformar sus procesos productivos (Bertola & Teunissen, 2018; Ingaldi & Ulewicz, 2020; Moeuf et al., 2018; Mon & Del Giorgio, 2021).

Según Somohano-Rodríguez et al. (2022), las principales limitaciones de las PyMEs para incorporar tecnologías avanzadas en sus procesos y operaciones se relacionan con la escasez de recursos y conocimientos, niveles bajos de digitalización, resistencia al cambio, mentalidad estratégica a corto plazo, dificultades para establecer colaboraciones con investigadores y problemas para acceder a fuentes de financiamiento. En la misma línea, un estudio realizado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), durante el periodo 2019-2020, reveló la percepción de las empresas encuestadas respecto a la transformación digital obteniendo como principales resultados la falta de conocimiento sobre las tecnologías disponibles, los procesos para su adopción y el potencial tecnológico que éstas representan para sus negocios particulares. Asimismo, estudios realizados por la CEPAL revelan una brecha significativa en la digitalización de las empresas radicadas en América Latina, lo cual podría agudizarse en los próximos años, considerando la acelerada evolución de la transformación digital a nivel mundial. En este sentido, el BID recomienda la pronta implementación de iniciativas tanto públicas como privadas para apoyar a las pequeñas y medianas empresas en la adopción de soluciones tecnológicas para potenciar sus operaciones (CEPAL, 2021; Dini & Stumpo, 2019; Ferraz et al., 2021).

Varios autores coinciden en que es necesario prestar especial atención a los factores que determinan el éxito de la transformación digital en PyMEs, tales como la excelencia tecnológica, la capacidad en tecnologías de la información (TI) y la alineación de éstas con el negocio. Sin embargo, para que estos factores se alcancen adecuadamente es imperioso que los líderes de las PyMEs posean una visión estratégica a mediano-largo plazo y una sólida comprensión de las implicancias de la transformación digital, lo que no se ajusta a la realidad de la mayoría de las empresas industriales de América Latina. Tal

situación complejiza el proceso de cambio de las PyMEs hacia el nuevo paradigma productivo debido principalmente a la dificultad que exponen sus dirigentes e integrantes para percibir plenamente los beneficios que dicha transformación suscita (Amaliyah, 2019; Somohano-Rodríguez et al., 2022).

En base a las razones expuestas, y teniendo en cuenta el papel crítico que desempeñan las PyMEs en la generación de empleo y en el aporte de valor a la economía mundial, es imprescindible establecer prácticas de gestión que orienten a estas empresas a través de las desafiantes transformaciones que deben emprender. Como señala (Calle Herencia, 2022), es necesario desarrollar un nuevo conjunto de capacidades de transformación digital que permitan a las organizaciones ser flexibles y responder de manera ágil a los cambios para transformar sus modelos operativos y generar nuevas propuestas de valor a los clientes.

En este sentido, resulta relevante investigar las capacidades de transformación digital que exponen las PyMES industriales para asimilar y aprovechar tecnologías modernas (González Varona, 2021). El análisis e identificación de la potencialidad tecnológica de una empresa aporta información significativa para obtener una visión holística de su situación actual y facilitar el desarrollo de planes de acción e inversión en TI de forma tal de aprovechar los recursos tecnológicos en línea con sus objetivos.

Ante este escenario, el presente estudio tiene como objetivo identificar, de forma integral y detallada, la capacidad tecnológica que poseen las PyMEs del sector metalmeccánico de Olavarría, provincia de Buenos Aires, Argentina, a efectos de determinar su nivel de desarrollo tecnológico actual. Para ello, se utilizará una metodología adaptada del modelo de evaluación de TICs en la industria, creado por los autores (Mon & Del Giorgio, 2021). Los resultados obtenidos conformarán un insumo relevante para la dirección de las empresas participantes en el estudio, facilitando la toma de decisiones para su futura transformación digital (Somohano-Rodríguez et al., 2022). Asimismo, tales resultados conformarán, además, una base de datos crucial para las administraciones públicas municipales en pos de fortalecer la eficiencia y eficacia de sus programas dedicados a impulsar la Industria 4.0 en las PyMEs de la región. Cabe destacar que actualmente el Municipio de Olavarría y la dirección de los parques industriales de la localidad no disponen de información detallada y actualizada de las PyMEs industriales de la zona desde el año 2012, cuando se efectuó el último censo industrial, por lo que los datos aquí presentados representan un gran aporte para tales instituciones.

El trabajo está estructurado de la siguiente manera: en la siguiente sección se describen los principales conceptos abordados en el estudio. Seguidamente, se detalla la metodología utilizada para el desarrollo de la investigación. Luego, se presentan los resultados obtenidos y finalmente, se exponen las conclusiones del trabajo.

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA

En esta sección se abordarán brevemente los principales conceptos utilizados para efectuar el relevamiento de capacidades tecnológicas en las PyMEs metalmeccánicas de Olavarría en pos de obtener perspectivas generales respecto al nivel de preparación que poseen para su inserción al nuevo paradigma de "fábricas inteligentes".

2.1 – Industria 4.0

La transformación digital consiste en el uso y apropiación de las tecnologías de información combinadas con la capacidad de liderazgo y el cambio organizacional para mejorar o cambiar radicalmente el desempeño y el modelo de negocio de las empresas (Ávila-Guerrero et al., 2023). El concepto de Industria 4.0 se mencionó por primera vez en el año 2011 en Alemania como una estrategia del gobierno centrada en lograr una mayor eficiencia operativa y productiva a través de la

automatización y el uso de alta tecnología en los diferentes procesos de negocio (Liao et al., 2017; Strandhagen et al., 2017; Xu et al., 2021).

Los pilares de esta evolución son, entre otros, los sistemas ciberfísicos y autónomos, el Internet de las cosas (IoT), los robots, la ciberseguridad, las grandes cantidades de datos para procesamiento (análisis de conjuntos de datos masivos, big data y computación en la nube), impresión aditiva (3D), simulaciones avanzadas y realidad virtual y aumentada (Kagermann et al., 2011; Liao et al., 2017; Xu et al., 2021). Estas tecnologías permiten la interconexión y la comunicación entre máquinas, la recopilación y análisis de grandes cantidades de datos, y la automatización de procesos.

