

## Los desafíos de la digitalización en Pymes manufactureras de la Argentina: un recorrido sobre los avances empíricos recientes <sup>ξ</sup>

Juan Gabriel Vélez \*

Hernán Morero \*\*

### Resumen

Las últimas décadas han sido testigo del avance y profundización de la digitalización tanto en la economía como en la sociedad. Diferentes oleadas de avances tecnológicos, desde el uso de las computadoras, Internet, el desarrollo de las TIC, hasta las actualmente llamadas “tecnologías 4.0”, han tenido un alto impacto en la manera en que las empresas desarrollan sus procesos productivos y organizativos. Sin embargo, la literatura que ha estudiado la medida en que estas “tecnologías 4.0” están presentes en la manufactura de nuestro país está dispersa. Este es un artículo de revisión que procura reseñar los avances empíricos recientes que procuran, de manera académica y sistemática, dar cuenta de la importancia de la digitalización de la producción en la industria argentina en los últimos años.

**Palabras clave:** Digitalización; Industria 4.0; Argentina.

**Códigos JEL:** B51, O15

### Abstract

In the last decades, the digitalization has advanced in both the economy and society. Different waves of technological advances (computers, the Internet, the development of ICT) have expanded to what is currently called “4.0 technologies” into firms, their production and organizational processes. However, the literature that has studied the extent to which these “4.0 technologies” are present in manufacturing in Argentina is scattered. This is a review paper that aims to review recent empirical advances that seek, in an academic and systematic manner, to account for the importance of the digitalization of production in the Argentine industry in recent years

**Keywords:** Digitalization; Industry 4.0, Argentina.

**JEL codes:** B51, O15

---

<sup>ξ</sup> Recibido 11 de diciembre de 2023 / Aceptado 25 de febrero de 2024

\* CONICET - Instituto de Economía y Finanzas, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Córdoba. Correo electrónico: [juangavelez@unc.edu.ar](mailto:juangavelez@unc.edu.ar)

\*\* CONICET-Centro de Investigaciones y Estudios sobre Cultura y Sociedad (CIECS). Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Córdoba. Correo electrónico: [hernanmorero@eco.uncor.edu](mailto:hernanmorero@eco.uncor.edu)

## 1. Introducción

Los últimos decenios han visto expandirse las “nuevas tecnologías digitales” en toda una diversidad de dimensiones de la sociedad, la economía, la política, la comunicación. Ello ha sido acompañado con la preocupación de los académicos sociales por la forma en que estas tecnologías se han imbuido en el ámbito de la producción, con cierto interés por parte de consultores privados.

Desde que en 2011 fuera propuesto en Alemania el *slogan* de “Industria 4.0” para referirse a las transformaciones digitales de la producción, el término se ha difundido de manera muy amplia en los ámbitos académicos, de diseño y ejecución de política industrial, y especialmente entre las asociaciones empresariales y sectoriales. Sin embargo, la medida en que hablamos de “Industria 4.0” no muestra una medida similar de cuando sabemos sobre la cantidad de “Industria 4.0” que existe en la realidad. El objetivo de este artículo es revisar lo que sabemos de cuanta digitalización tiene la manufactura argentina, es presentar las investigaciones empíricas existentes publicadas que pueden dar cuenta de la relevancia real de la digitalización de la producción en nuestro país.

Uno de los resultados de esta revisión es que los estudios con los que contamos son pocos: es mucho más lo que hablamos de la importancia de la digitalización, respecto de lo que sabemos acerca de cuán digitalizada está nuestra producción. Otro de los resultados es que, de los pocos estudios con los que contamos que tratan de medir el grado de digitalización de nuestra producción, llegan a mostrar que su grado de difusión es poco relevante para el funcionamiento de la industria. No existe evidencia que señale que las pymes manufactureras argentina pueden ser expulsadas del mercado, o vean afectada su competitividad, por el hecho de no avanzar (o comenzar) la digitalización de su producción.

Con todo, a través de abordajes metodológicos diversos, algunos cualitativos, otros cuantitativos, desde 2018 podemos dar cuenta de un pequeño grupo de antecedentes valiosos tratando de avanzar en el tema. Se han dedicado a documentar la medida en que la digitalización de la producción ha ido expandiéndose en empresas manufactureras en la Argentina, planteando algunos interrogantes: qué limitantes han ido apareciendo, qué matices, motivaciones y aprendizajes surgen para las políticas industriales. En la sección siguiente ofrecemos un recorrido por tales avances que puede contribuir a continuar la investigación futura en lo que es una problemática hartamente relevante para el desarrollo nacional.

## 2. Los estudios e investigaciones recientes sobre la digitalización de la producción en la Argentina: una revisión de la literatura empírica

Dentro del conjunto de contribuciones identificadas que realizan estudios empíricos en países de la región, podemos señalar un subgrupo que se constituyen como antecedentes en esta literatura.

La CEPAL comenzó incipientemente hacia 2017 a plantear el tema para América Latina en la publicación de sus documentos de trabajos y artículos como parte de una sucesión de proyectos de colaboración con el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania y la Agencia Alemana de Cooperación

Internacional (GIZ). En este marco, cabe señalar el trabajo realizado por Mario Castillo (2017), jefe de la Unidad de Innovación y Nuevas Tecnologías de la División de Desarrollo Productivo y Empresarial de la CEPAL, donde realiza un diagnóstico de la situación de un conjunto de tecnologías digitales disruptivas y su impacto en la “manufactura avanzada”; mientras que en Castillo et al. (2017) se enfocan en propuestas de políticas industriales 4.0 para América Latina. Luego, en su documento Mónica Casalet (2018) “**La digitalización industrial: Un camino hacia la gobernanza colaborativa**” realiza una revisión de las estrategias y los programas adoptados en Alemania, Estados Unidos, la Comunidad del País Vasco y China y, aunque luego aborda las capacidades tecnológicas de México, no realiza un estudio empírico particular sobre la digitalización de la industria en este país. De hecho, ninguno de estos tres documentos analiza empíricamente la relevancia del grado de digitalización la manufactura en algún país de América Latina.

Centraremos esta revisión en los trabajos empíricos realizados en la Argentina acerca del grado de digitalización de su producción manufacturera. La búsqueda ha identificado tres clases de producciones, **i)** un conjunto de informes, reportes y documentos de trabajo desde organismos internacionales, consultoras y universidades centrados en la adopción de tecnologías 4.0 por parte de las empresas (Tabla 1); **ii)** un grupito de documentos de la misma naturaleza pero centrados en los proveedores de este tipo de tecnologías 4.0 para la industria (Tabla 3); y **iii)** un grupito de artículos publicados en revistas científicas con referato abordando tanto la adopción, como la provisión de digitalización para la producción (Tabla 5).

A continuación, examinaremos los informes elaborados centrados en la implementación de tecnologías 4.0 que hemos revisados, resumidos en la Tabla 1.

**Tabla 1 – Informes y documentos de trabajo centrados en implementación de tecnologías 4.0**

<b>Autores-Año</b>	<b>Institución</b>	<b>Temática-Ejes</b>	<b>Estrategia metodológica</b>	<b>Alcance</b>
<b>Nieponice et al. (2018)</b>	Boston Consulting Group	Grado de implementación y adopción de tecnologías en empresas.	Encuesta online a 66 grandes empresas.	Argentina
<b>Basco et al. (2018)</b>	CIPPEC, BID-INTAL y UIA	Impacto de las nuevas tecnologías sobre la industria manufacturera, el trabajo, CGV y el comercio.	Estudios de caso a dos grandes empresas.	Argentina
<b>Albrieu et al. (2018)</b>	BID-INTAL	Grado de difusión actual y esperado de tecnologías 4.0, posible impacto en la demanda de trabajo y de habilidades.	Encuesta con una muestra de 307 empresas argentinas.	Argentina
<b>Motta et al. (2019)</b>	CEPAL – UNRaf – UNC	Motivaciones, beneficios y obstáculos a la introducción de tecnologías 4.0 en mipymes industriales de la Argentina, contribuir al diseño de propuestas de políticas para la incorporación de tecnologías digitales en las mipymes.	Estudios de casos múltiples (15 empresas).	Provincias de Córdoba y Santa Fe
<b>Ferraz et al. (2021)</b>	BID-INTAL	Adopción actual de las tecnologías digitales; Adopción esperada de tecnologías digitales en un futuro; Etapa de ejecución de planes y acciones para implementación de tecnologías a futuro.	Estudio comparativo con datos de panel	Argentina y Brasil

En la Argentina, el primer aporte empírico con un estudio de campo propio sobre este tema fue realizado por el Boston Consulting Group en 2018, cuyos resultados son presentados en su reporte titulado **“Acelerando el desarrollo de la industria 4.0 en Argentina”**. Este informe se llevó a cabo junto a la Secretaría de Transformación Productiva del Ministerio de Producción de Argentina y consistió en la realización, en 2017, de una encuesta *online* a 78 ejecutivos de 66 grandes empresas industriales del país (Nieponice et al., 2018)<sup>1</sup>. La muestra obtenida está conformada mayormente por ejecutivos pertenecientes a grandes empresas ya que 41% de las empresas encuestadas tenían más de 1000 empleados y 18% poseían entre 501 y 1000 empleados. Los ejecutivos encuestados pertenecían a empresas industriales de diferentes sectores.

Los resultados más llamativos de este informe marcan el fuerte contraste entre la importancia concedida a la transformación tecnológica y la evolución de la Industria 4.0 por parte de la alta gerencia, en relación a los avances concretos de las empresas en esa dirección. Poco más de la mitad de los encuestados declararon haber tenido “gran progreso” o “progreso intermedio” hacia la implementación de las nuevas tecnologías. Sólo 35% de las empresas habían comenzado a incorporar iniciativas concretas, con lo cual la gran mayoría de empresas de la muestra no habían comenzado ni siquiera a planificar la implementación de tecnologías de Industria 4.0.

