



Industria 4.0 en empresas manufactureras del Brasil

Rodrigo Carmona
João Amato Neto
Rubén Ascúa



NACIONES UNIDAS



Financiado por
la Unión Europea



Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL



Si desea recibir información oportuna sobre nuestros productos editoriales y actividades, le invitamos a registrarse. Podrá definir sus áreas de interés y acceder a nuestros productos en otros formatos.

 www.cepal.org/es/publications

 www.cepal.org/apps

Industria 4.0 en empresas manufactureras del Brasil

Rodrigo Carmona

João Amato Neto

Rubén Ascúa



NACIONES UNIDAS



Financiado por
la Unión Europea



Este documento fue elaborado por Rodrigo Carmona, de la Universidad Nacional de General Sarmiento (UNGS); João Amato Neto, de la Universidad de São Paulo (USP) y la Fundación Vanzolini, y Rubén Ascúa, de la Universidad Nacional de Rafaela (UNRAF), con la colaboración de Willerson Lucas Campos-Silva, Isabel Cristina dos Santos y Karine Lotino, en el marco de las actividades del proyecto EUROMIPYME, “Mejores políticas para las micro, pequeñas y medianas empresas en América Latina”, financiado por la Unión Europea. El estudio es parte de un programa de investigación sobre adopción y uso de nuevas tecnologías digitales en micro, pequeñas y medianas empresas (mipymes) industriales en un conjunto seleccionado de países de América Latina. Dicho programa es liderado por la Universidad Nacional de Rafaela de la Argentina, bajo la supervisión metodológica de Nicolo Gligo y Marco Dini, de la División de Desarrollo Productivo y Empresarial de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Los autores agradecen la colaboración prestada por todas las empresas, los funcionarios de diferentes niveles de gobierno, los diversos expertos en la materia y los representantes de entidades empresariales que, amablemente, han cedido su tiempo y atención para realizar entrevistas y compartir información con el equipo.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de las organizaciones mencionadas.

Publicación de las Naciones Unidas
LC/TS.2020/136
Distribución: L
Copyright © Naciones Unidas, 2020
Todos los derechos reservados
Impreso en Naciones Unidas, Santiago
S.20-00735

Esta publicación debe citarse como: R. Carmona, J. Amato Neto y R. Ascúa, “Industria 4.0 en empresas manufactureras del Brasil”, *Documentos de Proyectos* (LC/TS.2020/136), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2020.

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), División de Publicaciones y Servicios Web, publicaciones.cepal@un.org. Los Estados Miembros de las Naciones Unidas y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a la CEPAL de tal reproducción.

Introducción	5
I. Marco de referencia y propuesta metodológica	9
A. Las nuevas tecnologías digitales, las mipymes y sus particularidades a nivel latinoamericano y brasileño	9
B. Propuesta metodológica.....	15
II. Las experiencias de adopción de tecnologías 4.0 en empresas manufactureras brasileñas, sus principales características y proyectos	17
A. Experiencias de adopción de nuevas tecnologías digitales en empresas industriales de Brasil	20
1. Empresa A.....	20
2. Empresa B.....	20
3. Empresa C.....	21
4. Empresa D.....	22
5. Empresa E.....	22
6. Empresa F.....	23
7. Empresa G.....	23
8. Empresa H.....	24
9. Empresa I.....	25
10. Empresa J.....	25
11. Empresa K.....	26
12. Empresa L.....	27
13. Empresa M.....	27
14. Empresa N.....	28
15. Empresa O.....	28
III. Principales motivaciones y beneficios para la adopción de tecnologías 4.0	29
IV. Limitaciones y obstáculos para la incorporación de nuevas tecnologías digitales en empresas manufactureras de Brasil	33
A. Obstáculos internos a las empresas	33
B. Obstáculos externos a las empresas	36
V. Reflexiones de cierre	39
Bibliografía	43
Anexo	45