De esta forma, la "Industria 4.0" representa el siguiente paso evolutivo en el sector industrial, caracterizado por la integración de tecnologías digitales para aumentar la eficiencia, mejorar la adaptabilidad y ofrecer soluciones más personalizadas a los clientes (M. Aires et al., 2018; Osorio-Gallego et al., 2016; Xu et al., 2021). Su implementación generará una gran transformación en tres puntos principales: la digitalización de la producción (sistemas de información para la gestión y la planificación de la producción), la automatización (sistemas para la adquisición de datos de las líneas de producción y el uso de máquinas) y la vinculación de las fábricas en la cadena de suministro integral (intercambio automático de datos e información en tiempo real).

La adopción de tecnologías 4.0 en PyMEs industriales permite alcanzar mayores niveles de productividad, reducir costos y mejorar la calidad de sus productos y servicios, proporcionando beneficios significativos en su competitividad y sustentabilidad en el mercado. Los sistemas industriales conformados con la integración de estas tecnologías permiten acceder a un modelo flexible de producción, basado en el intercambio de datos en tiempo real, generando de esta forma procesos de toma de decisiones de mayor eficiencia y valor agregado.

2.2 - Madurez tecnológica

El "Desarrollo Tecnológico" es un componente clave de la Industria 4.0. Este se refiere a la adopción y aplicación de las tecnologías avanzadas antes mencionadas que pueden transformar los procesos operativos y de fabricación (Brettel et al., 2014).

El nivel de desarrollo alcanzado por los sistemas industriales puede reconocerse bajo el término de madurez (Schumacher et al., 2016). Un modelo de madurez consiste en una herramienta útil para evaluar a las empresas y organizaciones y al mismo tiempo esbozar el camino que aún se necesita recorrer, a modo de hoja de ruta, para cumplir con los objetivos planteados por la organización y obtener ventajas competitivas. En el presente trabajo el concepto de madurez se aplica considerándolo como el grado de preparación para la implementación de tecnologías de la Industria 4.0, analizando los recursos de software, hardware e infraestructura utilizados en cada una de las áreas principales de la empresa.

Si bien en la literatura se observan una gran cantidad de modelos de madurez tecnológica propuesto por diferentes autores, en el contexto de la industria 4.0, son pocos los que presentan perspectivas o características aplicables a las particularidades de empresas PyMEs industriales. Asimismo, la mayor parte de los modelos propuestos son genéricos y no exponen la caracterización, el detalle y el ajuste adecuado a las particularidades propias de los diferentes sectores industriales (Ávila-Bohórquez & Gil-Herrera, 2022).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

La ciudad de Olavarría evidencia un fuerte perfil industrial con una contribución significativa en la actividad económica y en la generación de empleo productivo en la Provincia de Buenos Aires. Su

actividad principal consiste en la “Fabricación de productos minerales no metálicos”, la cual genera el mayor aporte en el Valor Bruto de Producción, a nivel local y regional. En segundo y tercer lugar se hallan las actividades de fabricación de “Alimentos y bebidas” y el sector “Metalmecánico”, dentro del cual se destaca la actividad de “Fabricación de productos de metal, excepto maquinaria y equipo” (Fundación Observatorio PyME, 2019; Roark et al., 2013). Con el propósito de obtener datos precisos y actualizados sobre las capacidades tecnológicas de las PyMEs metalmecánicas de Olavarría, se implementó una metodología rigurosa y estructurada, cuyas etapas se describen a continuación:

- ✓ **Diseño de la encuesta:** se diseña una encuesta exhaustiva que abarca diferentes aspectos de las capacidades tecnológicas de las empresas del sector metalmecánico. La encuesta consta de 47 preguntas, abordando temas como las TICs utilizadas en los procesos productivos, su función en las áreas funcionales específicas y las necesidades de recursos y tecnologías. Del total de preguntas, 26 corresponden al modelo de evaluación InTICs® desarrollado por los investigadores de la Universidad Nacional de la Matanza (Mon & Del Giorgio, 2021; Mon & Giorgio, 2023).
- ✓ **Validación de la encuesta:** la encuesta diseñada se somete a un riguroso proceso de validación por parte de expertos del sector metalmecánico. Estos expertos brindan valiosos comentarios y sugerencias para mejorar su contenido y claridad.
- ✓ **Muestra probabilística:** desde la Secretaría de Desarrollo Económico de la Municipalidad de Olavarría se obtuvo una base de datos con el listado de empresas industriales radicadas en los parques industriales de la localidad. En dicha base se identificaron un total de 141 empresas de las cuales un 17% (24) corresponden al sector metalmecánico. A dicha información se adicionaron 19 empresas que no estaban contempladas en la base proporcionada o no estaban radicadas en el parque industrial, dando una población total de estudio de 43 empresas metalmecánicas. Depurada la base de datos se procedió a la determinación del tamaño de la muestra, para lo cual se siguieron los principios de la técnica de muestreo aleatorio simple. En la Ecuación (1) se presenta la fórmula utilizada para estimar el tamaño de la muestra representativa, considerando una población (N) de 43 empresas, un nivel de confianza (Z) del 90%, una proporción de éxitos (p) de 0.5 y un error máximo admisible (e) de 0.1. El tamaño resultante fue de 27 PyMEs del sector metalmecánico de Olavarría. La selección de estas se realiza de manera probabilística a través de la asignación de números aleatorios en el marco de muestreo, lo que permite obtener resultados generalizables y confiables para el sector en su conjunto.
$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q} \quad (1)$$
- ✓ **Aplicación de la encuesta:** la encuesta se aplica a través de un formulario de Google, diseñado para este proyecto (Enlace del formulario: <https://forms.gle/MRPVGahm8yhkMuMx8>)
- ✓ **Procesamiento de datos:** los datos recopilados mediante la encuesta se procesan y analizan utilizando técnicas estadísticas adecuadas. Se utiliza una base de datos diseñada para este propósito, lo que garantiza la integridad y organización de los datos recolectados.
- ✓ **Análisis de resultados:** los resultados se analizan en profundidad, identificando las principales características y necesidades de las PyMEs industriales del sector metalmecánico en términos de capacidades tecnológicas. El modelo presentado por los investigadores de la Universidad Nacional de la Matanza (Mon & Del Giorgio, 2021; Mon & Giorgio, 2023) se estructura en base a la detección de productos tecnológicos, diferenciados en 3 componentes principales: Software,