A su vez, la implementación es heterogénea y son las empresas de gran tamaño las que están liderando la transformación debido a que poseen mayor escala y mayor capacidad para la inversión en I+D (Nieponice et al., 2018). Mientras que el 37% de empresas con más de 2000 empleados declara haber implementado medidas para la incorporación de tecnologías de Industria 4.0, sólo el 16% de empresas de menos de 500 empleados ha llevado a cabo tales acciones.

Las áreas que tienen mayores avances en implementaciones son la de seguridad e infraestructura de datos, aquellas que no demandan altas inversiones y corresponden a tecnologías relativamente estándar. Los menores avances, por su parte, corresponden a áreas como implementación de realidad aumentada para capacitaciones y tecnologías relacionadas con fábricas inteligentes, control de producción y diseño de fábrica digital.

Además, el informe destaca cuáles son los principales obstáculos que identifican los ejecutivos encuestados en relación a la implementación de estas nuevas tecnologías. Así se mencionan como los más relevantes la falta de personal calificado (71% lo identifica como algo muy relevante); la incertidumbre respecto al impacto de las inversiones en las ganancias de la compañía (65%); la resistencia al cambio y a la innovación (64%). Otros obstáculos que se resaltan son la falta de infraestructura de red con un ancho de banda suficiente (60%), que no existe un negocio claro (49%) y la falta de opciones de financiamiento (48%).

Finalmente, se consultó en el estudio respecto de cuáles creen que van a ser las competencias tecnológicas más necesarias a futuro en el personal de las empresas. Así se destacan la ingeniería y desarrollo del proceso de producción, la ciencia de datos, la programación, la analítica (algoritmos para mantenimiento predictivo), la

---

<sup>1</sup> - Este trabajo replica una metodología empleada anteriormente por este mismo grupo consultor que ya había encuestado a más de 1500 ejecutivos en distintos países.

seguridad de datos, la interfaz humano-máquina, la gestión de datos y el control del proceso de producción.

Un segundo aporte fue realizado por CIPPEC, el BID y la UIA, en su documento **“Industria 4.0. Fabricando el futuro”** (Basco et al., 2018). Allí exploran el impacto de las nuevas tecnologías sobre la industria manufacturera, el trabajo, las Cadenas Globales de Valor (CGV) y el comercio. Además de un análisis conceptual y la sistematización de la visión de diferentes expertos sobre la Industria 4.0, los autores aportan evidencia empírica obtenida de estudios de caso de empresas con implementaciones de estas nuevas tecnologías. Estos estudios están referidos a dos empresas grandes argentinas: Tenaris, del sector siderúrgico y dedicada a la producción de tubos para la industria de petróleo y gas (parte del Grupo Techint); y Sinteplast, fabricante de pinturas. El primer caso es presentado como un ejemplo de la dinámica virtuosa del intercambio de información y colaboración en sentido vertical, al interior de una cadena de valor (la integración proveedor-cliente). Sinteplast, por su parte, ejemplifica un caso exitoso de la dinámica de información y colaboración en el sentido horizontal, esto es, la integración de la empresa con otras firmas que son líderes del mismo sector. Para ambos casos, se trata de grandes empresas que incorporaron y sacaron provecho de las nuevas tecnologías digitales.

La empresa Tenaris es una multinacional que forma parte del Grupo Techint y es líder mundial en la provisión de tubos de acero y servicios en el sector de energía y algunos otros sectores industriales. Allí se aplicaron tecnologías tales como la identificación de tubos por radiofrecuencia, la robótica industrial y en procesos administrativos, la impresión 3D (para el prototipado), sistemas de rastreo de la ubicación de activos y personas en tiempo real, un *chatbot* implementado en recursos humanos para responder inquietudes de los empleados formuladas en lenguaje natural, entre otras<sup>2</sup>.

El otro estudio de caso realizado en el marco de esta publicación se trata de Sinteplast, empresa que se ha expandido hacia países limítrofes, donde cuenta con fábricas propias, y que posee más de 1100 empleados en total. Entre las tecnologías correspondientes a la Industria 4.0 que se han implementado en esta empresa, cabe destacar las siguientes: automatización de almacenes (total robotización del almacén) y digitalización de sistemas logísticos; automatización de la planta productiva (monitoreo y adición automática de componentes en el proceso de fabricación, robots de paletizado); integración de todas las áreas de gestión y administración de la empresa con un mismo ERP, entre otras.

Los resultados arrojados de estos análisis tienden a facilitar la comprensión de la dinámica, las características y las posibilidades que abre este cambio tecnológico en marcha. Especialmente se buscó hacer énfasis en la manera en que pueden lograrse aprovechamientos de las tecnologías 4.0 para implementar “modelos de negocios orientados al cliente” y lograr innovaciones a través de estrategias colaborativas (Basco et al., 2018, p.118).

---

<sup>2</sup> Una de las tecnologías implementadas consiste en un sistema de trazabilidad para tubos que puede operarse a través de dispositivos móviles y que almacena información en la nube. Pueden identificarse, rastrearse y localizarse tubos de forma individual, recibiendo información de las características y especificaciones de cada uno.

También desde CIPPEC, el BID-INTAL y la UIA proviene lo que constituye el único estudio empírico existente en la Argentina que puede dar cuenta de estadísticas del grado de la digitalización de la industria a nivel nacional, que es el trabajo de Albrieu (2018) titulado **“Travesía 4.0: hacia la transformación industrial argentina”**. Este trabajo realizado en conjunto entre el CIPPEC, el BID-INTAL y la UIA se destaca por llevar adelante un estudio basado en la realización de una encuesta propia, semi-estructurada, a una muestra de 307 empresas argentinas, para indagar tanto el grado de difusión actual y esperado de tecnologías 4.0, como el posible impacto en la demanda de trabajo y habilidades. El trabajo de campo fue replicado por el BID luego en Uruguay (Barafani et al., 2020), pero para el caso de Argentina se trabajó con una muestra de empresas de 6 ramas de actividades: alimentos procesados; siderurgia y metalmecánica; vehículos livianos y piezas y accesorios; textil; maquinaria agrícola; y biofarma.

Esta investigación tomó como referencia otro estudio realizado por la Confederación Nacional de Industria (Brasil) en 2018, denominada “Industria 2027 (I2027)”, a cargo de equipos de la Universidad Federal de Rio de Janeiro y de la Universidad Estadual de Campinas (Coutinho et al., 2018). Con ello, el estudio buscó ser comparativo, aunque amplió el foco de análisis con un bloque de preguntas específicas referidas a habilidades de empleados demandadas por empresas en el presente y en los próximos años. Este estudio realizó un diseño para el cual definió cuatro niveles tecnológicos que se corresponderían cada cual con una “Generación Tecnológica”, tal y como resume la Tabla 2 a continuación. Además, estudiaron este nivel tecnológico en cinco áreas funcionales de la empresa: relación con proveedores, gestión de negocios, relación con clientes, gestión de los procesos productivos, y desarrollo de productos. Así que para cada una de las áreas funcionales se establece un grupo de tecnologías usadas que se asocia a cada “Generación Tecnológica.”<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> - Por ejemplo, para el caso de manejo de proveedores, se pregunta de manera cerrada las tecnologías que usa de esta manera: si realiza transmisión de pedidos mediante el uso de teléfono, fax o correo electrónico y similares (primera generación tecnológica); si realiza transmisión de pedidos por medio electrónico uso de sistemas EDI (segunda generación tecnológica); si realiza soporte informático de los procesos de compras, stocks y pagos: uso de portales de compras y relaciones, catálogos electrónicos, ERP para integrar la gestión de proveedores y similares (tercera generación tecnológica); o si realiza seguimiento en tiempo real de pedidos y de logística de proveedores: uso de servicios web (cuarta generación tecnológica). Un diseño análogo les corresponde a las otras cuatro áreas funcionales.



**Tabla 2. Generación tecnológica y descripción. Definiciones de estudio  
“Travesía 4.0: hacia la transformación industrial argentina” (Albrieu et al 2018)**

Generación	Descripción
Primera (G1)	Producción rígida. Soluciones digitales relativamente maduras que se utilizan para fines específicos. Representa un estado de digitalización puntual, donde las empresas utilizan tecnologías digitales para tareas específicas y localizadas. La relación con proveedores y clientes, por ejemplo, se realiza a través de transmisiones manuales o telefónicas.
Segunda (G2)	Producción Flexible. Soluciones de tecnologías digitales se utilizan para hacer la producción más ágil y flexible, hay integración entre funciones empresariales como CAD-CAM, pero sin abarcar todo el ámbito de una función.
Tercera (G3)	Producción integrada. Soluciones más integradas e interconectadas en el control de funciones empresariales. Como resultado, se minimizan los tiempos muertos y pérdidas de procesos a causa de fallas de información. El grado de compromiso con proveedores y clientes es alto, y la empresa puede activar o responder demandas casi en tiempo real.
Cuarta (G4)	Producción integrada, conectada e inteligente. Las tecnologías digitales apoyan en tiempo real los procesos de decisión, con uso intensivo de inteligencia artificial. La compañía opera como un sistema cibernético, basado en la combinación de componentes de software con la parte mecánica o electrónica de las máquinas, generalmente vía sensores. Esto permite el control, monitoreo y análisis de datos, transferidos automáticamente entre el mundo físico (máquinas) y el ciber (software), con el apoyo de inteligencia artificial. Si se implementa de manera efectiva e integral.