Cuadros

Cuadro 1	Características de las empresas manufactureras estudiadas	17
Cuadro 2	Proyectos de nuevas tecnologías digitales implementados, en implementación o proyección de empresas estudiadas	19
Cuadro 3	Motivaciones para la introducción de tecnologías 4.0 en empresas manufactureras brasileñas	29
Cuadro 4	Beneficios de la introducción de tecnologías 4.0 en empresas manufactureras brasileñas	31
Cuadro 5	Obstáculos relevantes para la incorporación de tecnologías 4.0 en empresas manufactureras brasileñas	33
Cuadro A1	Formulario de identificación de casos	45

Desde fines del siglo XX y comienzos del siglo XXI, en un marco de fuerte globalización y reconfiguración de la fisonomía del capitalismo de base industrial imperante en las décadas precedentes, se aprecia la transición hacia una etapa donde el uso masivo y difusión de nuevas tecnologías impacta fuertemente en la dinámica social y económica. Esta transformación en los escenarios productivos es conocida recientemente como “Cuarta Revolución Industrial”, o Industria 4.0, en tanto cuarta mega etapa de la evolución técnica-económica de la humanidad desde el inicio de la la Primera Revolución Industrial¹.

El término Industria 4.0 se refiere a un nuevo modelo de organización de los procesos productivos y de control de la cadena de valor con eje en las tecnologías de la información y dispositivos comunicados de manera autónoma. Se parte de la posibilidad de la configuración de fábricas “inteligentes” que integrarán lo físico con lo virtual, lo que supone la articulación de sistemas computacionales y procesos manufactureros, el despliegue de decisiones descentralizadas y mecanismos de optimización “auto organizativos” (European Parliament, 2016). La extensión de la digitalización y la adopción de las nuevas tecnologías para la progresiva automatización del proceso productivo, llevan a una integración horizontal y comunicación en “tiempo real” entre equipos, productos y áreas en redes de información de la empresa, y de manera vertical, con clientes, usuarios y proveedores.

El conjunto de tecnologías digitales que comprenden la Industria 4.0 e inciden sobre los procesos productivos son las siguientes: Sensores e internet de las cosas (IoT), Robótica avanzada y colaborativa; Big Data y análisis de grandes volúmenes de datos, Impresión aditiva o 3d, Computación en la nube (*cloud computing*), Inteligencia artificial y *machine learning*, Realidad aumentada y entornos virtuales, y Otras tecnologías vinculadas, como sistemas de integración entre tecnologías operacionales y de la información y la comunicación y ciberseguridad.

En términos generales, la Industria 4.0 a través de la digitalización y el uso de plataformas interconectadas otorga una capacidad de adaptación constante a la demanda, al colaborar en diseñar, producir y vender productos en menos tiempo y desarrollar series de producción más cortas y rentables. Del mismo modo, permite servir al cliente de forma más personalizada, aportar un mejor servicio post venta y añadir servicios a los productos físicos. Permite también aprovechar la información para su análisis desde múltiples canales, de modo de ser examinada y utilizada en tiempo real por parte de las empresas.

Diversos trabajos han considerado el aporte de este tipo de tecnologías en las economías de los países desarrollados. Según The OECD Digital Economy Outlook 2015, alrededor de una tercera parte del crecimiento del PIB de los países desarrollados se explica por la inversión en estas tecnologías y el crecimiento de la productividad total

¹ El concepto “Cuarta Revolución Industrial” fue formulado inicialmente por Klaus Schwab, fundador del Económico Mundial, en el marco de la edición del Foro Económico Mundial 2016. El carácter de “4.0” supone la presentación de este conjunto de cambios en el contexto de la industrialización capitalista, luego de una primera revolución impulsada por la mecanización a partir del vapor (desde la segunda mitad del siglo XVIII hasta mediados del siglo XIX), una segunda relacionada a los impactos de la introducción de innovaciones energéticas (como el gas, el petróleo y la electricidad) en las formas de producir que derivarían en los sistemas de producción en masa, la cadena de montaje y el modelo fordista clásico, y una tercera vinculada a la extensión de la electrónica, las tecnologías de la información a la industria y los modos de producción automatizada y flexible con el toyotismo. El desarrollo conjunto de una serie de cambios tecnológicos a favor de una automatización inteligente de la industria llevarían a esta cuarta revolución actual.