Hardware e Infraestructura. Los mismos se agrupan según las especificidades de cada tipo de tecnología y las áreas en que son implementados. Las áreas funcionales consideradas en el estudio son: Logística, Producción, Ventas, Gestión, Contabilidad y Finanzas, Ingeniería y Compras. Identificados los productos tecnológicos en su cruce con cada área funcional, el índice InTIC genera una valoración de 3 niveles considerando el grado de desarrollo en función del tiempo, la contribución de información sensible para las empresas, la complejidad del problema que resuelven, el impacto en la mejora y/o control de los procesos, el aporte en la eficiencia respecto al uso de recursos, la mejora en la productividad de los procesos, la reducción de costos operativos y el grado de innovación que genera su implantación y aplicación en el ámbito de la industria. Los niveles distinguen 3 categorías: un nivel Básico de desarrollo de TIC para el rango de 0 a 120 puntos, un nivel Medio para el rango de 121 a 715 puntos, y un nivel Avanzado para el rango de 716 a 1375 puntos (Mon & Del Giorgio, 2021; Mon & Giorgio, 2023).

La implementación de esta metodología permitirá obtener una visión integral y detallada de las capacidades tecnológicas de las PyMEs contempladas. Los resultados contribuirán a comprender las principales características y necesidades del sector, identificar áreas problemáticas y oportunidades de mejora, y a diseñar estrategias adaptadas que impulsen su desarrollo tecnológico en el contexto de la Industria 4.0.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Finalizada la aplicación de la encuesta y el procesamiento de los datos obtenidos, se presenta una caracterización y análisis integral de la madurez tecnológica actual que poseen las PyMEs del sector metalmeccánico de la ciudad de Olavarría. Sumado a esto, se realizan comparaciones y contrastes entre las empresas encuestadas para detectar áreas problemáticas y oportunidades de mejora.

4.1 Caracterización de las empresas

De los resultados del estudio se vislumbra que entre las diversas actividades que componen al sector metalmeccánico de Olavarría, la actividad que predomina en el conjunto de empresas relevadas corresponde a la fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinarias y equipos (61%). Asimismo, la producción de servicios metalúrgicos prevalece como segunda actividad destacada, con un 16% de empresas, dejando en tercer lugar a la fabricación de Maquinaria y Equipo N.C.P, con el 9,6% del total de empresas.

En cuanto a la categorización de las empresas con relación a su tamaño, en base a la cantidad de trabajadores, se evidencia que el 51,9% pertenece a la categoría de Micro empresa (con menos de 15 empleados), el 29,6% responde a la categoría de pequeña empresa (con un rango de 16 a 80 empleados) y el 18,5% restante corresponde a empresas medianas de tramo 1 (con un rango de 81 a 235 empleados). Asimismo, el 80,8% de tales empresas, exponen una antigüedad en sus actividades superior a los 10 años. Respecto de la figura legal, un 51,9% conforman sociedades anónimas, un 25,9% responden a la figura de sociedad de responsabilidad limitada y un 11,1% corresponde a empresas unipersonales. Las empresas restantes se constituyen por sociedades por acciones simplificadas, personas físicas y sociedades simples.

4.2 Análisis interno y externo de las empresas

En los resultados provistos en la Figura 1 se resumen los principales desafíos que actualmente afrontan las empresas que conforman la muestra del presente estudio. Tales resultados evidencian que la falta de mano de obra calificada en los puestos operativos, la disponibilidad de insumos, el acceso al financiamiento, la fluctuación de costos de materia prima, energía y mano de obra, y la crisis cambiaria

asociada a la volatilidad de los mercados, conforman los principales obstáculos para el desempeño de las actividades productivas en el sector metalmeccánico.

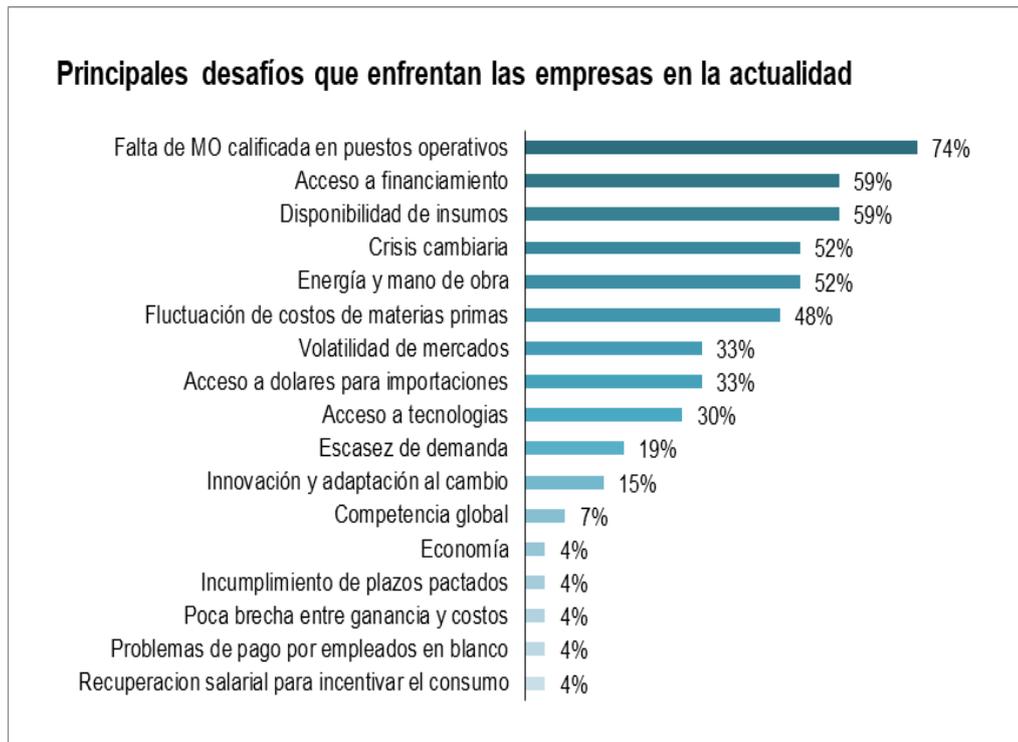


Figura 1 – Principales desafíos que enfrentan las empresas en la actualidad.