**Fuente:** elaboración propia en base a Albrieu et al. (2019); Coutinho et al. (2018); Ferraz et al. (2021).

En segundo lugar, el estudio confirma que para todas las áreas funcionales de la empresa predominan las tecnologías de primera y segunda generación. El promedio de las áreas funcionales indica que poco más del 80% de las tecnologías empleadas corresponden a tecnologías de primera y segunda generación.

En tercer lugar, se destaca la expectativa de las empresas en lo que se refiere a la incorporación de tecnologías de tercera y cuarta generación en los próximos 10 años. Puede resaltar que el uso de las nuevas tecnologías se espera que sea mayor en las áreas de relación con clientes, relación con proveedores y desarrollo de producto.

En cuarto lugar, puede verificarse el mismo contraste que sugieren otros estudios (Nieponice et al., 2018) respecto de la alta expectativa de las tecnologías 4.0 para el futuro, con las escasas acciones concretas de las empresas dedicados en la actualidad a la implementación de estas tecnologías. Más del 60% de las empresas encuestadas declaró no estar tomando ninguna medida concreta para la adopción de las nuevas tecnologías. De las pocas empresas que emprenden acciones concretas, las inversiones se concentran mayormente en capacitación interna, incorporación de mano de obra con habilidades específicas y en la inversión en capital fijo.

A partir de estos resultados, los investigadores proponen una tipología de empresas que las agrupa en 3 grupos de acuerdo con su grado de adopción de tecnologías: los Cóndores, los Alpinistas y los Trekkers. Así, proponen pensar a las empresas argentinas dentro de un esquema de pirámide o montaña, donde en la cumbre se encuentra el pequeño porcentaje (6% de la muestra) de empresas que son tecnológicamente avanzadas y que emprenden acciones concretas para acercarse a la frontera tecnológica, a quienes denominan “Cóndores”. En ese pequeño subgrupo de empresas, casi la mitad son firmas de gran tamaño o medianas grandes, y el 61% de todas ellas son exportadoras.

Por debajo de estas empresas se ubican un 45% de firmas que poseen un grado de adopción tecnológica intermedio, donde predominan tecnologías de segunda y tercera generación, aunque dedican cierto esfuerzo a la planificación de la implementación de la cuarta generación, por lo que intentan “caminar hacia la cima de la digitalización”, son denominados los “Alpinistas”. Por último, en la base de esta pirámide se ubican la mayoría de empresas, apenas menos de la mitad de la muestra, las cuales emplean tecnologías de primera y segunda generación, al tiempo que no realizan acciones concretas para adoptar nuevas tecnologías, y los autores denominan los “Trekkers”.

Un cuarto aporte empírico, aunque con un enfoque cualitativo, fue el realizado por Motta et al (2019) “**Industria 4.0 en mipymes manufactureras de la Argentina**”, para la CEPAL en el marco del proyecto Euromipyme “Mejores políticas para las micro, pequeñas y medianas empresas en América Latina”, financiado por la Unión Europea, y como parte de un programa liderado por la Universidad Nacional de Rafaela (UNRaf) y con investigadores de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC). El objetivo del estudio fue indagar exploratoriamente sobre las motivaciones, beneficios y obstáculos a la introducción de tecnologías 4.0 en mipymes industriales de la Argentina, como una manera de contribuir al diseño de propuestas de políticas para la incorporación de tecnologías digitales en las mipymes en términos más generales. El trabajo de Motta et al. (2019) se inscribe también en la línea de estudios regionales acerca de la adopción por parte de las empresas de las tecnologías 4.0.

La investigación se propuso relevar casos de implementación de tecnologías 4.0 en mipymes industriales de las provincias de Córdoba y Santa Fe. Para ello desarrolló una metodología de tipo cualitativa basada en el estudio de caso múltiple de empresas que hayan implementado o estén en proceso de implementación de estas tecnologías. La muestra de mipymes adoptantes identificadas y estudiadas alcanzaron los 15 casos, en ramas productivas tales como la industria alimenticia (bebidas, lácteos, helados), la autopartista y metalmecánica, la electrónica y material eléctrico, equipamiento médico y óptica, maquinaria agrícola e implementos, a industria plástica; y niveles de empleo de entre los 5 y los 380 operarios en planta.

Se identificaron implementaciones de todo tipo, con la excepción de realidad aumentada. El trabajo da cuenta de las tecnologías involucradas a través de algunos ejemplos: adopción de tecnologías de IoT y sensorización (software de captación de datos de producción en tiempo real, sistemas de monitoreo y control de la producción y almacenamiento, sistemas digitalizados y optimizados de *picking*, etc.); Inteligencia Artificial (soluciones de robótica avanzada para control de calidad y predictibilidad de fallas, software embebido en maquinaria); Robótica Avanzada (grúas inteligentes en cámaras frigoríficas, robótica para control de calidad en productos finales); *Big Data* (minería de datos para estadísticas de producción); *Cloud Computing* (sistemas de gestión en tiempo real); e Impresión 3d (prototipado de piezas). A partir de estas adopciones como casos de implementaciones exitosas en mipymes argentinas manufactureras, se indagó en profundidad acerca de las motivaciones y condiciones de la implementación, los beneficios y obstáculos identificados en el proceso de adopción como una manera de sistematizar lecciones de política.

Entre los resultados de la investigación se destaca que las empresas que han realizado implementaciones de tecnologías 4.0 tienden a contar con trayectoria de



competencias digitales básicas previas a la implementación. Por otro lado, desde una visión de conjunto de los casos, en la mayoría de ellos la incorporación de tecnología 4.0 fue principalmente consecuencia de la necesidad o conveniencia de solucionar uno o más problemas específicos que se le presentaban a las empresas<sup>4</sup>. Las soluciones implementadas consistieron en la generación de información relevante y de calidad para la toma de decisiones en tiempo real, aunque también hubo casos de inversiones en tecnologías 4.0 motivadas por la búsqueda de obtener mejoras en la calidad del producto final, lograr reducciones de costos y facilitar el aumento de la escala de producción. En pocos casos la implementación se debió al hecho que fueron adquiridas maquinarias modernas que tenían la tecnología incorporada o “embebida”.

Una de las singularidades de este estudio es que basa su análisis en una consideración particular del lugar que ocupa la periferia latinoamericana en el capitalismo global, donde la necesidad de avanzar en procesos cualitativos de cambio estructural con igualdad, se torna un aspecto relevante para el desarrollo social. En ese sentido, pone en debate el rol concreto (y la deseabilidad) que la digitalización puede tener en términos de desarrollo y desigualdad productiva<sup>5</sup>. Mientras muchos estudios empíricos dan por sentada la deseabilidad productiva de la “fabricación inteligente”, asumiendo un sendero idealizado de adopción digital pasando por fases<sup>6</sup> o grados (o a través de “generaciones tecnológicas”); lo que haya este estudio es muy distinto: la digitalización se aplica en una necesidad productiva, competitiva, de gestión concreta de la realidad de la empresa en su mercado concreto, y no como parte de una transformación completa en una ciberfábrica. Esta es una imagen que le resulta alejada de la realidad a la mipyme latinoamericana, porque está lejos de sus necesidades.

El estudio enfatiza que la adopción de tecnologías puede pensarse en términos de diversos gradientes de adopción, que responden a su vez a las necesidades específicas de cada empresa en su estrategia de competencia. No se trata de una opción binaria (“Ser Generación 4.0 / “No ser “Generación 4.0”) ya que en la totalidad de los casos estudiados verifican la adopción parcial de estas nuevas tecnologías. Esto indica que la implementación es un proceso que no tiene lugar en todas las áreas y procesos de la empresa, sólo en algunos.

Ello se relaciona también con otro hallazgo del trabajo que es la dinámica de las mipymes latinoamericanas en lo que refiere a la construcción sus competencias propias a través de procesos de adaptación en la industria. Lo frecuente ha sido que encontrar que el abordaje de la digitalización es el resultado de la combinación de sus propios saberes informáticos, con los aprendizajes de las condiciones tecnológicas actuales. Así, predomina el hábito de “atar con alambre”, transformar la

---

<sup>4</sup> - Los problemas estaban relacionados con un amplio abanico de cuestiones, entre las que cabe mencionar el inadecuado mantenimiento de los activos productivos, fallas en las maquinarias o en los procesos de producción, incapacidad para cotizar adecuadamente pedidos de piezas especiales, inconvenientes en el control de inventarios, etc.

<sup>5</sup> - No son pocos los estudios que indagan en el impacto que puedan llegar a tener estas tecnologías sobre los trabajadores y las condiciones de trabajo (ver, por ejemplo, Zukerfeld et al., 2023). La Organización Internacional del Trabajo y la Unión Industrial Argentina impulsaron un estudio al respecto para analizar la situación presente y a futuro en el país; ver (2020).

<sup>6</sup> - Ver, por ejemplo, la estilización de Ruiz et al. (2018).

maquinaria existente<sup>7</sup> a 4.0, incorporando sensores y otros dispositivos de conectividad, a través de un proceso de aprendizaje por prueba y error.

Entre los obstáculos que los adoptantes identificaron en sus procesos de adopción están la falta de conocimiento de la tecnología; ciertas deficiencias en competencias digitales internas; la cultura, hábitos organizacionales y resistencia al cambio en la organización; las dificultades de acceso al financiamiento y el tamaño de la inversión; las limitaciones de la infraestructura de conectividad; y el elevado grado de diversificación productiva de las mipymes argentinas. Estas son algunas limitaciones que las empresas pudieron sortear, que sirven de base al informe para realizar recomendaciones respecto de la orientación de lineamientos de políticas y aprendizajes.