en relación con el sector alcanza el 2% en estas naciones. En esta línea, distintos materiales como Navarro y Sabalza (2016), Roland Berger (2014 y 2016), el Estudio de BCG (2015) y McKinsey (2012 y 2017) enfatizan en el rol de la manufactura en el desarrollo económico y el peso de las tecnologías digitales para generar mayores tasas de exportación, empleos calificados, así como una mayor productividad.

La adopción de nuevas tecnologías digitales en estos países se ha trabajado mayormente en relación a grandes firmas, con eje a nivel tecnológico y de servicios, y en menor medida en Pymes manufactureras. El análisis respecto al desarrollo de las nuevas tecnologías digitales en este tipo de empresas es bastante más escaso. Existe así una incipiente literatura sobre las contribuciones de las mismas en relación a mejoras de productividad, costos, calidad e incorporación de innovaciones al interior de las empresas y respecto a estimular el despliegue de nuevas intervenciones, la articulación institucional y el desarrollo las capacidades en los diversos territorios (Sisti, 2019; Buisan y Valdés, 2017; Pérez González *et al.*, 2018, Pérez González *et al.*, 2017, WEF, 2016, Cruz *et al.*, 2015).

Un análisis para las economías periféricas evidencia que no ha habido estudios del todo sistemáticos en la materia. El contexto latinoamericano en particular presenta distintos rasgos distintivos y especificidades para considerar. En efecto, la CEPAL históricamente ha destacado que para estimular el desarrollo de las economías de América Latina y el Caribe se requiere avanzar en procesos cualitativos de cambio estructural con igualdad (CEPAL, 2014, 1990), de modo de poder superar el escenario de estructuras productivas con baja intensidad tecnológica y limitado dinamismo de largo plazo en el comercio internacional. Ello resalta los principales desafíos y oportunidades que se abre en la región con la economía digital en términos del cambio estructural posible (CEPAL, 2013).

El trabajo que acá se presenta es parte de un estudio empírico sobre Industria 4.0 y su impacto sobre las mipymes industriales en ciertas regiones de América Latina liderado por la Universidad Nacional de Rafaela en Argentina. Éste, a su vez, integra el proyecto Euromipyme, desarrollado por la CEPAL con el apoyo financiero de la Unión Europea cuyo propósito es mejorar las políticas de fomento de las mipymes. Uno de los ejes de esta iniciativa consiste en evaluar la adopción, uso y apropiación de los beneficios de la “digitalización” en las mipymes latinoamericanas, especialmente manufactureras, con la mira en la formulación de recomendaciones de política para afrontar las dificultades que éstas estén experimentando. Secuencialmente, el proyecto lleva adelante la realización de estudios de casos de mipymes industriales que hayan introducido alguna tecnología 4.0, en un grupo de países de América Latina. Este documento presenta los resultados de la realización de este trabajo de campo en Brasil y toma como referencia una investigación previa realizada en Argentina (Motta, Morero y Ascúa, 2019).

En estos términos, el presente documento busca examinar los alcances que presenta la adopción de tecnologías 4.0 en empresas manufactureras de Brasil, de modo de poder analizar las motivaciones, problemas, desafíos y resultados de los procesos de incorporación.

El estudio de la adopción de las nuevas tecnologías digitales en empresas manufactureras y mipymes de Brasil es aún una temática novedosa en la literatura. El grado de difusión de estas nuevas tecnologías es aún incipiente e interesa identificar empresas que hayan empezado a recorrer este camino.