Asimismo, en la Figura 2 se exponen las principales problemáticas internas identificadas por las empresas relevadas que dificultan el logro de sus objetivos. En dicha figura se evidencia el predominio de la falta de capacitación de la mano de obra, sumado a la alta rotación y/o ausentismo del personal y la falta de planeación de los recursos productivos como principales dificultades internas. Asimismo, se observa, además, la capacidad saturada como otra de las problemáticas relevantes del sector.

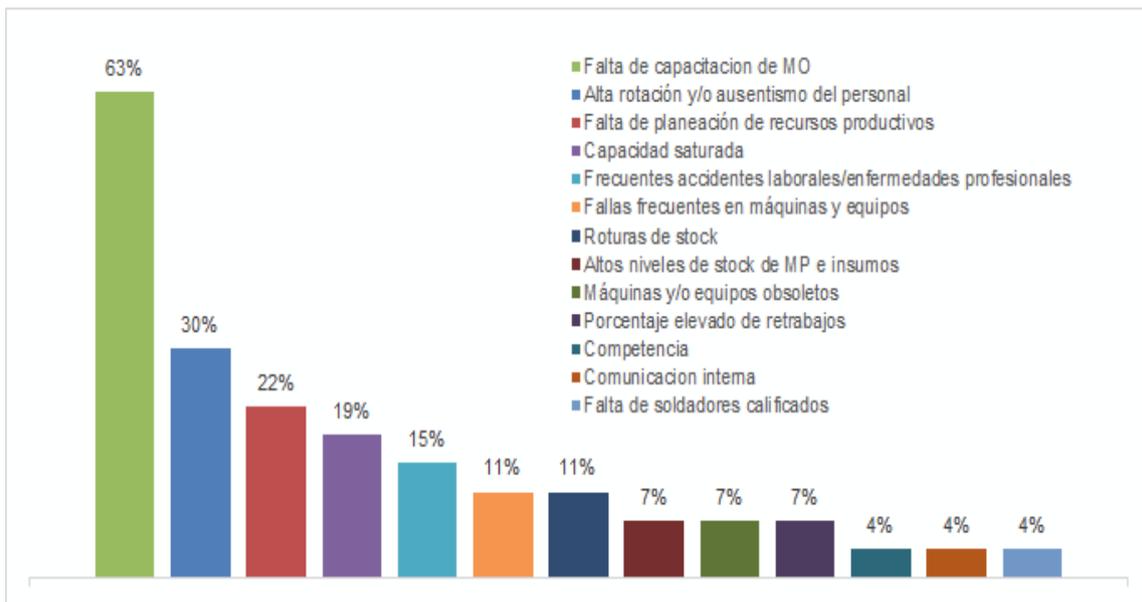


Figura 2 – Principales problemáticas internas de las organizaciones.

En la Figura 3 se identifican las principales fortalezas de las empresas relevadas que permiten su diferenciación en el sector metalmeccánico. Entre ellas se destacan principalmente la calidad de los productos y/o servicios ofrecidos, el servicio brindado al cliente, el cumplimiento en tiempo y forma de los pedidos y la flexibilidad en el diseño de productos para adaptarlos a los requerimientos del cliente, como principales prioridades competitivas.

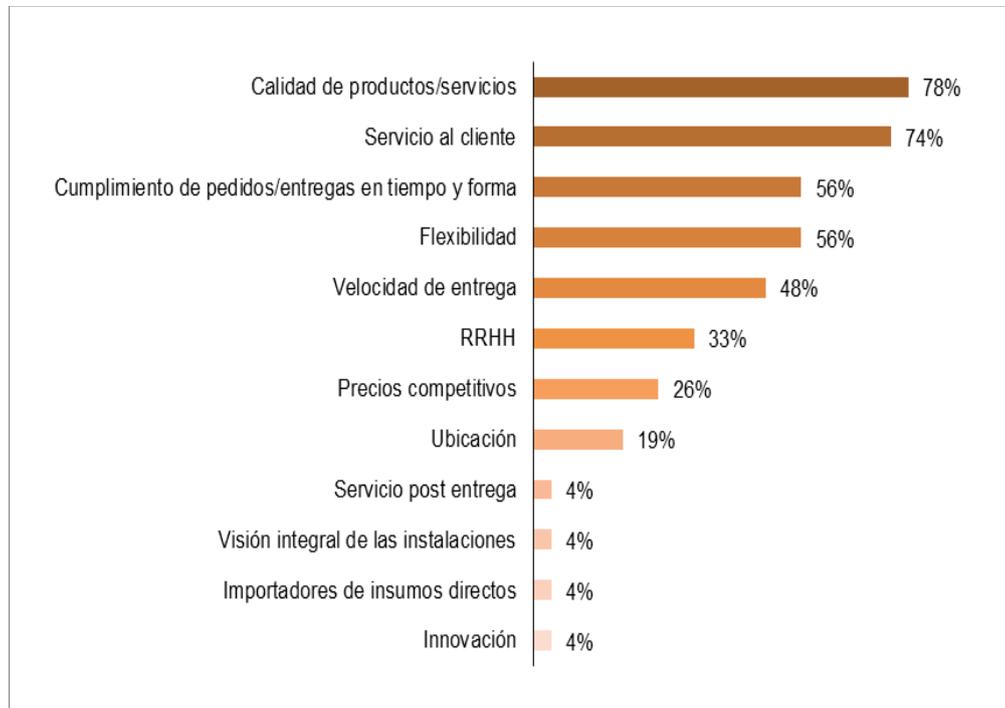


Figura 3 – Principales fortalezas de las organizaciones.