Por último, el estudio remarca que, en los casos estudiados, se identifica como uno de los factores críticos para la adopción de estas nuevas tecnologías la existencia de competencias digitales previas, iniciales en la firma. Este no es un hecho menor para las economías latinoamericanas, ya marcadas por una elevada disparidad en la distribución de sus competencias productivas. Aquellas firmas que no poseen las competencias previas van a encontrar obstáculos mayores para la incorporación de tecnologías 4.0, y ello tendería a agravar el problema de las desigualdades intersectoriales y de heterogeneidad estructural; por lo cual aquí un potencial foco de intervención sectorial para la política tecnológica y que la digitalización no empeore una situación de desigualdad productiva que ya es muy grave y nociva para la sociedad y su generación de ingresos.

Los resultados de esta investigación revelaron que, en promedio, las empresas que han realizado implementaciones de tecnologías 4.0 tienden a ser de tamaño mediano, jóvenes, dotadas de recursos que les permiten invertir y que poseen una trayectoria de competencias digitales básicas. La adopción de tecnologías puede pensarse en términos de diversos gradientes de adopción, que responden tanto a las necesidades específicas de cada empresa en su estrategia de competencia, como a la existencia de obstáculos que impiden profundizar en la digitalización. Los autores señalan que no se trata de una opción binaria ya que en la totalidad de los casos estudiados se verifica la adopción parcial de estas nuevas tecnologías. Al igual que en informes previos (Albrieu et al., 2019), Motta et al. afirman que la adopción no se verifica en todas las áreas y procesos de la empresa, sólo en algunos.

Algunas de las ventajas en el ideal de Industria 4.0 se relacionan con la producción de múltiples tipos de componentes de una sola línea de producción en pequeños lotes. Sin embargo, los investigadores destacan que este mismo resultado ha sido logrado por gran cantidad de mipymes argentinas, pero a través de la adaptación de tecnologías, maquinarias y procesos, a partir del ingenio y los materiales disponibles.

Un aspecto clave para la adopción de nuevas tecnologías es la existencia de competencias digitales previas. Como corolario, aquellas firmas que no poseen las competencias previas van a encontrar obstáculos mayores para la incorporación de tecnologías 4.0, y ello tendería a agravar el problema de las desigualdades intrasectoriales y de heterogeneidad estructural (Motta et al., 2019).

---

<sup>7</sup> - Que acorde al estudio de Albrieu et al (2018) calificaría como equipo de “Tercera o de Segunda Generación Tecnológica”.

Por último dentro de este primer grupo de estudios, Ferraz et al. (2021) realizaron un estudio comparativo entre Brasil y Argentina en relación a la adopción de tecnologías 4.0 para el BID titulado “**Argentina vs Brasil–La travesía por la digitalización**”. Este trabajo constituye una convergencia entre los estudios previos en Brasil (Coutinho et al., 2018) y Argentina (Albrieu et al., 2019). Para lograr la comparabilidad se ajustaron las encuestas para incluir dimensiones de análisis presentes en el estudio de Albrieu et al. (2019) y se depuró la base de empresas hasta lograr dos paneles de datos correspondientes a 256 empresas argentinas y 474 brasileras, encuestadas entre 2018-2020, utilizando el código CIU a 3 dígitos.

El estudio tuvo 3 ejes: i) la adopción actual de las tecnologías digitales; ii) la adopción esperada de tecnologías digitales en un futuro; y iii) la etapa en la que se encontraba la ejecución de planes y acciones para lograr la generación de tecnologías digitales a futuro. Tales ejes se indagaron para 3 funciones organizativas de las empresas: relaciones con proveedores, gestión de la producción y relaciones con clientes. Fueron considerados además los datos estructurales de las firmas (tamaño, sector de actividad, capacitación de la fuerza de trabajo) y se buscó lograr la comparabilidad en los resultados de las encuestas.

Tal como fueron elaborados los informes anteriores (Albrieu et al., 2019; Coutinho et al., 2018), se utilizó para este trabajo la conceptualización de generaciones de tecnologías (ver Tabla 2). La adopción de tecnologías de última generación es baja en ambos países 5,8% en Brasil y 1,8% en Argentina, donde la gran mayoría de empresas argentinas (87%) utilizan tecnologías digitales de primera y segunda generación, mientras que en Brasil este valor representa poco más de dos tercios (68%).

Dentro de los resultados de este trabajo se puede apreciar que Brasil tiene mejor desempeño que Argentina en lo que se refiere a la adopción de tecnologías digitales. Las empresas de mayor tamaño, así como aquellas que tienen mayor capacitación de su fuerza de trabajo, tienden a ser las que más avanzan en este proceso de digitalización.

Si se observa respecto a los sectores productivos, se puede apreciar diferencias entre los países. Mientras que en Brasil las empresas más dinámicas se encuentran en los rubros automotrices e insumos básicos, en Argentina es principalmente el sector de química, y en segundo plano agroindustrias, bienes de consumo y bienes de capital.

En lo que se refiere a lo esperado a futuro, se observó un contraste entre la proporción de empresas brasileras que cuentan con mayor cantidad de proyectos en marcha a medida que más intensifican su digitalización, en relación a dos tercios de empresas argentinas que declaran avanzar hacia G4 y G4, pero no llevar adelante ningún plan concreto para ello.

En ese sentido, un aporte de aquel trabajo fue el desarrollo de un indicador propio para cuantificar la perspectiva futura de la digitalización de la empresa, denominado el Índice de Digitalización Condicionado (IDC). Este índice sintetizó tres variables: la generación tecnológica digital adoptada por las empresas en el presente, la generación esperada para el futuro y el esfuerzo actual destinado a alcanzar el nivel esperado en el futuro.

Los datos obtenidos hacen probable que Brasil obtenga mayores resultados a futuro en su proceso de digitalización. Sin embargo, debido a que la mayor parte de las

empresas estarían “rezagadas” – porcentaje mayor para Argentina (64%) que para Brasil (47%) –, y al futuro desplazamiento de la frontera, lo que se espera es un débil acercamiento en Brasil y un distanciamiento en Argentina.

De acuerdo con los valores obtenidos para el IDC, el proceso de digitalización está más avanzado en Brasil, y eso implica un mayor nivel de heterogeneidad que el de Argentina. Incluso, debido a que los valores que arroja la investigación respecto al retroceso en empresas con menos de 100 empleados, es posible que el crecimiento de la heterogeneidad digital crezca más en Argentina. De todas maneras, en ambos países, el proceso de digitalización parece estar acompañado de un aumento de la heterogeneidad entre empresas que ya son tecnológicamente heterogéneas. Como tal, la digitalización tan solo reproduce la ya existente heterogeneidad estructural (Ferraz et al., 2021). Los resultados examinados respecto a este punto parecen confirmar la preocupación expresada por Motta et al. (2019).

En el tercer eje de indagación, referido a la demanda de trabajadores, se verificó la relación entre mayor creación de empleo y adopción de tecnologías digitales más avanzadas. Ello implica que serán necesarios más trabajadores con habilidades blandas y habilidades de interacción persona-máquina. La diferencia entre países indica que en Brasil las empresas líderes destacan la importancia de trabajadores con competencias en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, en las empresas argentinas rezagadas se marca la importancia de habilidades manuales asociadas a tareas repetitivas.

A diferencia de estudios anteriores, identificamos un segundo grupo de aportes publicados como reportes e informes, que se caracterizan por realizar análisis sobre la adopción de tecnologías 4.0 que no se enfocan exclusivamente en las empresas demandantes, sino que buscan reconocer a las firmas proveedoras de tales tecnologías y su modo de articularse con la demanda. En la Tabla 3 presentamos un resumen de estos trabajos, que reseñamos a continuación.

**Tabla 3 – Informes y documentos de trabajo centrados en proveedores de tecnología 4.0**

<b>Autores-Año</b>	<b>Institución</b>	<b>Temática-Ejes</b>	<b>Estrategia metodológica</b>	<b>Alcance</b>
<b>Erbes et al. (2019)</b>	CEPAL	Estudio de 4 sectores dinamizadores del cambio tecnológico para la recomendación de orientación en políticas públicas.	Entrevistas con informantes claves y estudios de caso múltiple (6 empresas).	Provincia de Santa Fe.
<b>Franco et al. (2023)</b>	Ministerio de Desarrollo Productivo – Argentina	Identificación y sistematización de red mundial de proveedores de tecnologías 4.0. Relevamiento de empresas locales proveedoras de bienes y servicios de la industria 4.0, y caracterización del sistema local.	Análisis de redes a partir de base de datos internacional.  Estudios de caso múltiple de (10 empresas locales).	Internacional, Argentina.

**Fuente:** elaboración propia en base a (Erbes et al., 2019; Franco et al., 2023).

El primero de ellos, “**Industria 4.0: Oportunidades y desafíos para el desarrollo productivo de la provincia de Santa Fe**”, fue realizado por Erbes, Gutman,

Lavarello y Robert para la CEPAL en 2019. Éste se trata de un informe, acotado a la provincia de Santa Fe, donde se analizan 4 sectores productivos a través de entrevistas con empresarios, funcionarios, informantes claves y el trabajo con fuentes estadísticas secundarias. El objetivo explícito del trabajo es poder contribuir al diseño de políticas de Industria 4.0 en la Provincia de Santa Fe.

Para ello, se enfocaron en estudiar la dinámica de 4 sectores productivos seleccionados por su relevancia en la provincia, su fuerte articulación con el sistema científico y tecnológico, y, especialmente, por su exposición actual a las nuevas tecnologías 4.0. Así, los complejos productivos estudiados fueron software y servicios informáticos, biotecnología en salud humana, maquinaria agrícola y el sector lácteo.

Los investigadores condujeron entrevistas con informantes claves para la detección de casos de interés, que luego de una búsqueda y revisión del listado de empresas, se determinó un conjunto con el perfil deseado, y a partir de allí se implementó una metodología de estudios de caso múltiple de 6 empresas del sector de software y servicios informáticos.