En este marco, se ha realizado un estudio cualitativo constituido por una serie de estudios de casos en diversos estados de Brasil respecto al grado de adopción de nuevas tecnologías digitales en empresas manufactureras, varias de ellas mipymes.

En particular, el objetivo de la investigación ha sido indagar sobre las motivaciones, beneficios y obstáculos a la introducción de tecnologías 4.0 en empresas industriales de Brasil. Este trabajo de campo representa un aporte al estudio comparativo sobre las dificultades y beneficios en la incorporación de nuevas tecnologías digitales en la región.

A continuación, el capítulo I examina el marco de referencia y la propuesta metodológica. Se exhiben así los principales aspectos conceptuales vinculados a las nuevas tecnologías digitales, su grado de adopción en mipymes y la relevancia de la temática a nivel latinoamericano y de Brasil en particular. En el capítulo II, se muestran los resultados desarrollados alrededor de las experiencias de adopción de tecnologías 4.0 en los casos considerados, con eje en las principales características y proyectos generados. En el capítulo III, se señalan las motivaciones y beneficios de la adopción de estas nuevas tecnologías. En el capítulo IV, se consideran las limitaciones identificadas para la incorporación de nuevas tecnologías digitales y los principales obstáculos visualizados. Finalmente, se desarrollan algunas reflexiones de cierre con el objeto de mejorar los procesos de adopción de estas tecnologías en empresas manufactureras y mipymes de Brasil.

A. Las nuevas tecnologías digitales, las mipymes y sus particularidades a nivel latinoamericano y brasileño

Las nuevas tecnologías digitales, tal como hemos afirmado, dan cuenta de una serie de mejoras que confluyen en el concepto de Industria 4.0. En este marco, resulta central examinar el fenómeno de la Industria 4.0 en tanto nueva organización de los procesos productivos con eje en tecnologías electrónicas e informáticas y dispositivos asociados con Internet y la conectividad. Es posible destacar en este sentido, las siguientes:

- **Sensores e Internet de las Cosas (IoT).** Implica la comunicación ampliada entre máquinas, personas y productos, permitiendo la toma de decisiones y la ejecución de tareas en relación a la información que la tecnología almacena. Sobre la base de sensores y un entorno de producción conectado, que se combina con el análisis de datos, se establece la comunicación a nivel de maquinarias (*machine to machine* o M2M) y sistemas inteligentes que en tiempo real recolectan y procesan la información disponible. Esta red interconectada sobre la base de internet permite generar servicios sobre los productos finales y una relación más directa con los clientes, además de mejorar el funcionamiento interno, detectar desperfectos y favorecer la retroalimentación de las diversas áreas.
- **Robótica avanzada y colaborativa.** Se relaciona a la incorporación de automatización inteligente en equipos de producción, por ejemplo, robots con fuerte autonomía a nivel de toma de decisiones y comunicación y despliegue con otros equipos. Incorpora robots colaborativos, conocidos también como *cobots*, diseñados con el objeto de interactuar físicamente con humanos (junto a otros robots flexibles y ligeros) en un espacio de trabajo compartido.
- **Big Data y análisis de grandes volúmenes de datos.** A partir de estas tecnologías se procesan a gran velocidad enormes volúmenes de datos estructurados y no estructurados. Los mismos son reportados desde diversos dispositivos, sean máquinas y equipos, sensores, teléfonos móviles, cámaras, softwares de producción, y pueden remitirse desde fuentes variadas como empresas, proveedores, clientes y redes sociales. El estudio de estos datos a través de algoritmos avanzados resulta relevante para tomar decisiones en tiempo real, desarrollar estándares de mayor calidad y acceder a nuevos mercados,