Respecto a la estrategia, la toma de decisiones y los procesos internos de las organizaciones pertenecientes al estudio, se observa que el 51,9% manifiesta representarse por la frase “La dirección de la empresa tiene una visión estratégica y entiende el impacto de los cambios tecnológicos en el negocio”. Por su parte, el 40,7% cree que “La dirección de la empresa está muy involucrada en las operaciones del día a día y tiene poco tiempo para dedicar a la estrategia”, mientras que el 29,6% restante expresa que “La dirección de la empresa dedica tiempo a conocer las tendencias del mercado (actual/potencial)”.

Asimismo, al momento de valorar el uso de datos para la toma de decisiones relevantes, el 48,1% de las empresas reconoce el valor de los datos, pero los utiliza parcialmente en la toma de decisiones (valoración media), el 37% toma decisiones basadas en datos evidenciales, considerando procedimientos para el relevamiento y manejo de la información (valoración alta), mientras que el 14,8% toma decisiones basadas principalmente en la intuición y experiencia (valoración baja).

En cuanto al uso de indicadores en el proceso de producción se destaca que el 69,2% de las empresas cuenta con indicadores de producción, confeccionados con información obtenida de forma manual, mientras que un 23,1% no dispone de indicadores de seguimiento.

Con relación a las técnicas de gestión de mantenimiento aplicadas en las plantas productivas, se evidencia que el 61,5% de las empresas aplica un mantenimiento exclusivamente correctivo, un 34,6% realiza paradas programadas para aplicar mantenimiento preventivo y un 26,9% hace uso de información histórica para el desarrollo de planes de mantenimiento.

Por su parte, con relación a la trazabilidad de los productos, el 59,3% realiza la trazabilidad con un registro en papel y/o en planillas de cálculo de forma manual, el 18,5% utiliza sistemas digitales tales como códigos de barras, QR, RFID u otros métodos similares y el 18,5% no realiza ningún tipo de trazabilidad de producto.

Además, el 25,9% de las empresas utiliza sistemas digitales para el control de la materia prima, mientras que el 66,7% realiza un control mediante registro en papel y/o en planillas de cálculo de forma manual. Las empresas restantes manifiestan la ausencia de un sistema de control de la materia prima que ingresa a la organización.

Finalmente, en cuanto a la digitalización de los procesos y documentos internos, se evidencia que la mayoría de las organizaciones posee un nivel medio o alto de digitalización en los procesos y documentos vinculados a la gestión administrativa, la gestión de producción y el diseño de productos.

4.3 Tecnologías modernas

Al evaluar el nivel de comprensión de las empresas acerca de las Tecnologías 4.0 y los beneficios que su implementación implicaría para el negocio se obtuvo como resultado que el 40,7% tiene un conocimiento general del concepto y de su impacto, por lo que encuentra motivación para incorporar tecnologías 4.0, el 33,3% conoce el concepto pero no visualiza claramente los beneficios de su incorporación, el 18,5% desconoce por completo qué implica la transformación digital y sólo el 7,4% percibe por completo el concepto y el impacto que implica la transformación digital.

Asimismo, con relación a las tecnologías de la información (TI), el 44,4% de las empresas no cuentan con un responsable de TI encargado de gestionar las inversiones y usos de las mismas, el 29,6% manifiesta disponer de dicha figura en su organización, mientras que el porcentaje restante opta por contratar dicho servicio a terceros.

Actualmente, hay una paridad en las empresas encuestadas respecto al uso de robots o sistemas automatizados en sus procesos productivos. La mitad de ellas utiliza alguno de estos sistemas y reconoce el impacto positivo de su uso tanto en la eficiencia de sus procesos como en la calidad de sus productos. El principal uso de estas tecnologías se efectúa en las actividades de soldadura y corte.

En cuanto a las tareas que podrían automatizarse mediante el uso de robots, el 66,6% de los encuestados destaca su interés para invertir a futuro tecnologías que faciliten las tareas de soldadura, corte y pintura. Los principales impedimentos a la hora de incorporar estas tecnologías en sus sistemas productivos se relacionan con los elevados costos de adquisición, la dificultad para acceder a fuentes de financiamiento y la falta de personal capacitado para su operación. Asimismo, en relación con la robótica colaborativa, se observa que un 70% de encuestados no contempla utilizar esta posibilidad en sus organizaciones, debido mayoritariamente a la falta de conocimiento de sus aplicaciones.

Por su parte, respecto a soluciones de ciberseguridad, se evidencia que la mayoría de las empresas no utilizan tales tecnologías para proteger los sistemas y dispositivos conectados a la infraestructura de producción.

Finalmente, en la Figura 4 se resumen las aplicaciones de inteligencia artificial sobre las cuales las empresas manifiestan mayor interés para aplicar en su organización, considerando la baja inversión requerida para su implementación y el alto impacto que aportarían a sus operaciones.

Entre tales aplicaciones prevalecen aquellas abocadas a la digitalización de la información, el diseño y desarrollo de productos, y el control automatizado del flujo de existencias en almacén.