Lo interesante de los sectores seleccionados es que cada uno de ellos presenta una dinámica propia y permite comprender factores que facilitan la difusión tecnológica en la provincia de Santa Fe. Así, por ejemplo, analizar el sector de software y servicios informáticos (SSI) es clave, ya que se trata de un conjunto de actividades que funcionan como vehículo en la adopción de las nuevas tecnologías, funcionando como vector de difusión de sistemas para la recolección y procesamiento de grandes volúmenes de datos, automatización de procesos e interconexión a través de internet. En el caso particular de la dinámica de este sector en la provincia, Erbes et al (2019) identifican tres tipos de trayectorias tecnológicas diferenciadas en las empresas SSI orientadas a Industria 4.0. Conviven empresas que son distribuidoras de soluciones integrales de automatización provistas por firmas líderes a nivel global; con aquellas que dedican a hacer adaptación integral de tecnologías importadas combinadas con desarrollos locales para empresas grandes y medianas; y finalmente, empresas orientadas a pymes – cuyos procesos no están estandarizados, no existen, o bien los sistemas de gestión son incompletos –, que combinan software o componentes importados en procesos de adaptación e integración de desarrollos imitativos locales.

**Tabla 4 – Trayectorias tecnológicas en empresas SSI de la Provincia de Santa Fe**

Trayectorias	Descripción
T.1	Se caracteriza por las empresas distribuidoras de soluciones integrales de automatización y de I4.0 que son provistas por las grandes marcas globales. Si bien las empresas locales son distribuidores exclusivos de tecnologías importadas, también realizan adaptaciones e integraciones.
T.2	Se caracteriza por el trabajo de integración local de tecnologías heterogéneas y diversas, que están insertas en hardware importado que se incorporada en empresas industriales (medianas y grandes) bajo diferentes contextos. Hay desafíos importantes en torno a la interoperabilidad, la integración y la provisión de sistemas faltantes.
T.3	Implica la realización de actividades de integración y adaptación orientadas a pymes nacionales. Estos clientes no cuentan con procesos estandarizados y sus sistemas de gestión suelen ser incompletos. Debido a la falta de hardware o componentes importados automatizados, Las empresas de esta trayectoria combinan sus propios desarrollos y los adaptan en componentes importados eficiencia productiva. Se realizan de este modo desarrollos imitativos locales.

**Fuente:** elaboración propia en base a (Erbes et al., 2019; Franco et al., 2023).

Del mismo modo, reproducen un análisis similar para el resto de los sectores seleccionados en el estudio<sup>8</sup>, donde reconocen las empresas más relevantes, los vínculos con el sector de ciencia y técnica, las empresas líderes en el mundo y las posibilidades para el desarrollo. Es central comprender el lugar en el que se ubican o pueden ubicarse las firmas de cada sector en términos de las cadenas productivas, ya que se existe una disputa por los excedentes generados por mejoras de productividad, donde llevan la ventaja firmas líderes a nivel mundial que ofrecen sus propias plataformas digitales (Erbes et al., 2019).

A nivel de resultados del estudio, los autores destacan – en línea con Motta et al. (2019) – la importancia de competencias previas para la adopción de tecnologías 4.0. En ese sentido, cobra especial relevancia el hecho de que las empresas de los sectores estudiados hayan sido las principales receptoras de financiamiento nacional para iniciativas de I+D entre los años 2004-2016. En el caso particular del sector biofarmacéutico, queda de manifiesto la vital importancia de la articulación entre instituciones públicas del sistema científico-tecnológico (INTA, INTI, CONICET, entre otras), y las asociaciones que se logran con actores privados.

A partir del análisis, Erbes et al. (2019) ofrecen una serie de recomendaciones para la orientación de políticas públicas que fomenten la adopción de tecnologías 4.0, con énfasis en aquellas empresas y sectores con potencial para generar una aceleración en la difusión de las tecnologías. También identifican nichos estratégicos, o

---

<sup>8</sup> - No es posible aquí desarrollar en su totalidad el análisis específico de cada sector, recomendamos consultar el informe completo, disponible en: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/a03ff417-5eac-479e-969b-080466df1e47/content>



“trayectorias tecnológicas” presentes en la provincia, tales como el desarrollo de biosimilares de segunda generación y los servicios de genómica de alto rendimiento para distintos usos (sector biofarmacéutico), o la agricultura de precisión (maquinaria agrícola), entre otras.

Un segundo aporte en esta línea fue realizado por Franco, Graña, Rikap y Robert (2023) para el Consejo para el Cambio Estructural del Ministerio de Desarrollo Productivo, titulado **“Industria 4.0 como sistema tecnológico: los desafíos de la política pública”**<sup>9</sup>. El presente dossier de la revista Pymes, Innovación y Desarrollo cuenta con el aporte de un artículo de estos autores centrado en los principales resultados de esta investigación.

El objetivo de este informe realizado también tiene como foco el proveer insumos para la elaboración de políticas que favorezcan la difusión de tecnologías 4.0 que permitan impactar en la competitividad de las firmas. Para ello, parten por considerar el rol subordinado de la Argentina en el contexto global en términos productivos, tecnológicos y económicos, razón por la cual predomina la importación de nuevas tecnologías que deben adaptarse a las condiciones locales. El país cuenta con un sistema científico tecnológico que se torna una base sólida para la construcción de competencias necesarias en un proceso de “adopción adaptativa temprana” (Franco et al., 2023, p. 5). Al mismo tiempo, coinciden con (Erbes et al., 2019) en que este acumulado en Argentina habilita la posibilidad de pensar en desarrollos autóctonos, al menos para determinados nichos, con el potencial de competir con la oferta externa. Igual que encontramos en los estudios anteriores (Ferraz et al., 2021; Motta et al., 2019), la alta heterogeneidad estructural de nuestra economía es motivo de preocupación en términos de cómo se verá afectada por una intensificación desigual de la digitalización.

El trabajo de Franco et al. (2023) hace foco sobre el sector manufacturero, por lo cual se busca identificar la oferta existente a nivel local en términos de productos y servicios para el sector. La razón de ello obedece a una preocupación manifestada por el Ministerio de Desarrollo Productivo respecto a la baja productividad del sector manufacturero local en relación a la productividad en países centrales, y el potencial agravamiento de tal brecha.

Cabe destacar que el informe elaborado abarca un trabajo más amplio que buscó identificar y sistematizar una red mundial de proveedores de tecnologías 4.0 a través de un trabajo cuantitativo con la base de datos internacionales Crunchbase. Esto permitió generar un panorama preciso del sistema tecnológico a nivel mundial en base a tipos de tecnologías, aplicaciones, sectores y empresas líderes. Tales resultados son presentados en gráficos donde se identifican los nodos centrales en las distintas redes.

Tal análisis sirvió de punto de partida para el estudio a nivel local de la oferta de tecnologías y las empresas proveedoras de las mismas. Desde el punto de vista metodológico, esta sección del informe se realizó a través del relevamiento de empresas locales proveedoras de bienes y servicios de la industria 4.0, y la posterior caracterización del sistema local a través de análisis de redes. Ello se complementó con un análisis cualitativo de los aspectos institucionales del sistema tecnológico, con entrevistas tanto a actores públicos como privados. Finalmente, se llevaron a

---

<sup>9</sup> - La investigación se desarrolló entre junio y noviembre de 2021.

cabo estudios de caso múltiple de 10 empresas, con la idea de tener representatividad de las competencias tecnológicas identificadas a nivel local. De tal manera fueron seleccionadas 2 empresas por el subsector “integradoras”, 3 por el subsector “automatización”, 2 por el subsector “internet de las cosas”, 1 por el subsector “realidad aumentada”, y 2 por el subsector de “big data” (Franco et al., 2023).

Las tecnologías consideradas dentro del estudio de industria 4.0 han sido: inteligencia artificial (donde se destaca el *machine learning*, y las técnicas de *deep learning* y *neural networks*), robotización, manufactura aditiva o impresión 3D, sensorización y visualización digital, entre otras.

En base a las entrevistas con informantes claves, Franco et al. proponen una definición de la industria 4.0 que refleja cierto consenso entre investigadores, actores del sector privado y del sector público. Consideran así que se trata de “la incorporación de una nueva base técnica de producción que, a través de la generación de información, implica una nueva forma de gestión” (Franco et al., 2023, p. 30).

Con este punto de partida, caracterizan la oferta local de tecnología 4.0 a través de las empresas proveedoras del país. Se trata de pequeñas empresas, con frecuencia originarias de otros sectores productivos, que poseen un reducido número de empresas nacionales como clientes. No constituyen un entramado de empresas que permitan prestar el servicio de consultoría industrial para ofrecer diagnósticos y articular soluciones.

La caracterización de la oferta local identifica dificultades para lograr que las pequeñas empresas proveedoras puedan vincularse a las grandes empresas adoptantes de tecnologías. Ello se debe a la percepción de un alto riesgo por adoptar soluciones nacionales que no cuentan con la suficiente certificación o reputación. Las grandes empresas prefieren acordar con consultoras y proveedoras internacionales – aunque impliquen un mayor costo – debido a la percepción de un menor riesgo en las soluciones implementadas (Franco et al., 2023).

A ello se agrega una falta de interés, por parte de las empresas proveedoras locales, en el mercado nacional. Este hecho se debe a la falta de demanda sostenida de las empresas nacionales y a las condiciones macroeconómicas actuales que hacen más rentable la exportación.