Computación en la nube (*cloud computing*). Supone el almacenamiento, acceso y utilización de servicios informáticos en línea. Se plasma a través de tres modalidades según el servicio brindado: el *software* como servicio (*SaaS/Software as a Service*), la plataforma como servicio (PaaS) y la infraestructura como servicio (IaaS). La primera da cuenta de un modelo de distribución de software en el cual las aplicaciones están alojadas por parte de una compañía o proveedor de servicio y se ponen a disposición de los usuarios a través de una red, por lo general internet. La segunda, es un conjunto de utilitarios con el objeto de abastecer al usuario de sistemas operativos y servicios asociados a través de internet, sin necesidad de descargas o instalaciones. La tercera, refiere a la tercerización de los equipos en relación al apoyo de las operaciones, incluido

el almacenamiento, hardware, servidores y componentes de red. Esta alternativa tecnológica permite a las firmas acceder a recursos informáticos de manera flexible, desde distintos dispositivos y con almacenamiento en servidores de Internet en lugar de servidores fijos.

- **Inteligencia artificial y machine learning.** Se vincula a los desarrollos de software que logran aprender de manera progresiva y mejorar su desempeño. Su despliegue se genera a partir de la introducción en alguna maquinaria o equipo, dónde el software controlador, utiliza diversos algoritmos y métodos estadísticos para procesar los datos de su funcionamiento con el objeto de ir aprendiendo, optimizando y perfeccionando el desempeño de alguna tarea específica.
- **Impresión aditiva o 3d.** La fabricación aditiva hace referencia a técnicas de producción por adición de material y son empleadas con el fin de producir nuevos componentes complejos y durables. La impresión 3D, como heredera del prototipado rápido, es una tecnología que permite imprimir objetos físicos en tres dimensiones, a partir de modelos digitales, de modo rápido pero limitado. Las aplicaciones en el campo industrial de esta tecnología son diversas, utilizándose mayormente para el diseño de prototipos de productos finales y también a nivel de maquinaria y piezas.
- **Realidad aumentada y entornos virtuales.** A partir de estas tecnologías se posibilita que a través de distintos dispositivos (lentes, cascos, guantes, omnis —para el desplazamiento del usuario en diversas direcciones—), se pueda configurar un entorno virtual respecto a la información física ya existente, de modo de simular situaciones y contextos particulares. De este modo, los elementos físicos tangibles se combinan con elementos de tipo virtual conformando así una realidad aumentada en tiempo real. Esto permite aplicaciones variadas en el ámbito productivo en situaciones seguras y de mayor optimización de los procedimientos y distintos tipos de servicios.
- **Otras tecnologías relacionadas.** Como sistemas de integración y ciberseguridad. Los primeros, permiten integrar tecnologías operacionales y de la información y la comunicación e interconectan tanto las distintas áreas internas como a los diferentes actores de la cadena y los clientes. Los desarrollos de software para ciberseguridad buscan proteger la información y los sistemas de gestión y producción contra amenazas, ante el aumento de la conectividad y la necesidad de herramientas preventivas.

El aspecto transformador que tendrá la utilización de este tipo de tecnologías es aún un tema debatible. En especial, si la aplicación de las tecnologías digitales implicará un proceso de cambio más amplio o supondrá una ampliación de la dinámica desarrollada a partir del despliegue de las tecnologías de la información y la comunicación. Del mismo modo, según el European Parliament (2016) la división en etapas con la que se enfatiza la noción de Industria 4.0 es también controversial al reducir la envergadura que asumen en el tiempo las revoluciones de carácter productivo y técnico. Más precisamente, Carlota Pérez en su conocida obra 'Technological revolutions and techno-economic paradigms' de 2010 destaca dos rasgos básicos que distinguen a una revolución tecnológica: i) la fuerte interconexión e interdependencia de los sistemas participantes en cuanto a sus tecnologías y mercados; ii) su capacidad para transformar profundamente el resto de la economía (y eventualmente la sociedad). Según la autora, el primer aspecto es el más visible y define lo que habitualmente se entiende como 'la revolución', pero el segundo es lo que justifica verdaderamente el término. La capacidad de una revolución tecnológica para transformar otras industrias y actividades aparece como el resultado de la influencia de su paradigma tecno-económico, en tanto modelo de prácticas óptimas y efectivas de utilizar las nuevas tecnologías tanto en las industrias nuevas como en las