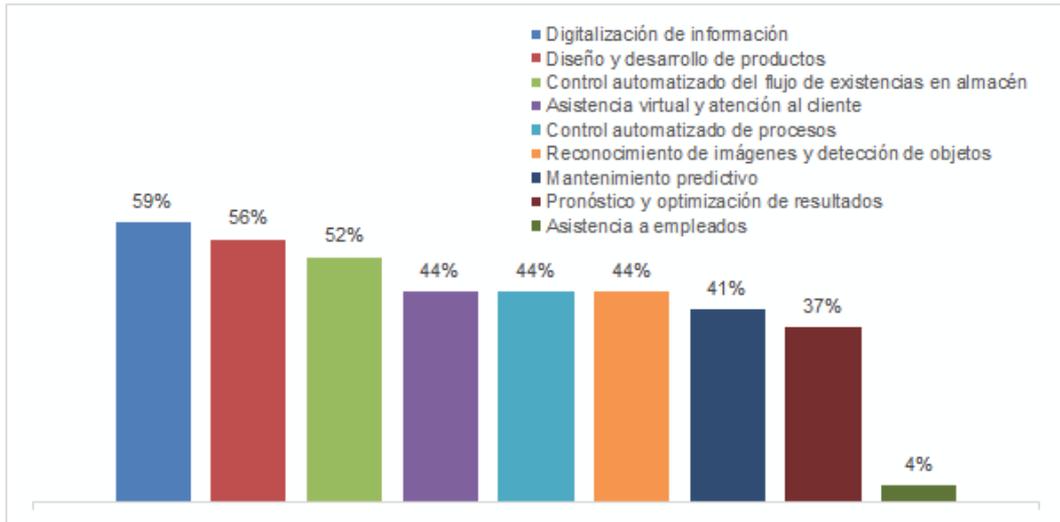


Figura 4 – Principales aplicaciones de Inteligencia Artificial de interés para las organizaciones encuestadas.

4.4 Nivel de desarrollo tecnológico por área funcional - Índice InTICs

La incorporación efectiva de nuevas tecnologías en los sectores industriales requiere una comprensión profunda de la capacidad tecnológica existente. En ausencia de información detallada sobre las TICs instaladas y utilizadas en los procesos, resulta difícil definir necesidades de adopción tecnológica y lograr una reconversión exitosa en las cadenas de valor. En este contexto, se aplicó el modelo InTICs,

desarrollado por investigadores de la UNLaM (Mon & Del Giorgio, 2021; Mon & Giorgio, 2023), para obtener un estado de situación respecto al nivel de desarrollo tecnológico de las empresas del sector metalmeccánico de Olavarría. Los resultados obtenidos se detallan a continuación.

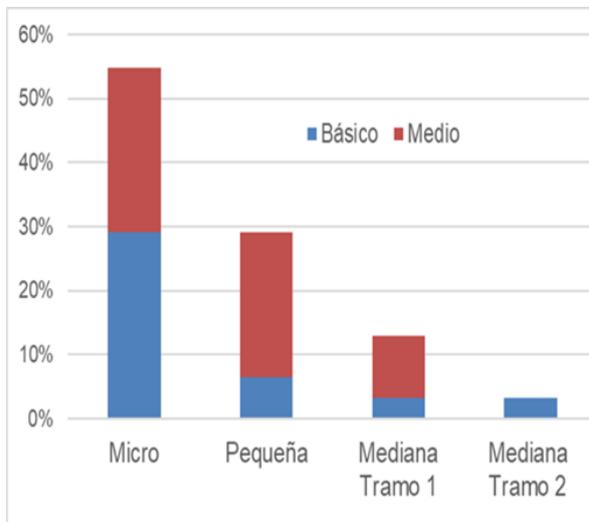


Figura 5 – Nivel de desarrollo tecnológico alcanzado por las empresas según Índice InTICs.

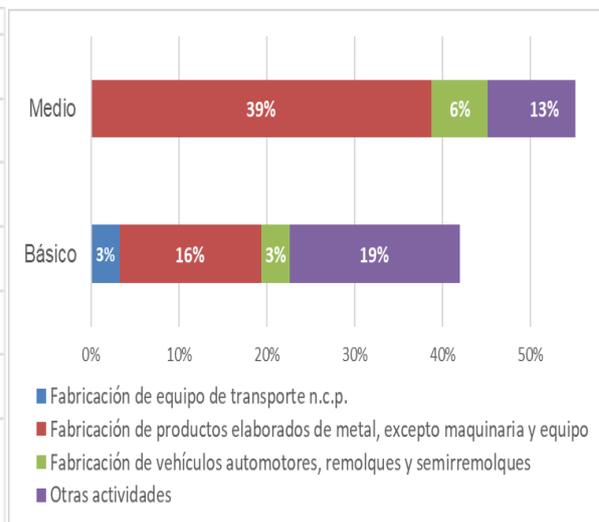


Figura 6 – Nivel de desarrollo tecnológico según rama de actividad.

En la Figura 6 se observa que el 43% de las PyMEs se encuentran en un Nivel Básico de desarrollo tecnológico, mientras que el 57% restante alcanza un Nivel Medio. Asimismo, en la Figura 5 se expone que el mayor nivel de desarrollo predomina en las pequeñas empresas y en las medianas del tramo 1.

Por su parte, en la Figura 6 se vislumbra a la actividad de “Fabricación de productos de metal, excepto maquinaria y equipo” predominante en cuanto al desarrollo tecnológico, mientras que la “Fabricación de equipo de transporte N.C.P.” evidencia el nivel más bajo.

La recopilación exhaustiva de información sobre los productos tecnológicos implementados en cada empresa, así como sus áreas funcionales operativas, conlleva un análisis minucioso. Esto permite profundizar en el análisis de la capacidad de transformación tecnológica hacia la Industria 4.0, así como evaluar las competencias tecnológicas en función de las ramas de actividad.

En equipamientos de hardware, el 60% de las empresas emplean PCs y notebooks en todas sus áreas principales, mientras que solo el 6,4% usa arquitecturas RISC y tablets, abocadas principalmente en las áreas de ingeniería, producción y ventas. Las impresoras láser (96,7%) y scanners (35,5%) exponen un uso extendido en todas las áreas de las empresas, mientras que los plotter (12%) e impresoras 3D (3,2%) evidencian un uso reducido en las áreas de ingeniería y producción.

En cuanto al uso de POS (en ventas y contabilidad y finanzas), GPS (en el área de logística) y sensores (en el área producción), solo el 16% de las empresas reconoce su uso. Mientras que la disponibilidad de servidores compartidos y cámaras se manifiesta en la mayoría de las empresas (50%+).