A través de bases de datos preexistentes, mayormente provenientes de proyectos financiados por programas públicos, se fue depurando una lista de 354 empresas hasta llegar a detectar aquellas firmas que probablemente poseían competencias en tecnologías de industria 4.0. Así, el listado se redujo a 154 empresas, la mayor parte de ellas ubicadas en los grandes centros urbanos del país (CABA y las provincias de Buenos Aires, Santa Fe y Córdoba), dedicadas en su mayoría a software (29% de la muestra), Big data, inteligencia artificial (23%), Automatización/integración (21%) e Internet de las Cosas (19%). Sobre la base de las 154 empresas identificadas, se realizaron los mismos análisis de redes que en la sección del panorama internacional, concluyendo que se aún con una densidad menor de relaciones y de empresas, se observan patrones semejantes a las redes construidas a nivel global (Franco et al., 2023).

En lo que refiere a los estudios de caso, fueron seleccionadas 10 empresas del listado a las que les realizaron entrevistas virtuales. Se distinguen principalmente dos tipos de ofertas de productos y servicios de la Industria 4.0: aquellas que provienen de

empresas del extranjero, que ofrecen productos desde sus casas matrices; la oferta doméstica, que tiene la característica de ser adaptativa dado su lugar de subordinación en las cadenas de valor.

La característica de las empresas extranjeras proveedoras de tecnologías es que tienen como cliente, de forma casi exclusiva, a grandes firmas manufactureras debido a que éstas cuentan con la capacidad financiera de afrontar los altos costos de las soluciones ofrecidas. Por otra parte, están las empresas locales que abastecen tanto a grandes empresas como a pymes.

Finalmente, y antes de pasar a realizar recomendaciones específicas de políticas públicas que faciliten la difusión de tecnologías 4.0, los autores proponen 3 criterios de clasificación de las empresas que operan localmente (excluyendo los proveedores globales de servicios y equipamientos). Así, tenemos división por grupos de empresas entre:

- a) si se trata de *startups* especializadas en industria 4.0 o de empresas con trayectoria y competencias previas que han comenzado a incursionar en las nuevas tecnologías;
- b) empresas adaptadoras de tecnologías importadas y firmas con esfuerzos por desarrollar soluciones propias para diferentes contextos productivos;
- c) aquellas que tienen potencialidad de generar alto encadenamiento con pymes locales, de aquellas firmas con bajo potencial de generar encadenamiento.

Como puede observarse, las empresas con oferta de tecnologías 4.0 a nivel local son altamente heterogéneas, y es por ello que Franco et al (2023), señalan la conveniencia de establecer criterios de diferenciación de acuerdo con el foco con el que se orienten las políticas científico productivas<sup>10</sup>.

Por último, tenemos un tercer grupo de producciones sobre el fenómeno de la adopción de tecnologías 4.0 en empresas, o provisión de estas tecnologías, publicadas en artículos científicos. Estas son resumidas en la Tabla 5.

---

<sup>10</sup> Nuevamente, debido al nivel de detalle del análisis de los autores de las características y las recomendaciones de políticas para cada uno de estos subgrupos formados, no nos es posible desarrollarlo aquí, por lo que sugerimos remitirse al informe, disponible en: [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2021/03/37\\_-\\_industria\\_4.0.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2021/03/37_-_industria_4.0.pdf)

**Tabla 5 – Artículos académicos con evidencia empírica de la adopción o provisión de tecnologías 4.0 en Argentina**

<b>Autores-Año</b>	<b>Pertenencia institucional</b>	<b>Temática-Ejes</b>	<b>Estrategia metodológica</b>	<b>Alcance</b>
<b>Del Giorgio, H. R., &amp; Mon, A. (2019); Mon, A., &amp; Del Giorgio, H. R. (2022,2023)</b>	Grupo de Ingeniería de Software (Grupo GIS), Universidad Nacional de la Matanza.	Desarrollo de instrumento de medición estadístico para determinar el grado de transformación digital 4.0.	Construcción de categorías según grado de adopción tecnológica en base a un relevamiento estadístico (40 empresas).	Partido de La Matanza, Provincia de Buenos Aires.
<b>Ascúa, R. (2021)</b>	UNRaf (Universidad Nacional de Rafaela).	Motivaciones, beneficios y obstáculos a la introducción de tecnologías 4.0 en mipymes industriales de Argentina y Brasil.	Estudios de casos múltiples (30 empresas).	Argentina y Brasil.
<b>Lachman, J., &amp; Stubrin, L. (2024)</b>	Instituto Interdisciplinario de Economía Política de Buenos Aires (CONICET-UBA); Centro de Investigaciones para la Transformación (CONICET, UNSAM).	Identificación y sistematización de red mundial de proveedores de tecnologías 4.0. Relevamiento de empresas locales proveedoras de bienes y servicios de la industria 4.0, y caracterización del sistema local.	Análisis de redes a partir de base de datos internacional.  Estudios de caso múltiple de (10 empresas locales).	Internacional, Argentina.

**Fuente:** Elaboración propia en base a Lachman & Stubrin (2024); Ascúa (2021); Del Giorgio, H. R., & Mon, A. (2019); Mon, A., & Del Giorgio, H. R. (2022,2023).

Referido a artículos con evidencia empírica del grado de adopción de tecnologías 4.0, tenemos los aportes de un conjunto de investigadores de la Universidad Nacional de La Matanza, el Grupo de Ingeniería de Software (Grupo GIS). Este equipo ha desarrollado un instrumento de relevamiento para medir en empresas el grado de adopción de TICs (Del Giorgio & Mon, 2019), aplicado para evaluar el grado de transformación digital 4.0 en empresas industriales (Mon & Del Giorgio, 2022, 2022, 2023).

Este instrumento (Índice TICs / InTICs® Index) pondera la incorporación que han realizado las empresas industriales de más de 70 tecnologías digitales de tres clases (software<sup>11</sup>, hardware<sup>12</sup> e infraestructura<sup>13</sup>) en 7 áreas funcionales: Gestión,

<sup>11</sup> - En materia de **software** indagan sobre la adopción de tecnologías web (sitio web, intranet, extranet, publicidad online), servicios colaborativos (video conferencia, telefonía IP, mensajería interna, e-mail, redes sociales, sincronización de archivos, aplicaciones móviles), herramientas de oficina (procesador de texto, hoja de cálculo, presentaciones, gestor de bases de datos, gestor de agenda y correo electrónico, gestor de documentos de formato portátil, lector de documentos de formato portátil), sistemas de gestión (ERP, CRM, Atención de reclamos, tablero de control, business intelligence, big data, machine learning, software de control energético, software de aprovisionamiento y logística, SGC, gestión de recursos humanos), sistemas de diseño de productos y procesos (CAD, CAM, CAE, Realidad Aumentada, Realidad Virtual), sistemas de geolocalización (distribución y logística, publicidad) y sistemas de seguridad (seguridad de infraestructura crítica y seguridad de información crítica).

Contabilidad y Finanzas, Ingeniería, Proveedores y Compras, Logística, Producción y Ventas. El uso de cada una de estas tecnologías tiene una valoración según el área utilizada en tres niveles de avance tecnológico: básico, medio y avanzado. Según la distribución de la sumatoria de los valores de la adopción de todas las tecnologías, se establece una medición global del grado de avance tecnológico de la empresa en rangos de adopción de TICs, donde el nivel avanzado está asociado al mayor nivel de digitalización de la empresa hacia la industria 4.0 (Mon & Del Giorgio, 2022).

El instrumento fue utilizado para medir el grado de adopción digital de unas 40 empresas industriales del partido de La Matanza (Provincia de Buenos Aires) durante 2019-2020, para la validación y ajuste del índice, en una muestra compuesta en un 65% por empresas micro y pequeñas y alrededor de un 17% de medianas. Este trabajo empírico arrojó un nivel de adopción digital básico para más del 60% de la muestra, un nivel intermedio para el 35% de las empresas y un nivel avanzado para apenas el 2,5% de las empresas de la muestra (Mon y Del Giorgio, 2021). Tales resultados confirmarían el bajo número de empresas con un grado de adopción tecnológica elevado que otros trabajos ya habían señalado (Albrieu et al., 2019; Ferraz et al., 2021).

Este trabajo empírico continuó procurando evaluar el grado de uso en la muestra de las tecnologías 4.0 en concreto y cotejarlas con los niveles tecnológicos arrojados por el índice (Mon y Del Giorgio, 2022). Así, se listaron unas 10 tecnologías 4.0 (realidad virtual, robots, *big data*, realidad aumentada, sensores, software de control energético, impresoras 3d, internet de las cosas, *cloud computing*, *machine learning* y ciberseguridad) se analiza en la muestra la medida en que son adoptadas distinguiendo en cada tipo de tecnologías los tamaños de las firmas adoptantes, las áreas funcionales de uso y el nivel tecnológico global de la empresa. Un resultado interesante de este desagregado es que la mayor parte de las empresas de esta muestra que adoptan alguna o varias de estas nuevas tecnologías digitales, no se presenta como de un nivel tecnológico global “avanzado”, sino de un nivel medio. De hecho, casi la mitad de las empresas de la muestra adoptan alguna de estas nuevas tecnologías digitales, mientras sólo una de ellas entra en la categoría de ser de nivel tecnología “avanzado 4.0” acorde al nivel global del índice (Mon y Del Giorgio, 2022). Por último, el estudio continuó evaluando el uso de estas tecnologías 4.0 en la muestra por área funcional (Mon y Del Giorgio, 2023). Los resultados tienen cierta especificidad según el área funcional, pero tienden a señalar que todas las empresas de la muestra utilizan alguna tecnología de ciber seguridad, o servicio de *cloud computing* independientemente de su nivel de desarrollo tecnológico global.