otras. En este marco y sobre la base del estudio de las ondas largas de crecimiento del capitalismo, se describen cinco revoluciones tecnológicas sucesivas desde 1770 hasta los años 2000 (con fechas definidas vinculadas a inventos que sirven de “big-bang” e inicio de cada revolución): i) la primera “Revolución Industrial” con eje en la mecanización de la industria del algodón, la producción fabril y la energía hidráulica, que comienza en 1771 con la hilandería de algodón de Arkwright en Cromford; ii) la denominada “Era del Vapor y los Ferrocarriles”, a partir de de 1829 con la prueba del motor a vapor ‘Rocket’ para el ferrocarril Liverpool-Manchester; iii) la “Era del Acero, Electricidad e Ingeniería Pesada”, desde 1875 con la inauguración de la acería Bessemer de Carnegie en Pittsburgh, Pennsylvania; iv) la “Era del Petróleo, el Automóvil y la Producción en masa”, desde 1908 y la salida del primer Ford T de la planta en Detroit, Michigan; y v) la “Era de la informática y las telecomunicaciones”, desde 1971 con el anuncio del microprocesador Intel en Santa Clara, California. En el caso que las tecnologías digitales terminen por revolucionar las formas sociales y de producción, se estaría entrando en una nueva etapa respecto a las consignadas.

Ello a su vez se vincula con los debates sobre manufactura avanzada, en tanto co-evolución y confluencia entre las tecnologías de operación, ligadas a la automatización de procesos industriales, y las nuevas plataformas de tecnologías digitales y de información, tales como la internet de las cosas, las redes de nueva generación, la computación en la nube, la analítica de grandes datos y los sistemas de inteligencia artificial (Industrial Internet Consortium, 2016; Castillo, 2017).

Más allá de los escasos fundamentos para sostener la periodización con la que se promueve la Industria 4.0, la expansión de las nuevas tecnologías digitales en el ámbito productivo es un hecho extendido y alcanza un desarrollo acelerado a escala global. En este sentido, el concepto por su uso difundido y despliegue en los diferentes planos de aplicación será considerado en el trabajo para describir este conjunto de tecnologías.

Un análisis inicial sobre las nuevas tecnologías digitales destaca que su adopción supone distintos grados de desarrollo. Alfonso Ruiz *et al.* (2018) señala una secuencia de tres “fases”: una fase inicial, una de implementación y una avanzada de expansión. La *fase inicial* plantea el establecimiento de una estructura física orientada a poder explotar más adelante la información. Ello incorpora toda la instalación de hardware y equipos para la recolección de datos con eje a nivel de electrónica y automatización de los procesos, a través de PLCs —controladores lógicos programables—, programación pantallas HMI (interfaz máquina-hombre) y la conectividad por medio de redes e interconexiones entre equipos. Del mismo modo, incluye la implementación de software básico de gestión, tales como ERP, MPR (planificación de requisitos de materiales, CRM o GMAO (gestión de mantenimiento asistido por ordenador), entre otros.

A continuación, la *fase de implementación* busca profundizar la digitalización y la utilización de la información obtenida por el equipo e infraestructura emplazada de modo de generar acciones de mejora y aumentar el control automático de los procesos. De esta forma, incorpora toda la información recolectada de los diversos sistemas, sensores y áreas, para reducir fallas y generar progresos en el funcionamiento productivo. Finalmente, la *fase avanzada o de expansión* supone el despliegue de sistemas autónomos capaces de poder interactuar con el entorno, predecir funcionamientos y actuar en esa línea. En esta etapa intervienen softwares y análisis de grandes datos, IOT y, si se requiere, impresión aditiva o 3D y realidad virtual o aumentada.