Respecto del uso de robots y RFID, sólo el 9,5% manifiesta su utilización, principalmente en el área de producción. En cuanto a comunicación, el uso de centrales telefónicas tradicionales e IP exponen un uso equitativos en todas las áreas de las empresas relevadas.

En equipamiento de infraestructura, prevalece el uso de redes inalámbricas de telefonía celular y wifi, mientras que Bluetooth e IoT (9%) son menos comunes. Asimismo, prevalece la conexión a internet en más del 90% de las empresas, mientras que el 45% manifiesta el uso de servidores locales y servicios en la nube. Finalmente, el 30% de las empresas aplican redes de área local y seguridad informática.

Con relación al uso de software, las tecnologías web que predominan son páginas web (73%) y publicidad en línea (38,7%) enfocadas principalmente en el área de ventas, mientras que intranet y extranet exponen un uso moderado (menos del 10%).

En cuanto a tecnologías colaborativas prevalece el uso de email con dominio propio, redes sociales de la organización y videoconferencia, en más del 50% de las empresas relevadas. El 40% de las mismas utilizan la sincronización de archivos, mensajería instantánea y telefonía IP. Finalmente, el uso de aplicaciones móviles solo se observa en menos del 10% de las empresas del sector.

Con relación a las herramientas de oficina se evidencia el predominio de las hojas de cálculo (80%) y procesadores de texto junto a gestor de archivos PDF, lector de archivos PDF y sincronización de archivos (60%) en todas las áreas de las organizaciones en estudio.

En sistemas de gestión, más del 50% usa ERP, el 32% emplea sistemas de gestión de calidad y el 25% usa sistemas CRM. Sólo una empresa expone el uso de business intelligence, big data e inteligencia artificial.

Para el control de producción, los sistemas más utilizados consisten en programación y planificación (MRP) (30%+) y calidad de producto (30%+). En menor medida se observa la aplicación de sistemas de control (PDM) (20%) e ingeniería de planta/mantenimiento (20%).

Respecto al diseño de producto y procesos, los sistemas que prevalecen son diseño asistido por computadora (CAD) (54.8%), fabricación asistida por computadora (CAM) e ingeniería asistida por

computadora (CAE) (20%). Sólo una empresa expone la aplicación de realidad virtual en las áreas de ingeniería y producción.

En cuanto a sistemas de geolocalización sólo el 20% de las empresas utiliza los mismos enfocados en las actividades de distribución y logística. Mientras que, con relación a los sistemas de seguridad, predomina su uso en la protección de información de todas las áreas de la empresa (51,6%), con una leve aplicación (19,3%) en el resguardo de infraestructura crítica.

Finalmente, se evidencia que el 12% de las empresas implementa el uso de robots, cloud computing o ciberseguridad, mientras que sólo el 6% utiliza realidad virtual, fabricación aditiva, big data e inteligencia artificial como principales tecnologías habilitadoras 4.0.

En conclusión, el análisis señala un bajo nivel de implementación de tecnologías de la Industria 4.0 y una falta de integración de estas en las diferentes áreas funcionales. Estos hallazgos pueden relacionarse con la falta de comprensión del paradigma productivo de industrias inteligentes y el desconocimiento de las posibilidades que brindan sus tecnologías habilitadoras, y la integración transversal de estas, para potenciar las demás tecnologías ya implementadas en las diferentes organizaciones del sector en análisis.

5. CONCLUSIONES

En la presente investigación, se llevó a cabo una inspección detallada de las capacidades tecnológicas de las PyMEs industriales pertenecientes al sector metalmeccánico de Olavarría. Este análisis propuso evaluar su nivel de preparación para la adaptación al emergente paradigma de las "fábricas inteligentes". El análisis de las TICs en las áreas de procesos posibilita la identificación de productos tecnológicos específicos, ya sean de software, hardware o comunicaciones. Esta detección es esencial para diagnosticar la capacidad instalada, mejorar los niveles de productividad y discernir necesidades de desarrollo y capacitación. De los resultados obtenidos se evidencia que el sector metalmeccánico de Olavarría se encuentra en un proceso incipiente de transformación digital debido principalmente a la brecha tecnológica, al rezago de la interconexión y comunicación entre máquinas, la limitada aplicación de tecnologías de ciberseguridad y automatización, y falta de talento especializado asociado, entre otros. Asimismo, se vislumbra el interés de los empresarios en la adopción de tecnologías digitales, como la automatización de procesos, el uso de inteligencia artificial y el análisis de datos, considerando el aporte significativo de éstas en la eficiencia y productividad del sector.

Ante estos hallazgos es relevante sensibilizar y capacitar a los empresarios PyMe sobre la importancia de transitar hacia la industria 4.0 y la manufactura inteligente para impulsar su productividad, fortalecer su competitividad y su posicionamiento en el mercado, haciendo especial hincapié en la difusión de las tecnologías asociadas, requerimientos básicos para su implementación y contribución que cada una efectúa a sus negocios. Asimismo, es necesario concientizar a las empresas en el uso de arquitecturas tecnológicas que permitan alcanzar mayores niveles de integración en todas sus actividades, y con integrantes de sus cadenas de suministro, facilitando el intercambio de información, productos y servicios, el aprovechamiento de oportunidades y la creación de ventajas competitivas.

Para alcanzar estos resultados es crucial la participación de instituciones educativas que se encarguen de difundir el conocimiento y capacitar a los recursos humanos del sector con las competencias que estas nuevas tecnologías requieren, además del establecimiento de iniciativas gubernamentales que asistan y apoyen a las empresas para acceder a planes de capacitación y fuentes de financiamiento accesibles. Asimismo, es necesario establecer una hoja de ruta para acompañar a las empresas en el proceso de definición de una estrategia de transformación digital e implementación de nuevas tecnologías que

responda a sus necesidades y prioridades competitivas, brindando un soporte adecuado y profesional para su desarrollo.