Luego, cabe señalar el paper de Rubén Ascúa (2021) “**Industry 4.0 in manufacturing SMEs of Argentina and Brazil**” donde se continúa el trabajo y la estrategia metodológica del proyecto CEPAL-UNRA-UNC (Motta et al, 2019) profundizando en un estudio comparativo entre Brasil y Argentina, con treinta casos de estudio de adopción de tecnologías en empresas manufactureras. Allí realiza un estudio comparativo entre los dos países acerca de las motivaciones, beneficios y obstáculos para la introducción de tecnologías 4.0 en estas mipymes.

---

<sup>12</sup> - En materia de **hardware** indagan sobre la adopción de computadores (PCs de escritorio, arquitecturas RISC, notebooks, tablets), impresoras (láser, 3D, scanners, plotters); POS, Discos compartidos, PLCs, GPS, RFID, centrales telefónicas (tradiciones e IP), sensores y robots.

<sup>13</sup> - En materia de **infraestructura** indagan sobre la adopción de redes convergentes inalámbricas (celulares, redes wifi, redes bluetooth, redes de IoT), servidores locales, cloud computing, redes LAN, seguridad informática, conexión a internet y circuito cerrado de TV (CCTV)



Los resultados de este trabajo tienden a reforzar los argumentos hallados en la literatura respecto a que hay una gradiente de incorporación de estas nuevas tecnologías y que, fundamentalmente, se trata de una integración con la tecnología previamente disponible en estos países. Con ello, Ascúa señala que la evidencia indica que estamos ante un repertorio de innovaciones incrementales, y que la Industria 4.0 no debería pensarse tanto en términos de un fenómeno disruptivo.

Otro aporte de investigación académica en forma de artículo de revista científica con evidencia empírica de adopción de tecnologías 4.0 en empresas argentinas es el trabajo de Lachman y Stubrin (2024) **“La transformación digital de la industria argentina: Un estudio exploratorio del sector de maquinaria para alimentos”**. Allí, los autores indagan el proceso de digitalización en el sector de maquinarias para alimentos, a través un estudio exploratorio con estudios de caso.

Desde el punto de vista teórico, Lachman y Stubrin consideran que la Industria 4.0 constituiría un cambio tecno-productivo disruptivo que daría indicios del comienzo de una cuarta revolución industrial del sistema capitalista. Es por ello que plantean su estudio como una contribución empírica a la transformación digital en América Latina, enfocándose en un sector particular, combinando para el análisis la literatura de la innovación con la literatura de las Cadenas Globales de Valor (CGV).

A nivel metodológico, tomaron como punto de partida una base de datos de 220 empresas productoras de maquinarias para alimentos de Argentina, confeccionada por la asociación empresarial que las agrupa. Cabe considerar que se trata de un conjunto de firmas que no constituyen un sector definido desde el punto de vista estadístico (el tipo de bienes de capital que proveen se utilizan en diferentes industrias, tanto alimenticias como no alimenticias). A través de entrevistas con informantes claves pertenecientes a cámaras empresariales, investigadores e integrantes de agencias gubernamentales, y del uso de fuentes estadísticas secundarias sobre el sector, seleccionaron 12 empresas para realizar estudios en profundidad y poder caracterizar la dinámica del sector.

Basándose en Albrieu et al. (2018), emplean las tipologías de empresas “cóndor” y “alpinistas” para dar cuenta del grado de implementación de tecnologías 4.0, reconociendo la alta heterogeneidad existente al respecto. Mientras algunas empresas se encuentran relativamente más cerca de la frontera tecnológica mundial, implementando la digitalización en forma integral a las diversas áreas de la firma, otras están recién comenzando a transitar ese camino, con avances parciales enfocados en una o pocas áreas funcionales.

Un aporte significativo de este artículo publicado en la revista *Estudios Económicos*, lo encontramos en el análisis de la dinámica estilizada de los casos que busca comprender el fenómeno de la heterogeneidad observada. Lachman y Stubrin identifican como “elemento diferenciador” el rol que juega la demanda. De este modo, las empresas calificadas como cóndores cuentan mayormente con clientes que se encuentran insertos en CGV que les exigen determinadas tecnologías para cumplir con estándares y poder competir a nivel global. De acuerdo con el estudio de estos autores, lo realmente significativo en la decisión de incorporar tecnologías 4.0 es la demanda específica de sus clientes, derivada de su inserción en CGV, lo cual “alienta el *upgrading* tecnológico de las empresas proveedoras” (Lachman & Stubrin, 2024, p. 23).



Al igual que en otros estudios anteriormente analizados, este artículo comparte la preocupación por un proceso de digitalización en marcha que agrava la brecha tecnológica ya existente. Ante ello, establece que el rol de la política pública debiera diferenciar entre los tipos existentes de empresas – de acuerdo con su grado y potencial para la digitalización – para la elaboración de acciones acordes a las necesidades y a los obstáculos presentes en cada caso.

En otro orden, aunque no van en la línea de los datos empíricos con lo que nos hemos centrado para este artículo, hay tres trabajos que caben ser rescatados por cuanto sirven para comprender el fenómeno de la digitalización. Nos referimos a Yoguel et al (2021), Zukerfeld et al. (2023) y Gonzalo y Borrastero (2023). Yoguel, Chanders y Mochi (2023) en un informe para el CIECTI, **“Innovación por coproducción en industria 4.0: Un estudio de caso de inteligencia artificial aplicadas a imágenes médicas”**, realizan un estudio de caso del proceso de surgimiento de una empresa que ofrece servicios médicos de imágenes con uso de inteligencia artificial. Se trata de una experiencia exitosa de asociación de una empresa formada por dos científicos de CONICET y una institución médica, sin fines de lucro, demandante del servicio. El marco teórico del análisis es evolucionista, por lo cual hace foco en el proceso de innovación derivado de la interacción entre estos actores que da como resultado la formación de competencias en tecnologías 4.0. En el segundo artículo al que nos referimos aquí, Zukerfeld, Rabosto, Fredes y DeMarco exploran el impacto de una de las Inteligencia Artificial Generativa (IAG) más difundida, ChatGPT, sobre aumentos de productividad en el trabajo y la distribución de tales ganancias. Para ello, y enmarcado en la discusión de una nueva fase del capitalismo digital (Zukerfeld et al., 2023), el artículo difunde resultados parciales de una encuesta de utilización de ChatGPT en Argentina. Por último, en línea con las problemáticas productivas, Gonzalo y Borrastero (2023) en su documento **“Profundizar el avance de la digitalización escalando la estructura productiva y empresarial nacional”** realizado para el Plan Argentina Productiva 2030, elaboran lineamientos de políticas para enfrentar la escasez de soluciones 4.0 escalables para ser provistas a la industria nacional.

### **Palabras de cierre**

En este artículo nos propusimos realizar una revisión que sistematice la investigación empírica en la implementación y difusión de tecnologías 4.0 de las empresas argentinas. Se trata de una literatura incipiente, cuya construcción ha estado motivada por las crecientes muestras de interés de parte de investigadores, empresarios, agencias gubernamentales y organismos internacionales por reconocer el grado de avance, los potenciales nichos y los principales obstáculos en torno a este cambio tecnológico. Debido a esto, nos ocupamos de sistematizar las producciones académicas que hacen foco tanto en la implementación de la digitalización, como en aquellos que indagan sobre la red local de proveedores de estas tecnologías.

De la revisión realizada, desatacamos el hecho que quienes han impulsado los comienzos de estas investigaciones han sido organismos internacionales como la CEPAL y el BID-INTAL o agencias gubernamentales, en algunos casos con aporte financiero de parte de gobiernos extranjeros, en particular de Alemania.

En lo que se refiere a la producción académica, cabe destacar que han sido empleadas diversas estrategias metodológicas: entrevistas, encuestas, estudios de caso, análisis de redes o construcción de indicadores. Los análisis estadísticos aún

son limitados ya que son pocos los trabajos que cuentan con una base de datos propia, y aún no se disponen de estadísticas específicas de organismos públicos. El abordaje metodológico más utilizado ha sido el cualitativo, como ocurre con frecuencia en los pasos iniciales del estudio de un campo o fenómeno de relativa novedad, o con una baja frecuencia de casos de estudio para relevar.

Se desprende de esta revisión que los estudios iniciales demuestran cierta preocupación por determinar el lugar de Argentina en relación a otros países, con respecto a la digitalización. La idea de partida tiende a señalar la existencia de cierto “atraso” y un fuerte peligro de agravar la brecha tecnológica ya existente con países desarrollados, a la vez que se profundiza la heterogeneidad estructural interna. Ambas ideas tienden a confirmarse, especialmente la segunda. Resulta una constante de los estudios el hallar que la brecha de competencias tecnológicas y productivas existente en la industria abre posibilidades distintas entre las empresas para emprender la digitalización, pudiendo exacerbar las desigualdades ya existentes. Es por ello que buena parte de las contribuciones académicas y estudios van dirigidas a políticas que suavicen esto, identificando la existencia de diferentes grupos de empresas en esta heterogeneidad, cada uno de ellos con necesidades particulares.

A nivel de las empresas, es notable el fuerte contraste entre la importancia concedida a llevar adelante procesos de implementación de estas tecnologías con los pocos planes y proyectos en marcha para ello. Justamente, aquellas empresas más avanzadas en tal sentido se caracterizan, en términos generales, por ser grandes, exportadoras o relacionados con empresas insertas en CGV, que disponen de mayor capacidad de inversión en I+D y que ya disponían de competencias digitales previas. Este grupo de empresa representa un porcentaje pequeño de las firmas argentinas, por lo que su contraste con el resto en términos de puntos de partida y proyecciones, enciende ciertas alarmas de la profundización de las brechas inter e intrasectoriales.