Esta periodización de tipo lineal, en “etapas” o “fases” de adopción, establece una conceptualización ideal de Industria 4.0, que resulta en diversas ocasiones difícil de adecuarse a los cualquier escenario. En efecto, las estrategias de adopción de nuevas tecnologías responden a un conjunto variado de cuestiones por lo que la utilización de ciertos grados resulta más provechoso, que el uso completo de los distintos tipos de

nuevas tecnologías digitales disponibles. Ello conlleva que no todas estas tecnologías tener el mismo peso y algunas pueden ser más significativas que otras para las firmas. En estos términos, se plantea que para una misma tecnología, el grado de avance o fase de implementación de la tecnología al interior de la misma empresa sea distinta, en función de la etapa del proceso productivo que se esté contemplando.

En ciertos casos, las inversiones desarrolladas en infraestructura y digitalización pueden permitir a una firma mostrar una cierta evolución en su grado de adopción de tecnologías 4.0, pero el intento de avanzar en la aplicación de dichas tecnologías puede necesitar inversiones extras más comunes de la fase inicial consignada por Alfonso Ruiz et al (2018). En este marco, se hace más complejo querer identificar más acabadamente en qué fase de implementación de la tecnología se sitúa una determinada empresa. Por último, no todas las firmas tienen como estrategia central generar sistemas autónomos que interactúen con el entorno, sino básicamente producir información en tiempo real para la toma de decisiones o solucionar una necesidad específica. Ante ello, no en todas las situaciones es aplicable que los mayores beneficios de la incorporación de las nuevas tecnologías digitales se den ineludiblemente en la última fase, siendo posible hasta que la misma no sea necesaria.

El estudio en la literatura sobre la adopción de tecnologías 4.0 se circunscribe mayormente a grandes empresas, en especial de sectores tecnológicos y de servicios, siendo escasos los análisis en mipymes. Algunos trabajos, como el de European Parliament (2016), resaltan el liderazgo de las grandes empresas en la implementación de iniciativas 4.0 y la posibilidad de firmas de menor escala de instalarse como proveedoras de cadenas globales. Otros relevamientos, como Roland Berger (2016), McKinsey (2017) y Pérez González, *et al.* (2018), otorgan un lugar posible a las Pymes españolas en el escenario de digitalización actual, aunque se destacan sus límites en materia de adopción de estas tecnologías. En otros casos, como el de ADEI (2016), se examinan en el mismo contexto sectores industriales particulares. De este modo, los antecedentes se restringen en mayor proporción a economías desarrolladas.

El estudio de estas problemáticas muestra diversas particularidades en la periferia latinoamericana, donde se torna prioritario avanzar en el desarrollo de sus economías y en procesos cualitativos de cambio estructural con igualdad (CEPAL, 1990 y 2014). En un marco en el que las estructuras económicas de los países centrales y periféricos se entrelazan y dónde la liberalización extensiva del mercado reproduce el subdesarrollo en estas últimas, se requieren de intervenciones públicas efectivas y de protección interna. Las economías periféricas y latinoamericanas en particular son así fundamentalmente dependientes. Ello se materializa en la limitada capacidad de generar y difundir cambio técnico en su economía y en su heterogeneidad estructural (Pinto, 1965, 1976; Cimoli, 2005). Estas cuestiones destacan los desafíos de la nueva era digital para la región y sus derivaciones como temática de estudio (CEPAL, 2013).