Los hallazgos obtenidos servirán de base para el desarrollo de métodos y herramientas que faciliten la transición de las empresas hacia la Industria 4.0, marcando un hito en el avance del desarrollo tecnológico en la región. No obstante, su impacto va mucho más allá, ya que proporcionarán fundamentos para guiar las políticas educativas, estrategias y acciones que apunten a la reestructuración de programas académicos en disciplinas tecnológicas, incluyendo las ingenierías y campos afines, con el fin de moldear un ecosistema educativo en perfecta armonía con las exigencias del nuevo paradigma productivo.

6. REFERENCIAS.

Aires, M., Rosa, A. (2018). Indústria 4.0: a manufatura aditiva como ferramenta de inovação e otimização. *Brazilianjournals.Com*, 12.

Amaliyah. (2019). Business: Innovation: Implementation Digital Transformation and Digital Leadership in Era Industrial Revolution 4.0. <https://doi.org/10.2991/icot-19.2019.2>.

Ávila-Bohórquez, J. H., & Gil-Herrera, R. de J. (2022). Proposal and Validation of an Industry 4.0 Maturity Model for SMEs. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 15(3), 433–454. <https://doi.org/10.3926/jiem.3673>.

Ávila-Guerrero, F. M., Bernal Díaz, I. V., & Monroy Gómez, D. A. (2023). Business Digital Transformation: Review of Investigative Productions 2017 – 2021. *Revista Venezolana de Gerencia*, 28(101). <https://doi.org/10.52080/rvgluz.28.101.18>.

Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., & Rosenberg, M. (2014). How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective. In *World Academy of Science, Engineering and Technology. International Journal of Information and Communication Engineering (Issue 1)*.

Calle Herencia, C. A. (2022). La transformación digital y su importancia en las pymes. *Iberoamerican Business Journal*, 5(2), 64–81. <https://doi.org/10.22451/5817.ibj2022.vol5.2.11059>.

CEPAL. (2021). Datos y hechos sobre la transformación digital(LC/TS.2021/20). Séptima Conferencia Ministerial Sobre La Sociedad de La Información de América Latina y El Caribe.

Dini, M., & Stumpo, G. (2019). América Latina Un frágil desempeño y nuevos desafíos para las MIPYMES Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL.

Ferraz, J. C., Torracca, J., Ruiz, A. U., Britto, J., & Schmidt, H. (2021). Argentina-Brasil La travesía por la digitalización Instituto para la Integración de América Latina y el Caribe Sector de Integración y Comercio. <http://www.iadb.org>.

Fundación Observatorio PyME. (2019). Informe de Coyuntura de las PyME industriales, software y servicios informáticos. III Trimestre 2019. <https://www.observatoriopyme.org.ar/project/coyuntura-pyme-itrim2019-2-2/>.

Roark, G., Urrutia, S., Jaureguierry, M., Paravié, D., & Ottogalli, D. (2013). Actividades predominantes a nivel nacional, regional y local de las pymes industriales argentinas. *Ciencias Administrativas*.

González Varona, J. M. (2021). Retos para la Transformación Digital de las PYMES: Competencia Organizacional para la Transformación Digital [Universidad de Valladolid]. <https://doi.org/10.35376/10324/47767>.

Kagermann, H., Lukas, W.-D., & Wahlster, W. (2011). Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution. VDI Nachrichten, 13.

Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E. de F. R., & Ramos, L. F. P. (2017). Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal. In *International Journal of Production Research* (Vol. 55, Issue 12).

Maresova, P., Soukal, I., Svobodova, L., Hedvicakova, M., Javanmardi, E., Selamat, A., & Krejcar, O. (2018). Consequences of industry 4.0 in business and economics. In *Economies* (Vol. 6, Issue 3). <https://doi.org/10.3390/economies6030046>.

Mon, A., & Del Giorgio, H. R. (2021). Evaluation of Information and Communication Technologies towards Industry 4.0. *Procedia Computer Science*, 180.

Mon, A., Del Giorgio, H. R., Collazos, C., & Calleros, J. M. G. (2022). Analysis of Companies in Industry 4.0 to Characterize Their Users: The Cases of Argentina and Mexico. *Communications in Computer and Information Science*, 1707 CCIS. https://doi.org/10.1007/978-3-031-24709-5_3.

Mon, A., & Giorgio, H. R. Del. (2023). Technological Transformation Model for SMEs. *Procedia Computer Science*, 217. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.306>.

Osorio-Gallego, C. A., Londoño-Metaute, J. H., & López-Zapata, E. (2016). Analysis of factors that influence the ICT adoption by SMEs in Colombia. *Intangible Capital*, 12(2). <https://doi.org/10.3926/ic.726>.

Saavedra Sueldo, C., Perez Colo, I., De Paula, M., Villar, S. A., & Acosta, G. G. (2023). ROS-based architecture for fast digital twin development of smart manufacturing robotized systems. *Annals of Operations Research*, 322(1). <https://doi.org/10.1007/s10479-022-04759-4>.

Schumacher, A., Erol, S., & Sihni, W. (2016). A Maturity Model for Assessing Industry 4.0 Readiness and Maturity of Manufacturing Enterprises. *Procedia CIRP*, 52. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.040>.

Somohano-Rodríguez, F. M., Madrid-Guijarro, A., & López-Fernández, J. M. (2022). Does Industry 4.0 really matter for SME innovation? *Journal of Small Business Management*, 60(4). <https://doi.org/10.1080/00472778.2020.1780728>.

Strandhagen, J. W., Alfnes, E., Strandhagen, J. O., & Vallandingham, L. R. (2017). The fit of Industry 4.0 applications in manufacturing logistics: a multiple case study. *Advances in Manufacturing*, 5(4). <https://doi.org/10.1007/s40436-017-0200-y>.

Trujillo Valdiviezo, G., Rodríguez Alegre, L., Mejía Ayala, D., & López Padilla, R. D. P. (2022). Digital transformation in Latin America: a systematic review. In *Revista Venezolana de Gerencia* (Vol. 27, Issue 100, pp. 1519–1536). Universidad del Zulia. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.27.100.15>.

Xu, X., Lu, Y., Vogel-Heuser, B., & Wang, L. (2021). Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception. *Journal of Manufacturing Systems*, 61. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.10.00>.