Uno de los resultados de esta revisión es que los estudios con los que contamos son pocos: es mucho más lo que se afirma de la importancia de la digitalización, respecto de lo que sabemos acerca de cuán digitalizados están nuestras empresas. Existen solo dos encuestas realizadas en la argentina (Albrieu et al., 2019; Coutinho et al., 2018) que nos permiten acceder a estadísticas de la medida en que están digitalizadas las empresas manufactureras argentinas y solo un relevamiento sobre la provisión local de tecnologías 4.0 (Franco et al., 2023).

Otro de los resultados es que, de los pocos estudios con los que contamos que tratan de medir el grado de digitalización de nuestra producción, llegan a mostrar que su grado de difusión es poco relevante en la industria. En el relevamiento realizado por Albrieu et al (2019) se encuentra que ninguna empresa de su muestra es completamente 4.0 y apenas el 3% de las empresas encuestadas aplica estas tecnologías en 2 o más áreas funcionales. Menos del 10% de la muestra cuenta con nuevas tecnologías digitales en por lo menos alguna área funcional. Ya en 2020, Brixner, Isaak, Mochi, Ozono, Suárez y Yoguel en su paper **“Back to the future. Is industry 4.0 a new tecno-organizational paradigm? Implications for Latin American countries”** analizando tanto la literatura de Industria 4.0, como las características del proceso de digitalización de la producción, llegan a la conclusión de que los procesos que se engloban dentro de lo que hoy llamamos Industria 4.0 parecen ser una intensificación de los aspectos clave del paradigma tecno-económico o de las TICs y la producción flexible ya operando desde la década de los 1970’s,

más que una revolución tecnológica particular nueva (Brixner et al., 2020). Como se aprecia, la evidencia empírica que contamos en la Argentina tiende a acompañar esta visión.

Con todo, hay importantes aprendizajes en las investigaciones realizadas a través de estudios de caso. Mediante esta estrategia metodológica ha sido posible dar cuenta de las múltiples posibles aplicaciones de tecnologías 4.0 en áreas funcionales diversas de las empresas. Por otra parte, ha permitido documentar que, tanto en las expectativas como en los hechos, las empresas que han dado pasos en tal dirección han buscado resolver o mejorar aspectos puntuales de su funcionamiento, y no guiándose con el modelo de ciberfábrica.

A su vez, esta estrategia metodológica ha sido aplicada para poder identificar y mapear la oferta local de tecnologías 4.0. Entre los desafíos más importante, desde el punto de vista de políticas públicas para la promoción de estos proveedores, es que persiste una fuerte falta de confianza (son asociados con un alto riesgo), no hay un entramado articulado para el diagnóstico y la oferta de soluciones integrales, y el hecho de que estos proveedores están más interesados en la búsqueda de clientes en el extranjero.

Finalmente, resta señalar que en lo que se refiere a la identificación de obstáculos para la implementación de nuevas tecnologías, se han destacado: la falta de conocimiento en estas tecnologías; escasas de competencias digitales internas; problemáticas organizacionales relacionadas a la cultura, los hábitos y la resistencia al cambio; el acceso al financiamiento y altos volúmenes de inversión requeridos; y la falta de suficiente infraestructura de conectividad. Por otra parte, se ha documentado que la previa competencia digital es un facilitador para la implementación de nuevas tecnologías en las empresas.

## Bibliografía

- Albrieu, R., Basco, A. I., Brest López, C., De Azevedo, B., Peirano, F., Rapetti, M., & Vienni, G. (2019). *Travesía 4.0: Hacia la transformación industrial argentina*. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Ascúa, R. A. (2021). Industry 4.0 in manufacturing SMEs of Argentina and Brazil. *Journal of the International Council for Small Business*, 2(3), 203-222. <https://doi.org/10.1080/26437015.2021.1899773>
- Barafani, M., Barral Verna, Á., Basco, A., Queijo, V., & Pietrafesa, F. (2020). *Travesía 4.0: Hacia la adopción tecnológica uruguaya*. Inter-American Development Bank. <https://doi.org/10.18235/0002794>
- Basco, A. I., Beliz, G., Coatz, D., & Garnero, P. (2018). *Industria 4.0: Fabricando el futuro*. Inter-American Development Bank.
- Brixner, C., Isaak, P., Mochi, S., Ozono, M., Suárez, D., & Yoguel, G. (2020). Back to the future. Is industry 4.0 a new tecno-organizational paradigm? Implications for Latin American countries. *Economics of Innovation and New Technology*, 29(7), 705-719. <https://doi.org/10.1080/10438599.2020.1719642>
- Casalet, M. (2018). *La digitalización industrial: Un camino hacia la gobernanza colaborativa. Estudios de casos*. Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Castillo, M. (2017). *El estado de la manufactura avanzada: Competencia entre las plataformas de la Internet industrial* (Desarrollo Productivo). Comisión

- Económica para América Latina y el Caribe.  
<https://repositorio.cepal.org/handle/11362/43124>
- Castillo, M., Gligo, N., & Rovira, S. (2017). La política industrial 4.0 en América Latina. En M. Cimoli, M. Castillo, G. Porcile, & G. Stumpo (Eds.), *Políticas industriales y tecnológicas en América Latina* (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), pp. 549-572).
- Coutinho, L., Ferraz, J. C., Kupfer, D., Laplane, M., Penna, Ultremare, F., Gielfi, G., Elias, L. A., Dias, C., Nogueira de Paiva Britto, J., & Ferreira Torracca, J. (2018). *Riscos e oportunidades para o Brasil frente às inovações disruptivas: Síntese dos Resultados: Construindo o futuro da indústria brasileira*. Instituto Euvaldo Lodi.  
[https://www.ie.ufrj.br/images/IE/grupos/GIC/publica%C3%A7%C3%B5es/2019.%20IEL-NC%20et%20al.%20I2027\\_sintese\\_vol1-2.pdf](https://www.ie.ufrj.br/images/IE/grupos/GIC/publica%C3%A7%C3%B5es/2019.%20IEL-NC%20et%20al.%20I2027_sintese_vol1-2.pdf)
- Del Giorgio, H. R., & Mon, A. (2019). Las TICs en las industrias. *Universidad Nacional de La Matanza*. Available from [https://indicetics.unlam.edu.ar/it/pdf/Las\\_TICs\\_en\\_las\\_Industrias.pdf](https://indicetics.unlam.edu.ar/it/pdf/Las_TICs_en_las_Industrias.pdf).
- Dragún, P., Ernst, C., & García, F. (2020). El futuro del trabajo en el mundo de la Industria 4.0. *Buenos Aires, Unión industrial Argentina/Organización Internacional del Trabajo*.
- Erbes, A., Gutman, G., Lavarello, P., & Robert, V. (2019). *Industria 4.0: Oportunidades y desafíos para el desarrollo productivo de la provincia de Santa Fe* (Documentos de Proyectos). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).  
<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/a03ff417-5eac-479e-969b-080466df1e47/content>
- Ferraz, J. C., Torracca, J., Urraca Ruiz, A., Britto, J., & Schmidt, H. (2021). *Argentina vs Brasil—La travesía por la digitalización*. Banco Interamericano de Desarrollo - Instituto para la integración de América Latina y el Caribe.  
<https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Argentina-vs.-Brasil-La-travesia-por-la-digitalizacion.pdf>
- Franco, S. F., Graña, J. M., Rikap, C., & Robert, V. (2023). *Industria 4.0 como sistema tecnológico* (Argentina Productiva 2030). Ministerio de Economía - Secretaría de Industria y Desarrollo Productivo.
- Gonzalo, M., & Borrastero, C. (2023). *Argentina Productiva 2030 (2023). Misión 7. Profundizar el avance de la digitalización escalando la estructura productiva y empresarial nacional. Plan para el Desarrollo Productivo, Industrial y Tecnológico* (7; Documento de Trabajo Argentina Productiva 2030). Ministerio de Economía de la Nación.  
[https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/mision\\_7.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/mision_7.pdf)
- Lachman, J., & Stubrin, L. (2024). La transformación digital de la industria argentina: Un estudio exploratorio del sector de maquinaria para alimentos. *Estudios económicos*, 41(82), 5-30.  
<https://doi.org/10.52292/j.estudecon.2024.3629>
- Mon, A., & Del Giorgio, H. R. (2022). Analysis of industry 4.0 products in small and medium enterprises. *Procedia Computer Science*, 200, 914-923.
- Mon, A., & Del Giorgio, H. R. (2023). Technological Transformation Model for SMEs. *Procedia Computer Science*, 217, 1076-1085.

- Motta, J. J., Morero, H., & Ascúa, R. (2019). *Industria 4.0 en mipymes manufactureras de la Argentina* (Documentos de Proyectos). Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Nieponice, G., Rivera, R., Tfelti, A., & Drewanz, J. (2018). *Acelerando el desarrollo de la industria 4.0 en Argentina*. The Boston Consulting Group.
- Ruiz, F. J. A., Caro, E. M., & Navarro, J. C. (2018). La transformación digital de los sistemas lean a través de la industria 4.0: Un caso práctico. *Economía industrial*, 409, 25-35.
- Yoguel, G., Chanders, V., & Mochi, S. (2021). Innovación por coproducción en industria 4.0: Un estudio de caso de inteligencia artificial aplicadas a imágenes médicas. *Ciudad Autónoma de Buenos Aires: CIECTI. Obtenido de [http://www.ciecti.org.ar/wpcontent/uploads/2021/04/DT23-\\_V05.pdf](http://www.ciecti.org.ar/wpcontent/uploads/2021/04/DT23-_V05.pdf)*.
- Zukerfeld, M., Rabosto, A., Fredes, M., & DeMarco, C. (2023). Encuesta de usos de ChatGPT en Argentina: Resultados preliminares sobre frecuencia de uso, productividad en el trabajo y sustitución de tareas. *Hipertextos*, 11(20), 075. <https://doi.org/10.24215/23143924e075>