Los grandes conflictos en el escenario mundial presente giran en torno a la lucha por la superioridad tecnológica. La disputa por ese liderazgo entre China y Estados Unidos se establece en relación al control de la tecnología 5G, la quinta generación de banda ancha que permitirá una interconexión entre máquinas y personas como nunca antes se vio en la historia de la humanidad. A esa vanguardia tecnológica, se agregan por sus inversiones en investigación y desarrollo (I+D) países como Israel, Corea, Suecia, Japón, Austria, Dinamarca y Alemania, mientras los de América Latina profundizan su tradicional rezago. En efecto, Brasil, México y Argentina concentran el 86% de la investigación latinoamericana con caídas pronunciadas en su inversión en I+D, luego de una década y media de crecimiento (desde el año 2000 hasta el 2015). Según el informe "El estado de la ciencia. Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos/ Interamericanos 2019", se observan disminuciones en el año 2016

del 7,9 % en Brasil, del 6,1% en México y del 10,6 % en Argentina. La caída en Brasil en particular (del 1,34% al 1,27% del PIB), el país latinoamericano que más invierte, incide fuertemente. De esta forma, la inversión promedio de la región en I+D alcanza el 0,67% del PIB (frente a los países desarrollados del OCDE o de Asia-Pacífico que gira en torno al 2,5% del producto) y equivale apenas al 3,1% del total mundial. A ello se suman, las restricciones económicas de los años subsiguientes que impactan y generan que el porcentaje del gasto disminuya aún más.

El impacto de la digitalización viene entonces a revitalizar este tipo de discusiones en el contexto latinoamericano. En efecto, la adopción de estas tecnologías puede permitir el crecimiento de sectores y actividades en pos de complejizar la estructura productiva y permitir ciertos procesos de *upgrading* en algunos sectores más tradicionales. Sin embargo, la heterogeneidad estructural y desigualdades que acontecen al interior de los entramados productivos latinoamericanos abren interrogantes, puesto que la digitalización puede ahondar aún más esas diferencias y profundizar el proceso.

En el caso de Brasil, la literatura respecto al análisis de la adopción de tecnologías es reciente. Distintos trabajos (Daudt, et. al, 2018; Pereira, et. al, 2018; Santos, et. al, 2018; Vermulm, 2018; FIESP, 2018; Daudt y Willcox, 2017; CNI, 2016; SEBRAE, 2015) señalan la necesidad de una mayor nivel de involucramiento y participación de su base empresarial en el paradigma digital. Se resalta así la importancia que las empresas busquen ingresar de manera gradual a la Industria 4.0, incorporando no solo a las grandes firmas sino también a las más pequeñas que están en el centro de la estructura productiva. Los obstáculos internos y externos se relacionan mayoritariamente con la falta de control sobre componentes y tecnologías, la ausencia de mano de obra calificada e infraestructura o el despliegue de un sistema de producción más organizado. Se plantea entonces la relevancia de generar un aumento del conocimiento de las empresas en relación con los beneficios de la digitalización, el despliegue de nuevos modelos de negocio, flexibilidad y “customización” o personalización de los productos, así como la reducción del tiempo de comercialización. De ese modo, la búsqueda de sinergias entre diferentes proyectos es un objetivo importante para reducir costos y generar mejores resultados.

Según el consenso de los especialistas, tal como afirman De Lima y Pinto (2019), la industria brasileña se encuentra aún en gran medida en la transición de lo que sería la Industria 2.0 (caracterizada por el uso de líneas de ensamblaje y energía eléctrica) a la Industria 3.0 (que aplica la automatización a través de la electrónica, la robótica y la programación). El mayor problema para que la Industria 4.0 se implemente en Brasil está así en el conocimiento muy por debajo de lo que debería esperarse de la adopción de estas tecnologías. En este sentido, la incapacidad para consolidar las bases de paradigmas tecnológicos previos dificulta la inserción plena de los nuevos desarrollos digitales.

A partir del informe de la CNI (2016) y Sigahi y Andrade (2017), se estipula que para el año 2025 los procesos vinculados con la Industria 4.0 podrían llegar a reducir los costos y el mantenimiento de equipos hasta en un 40%, disminuir el consumo de energía hasta en un 20% % y aumentar la eficiencia laboral hasta en un 25%, permitiendo incrementar el PIB brasileño en aproximadamente US\$ 39 mil millones para el año 2030. Sin embargo, su concreción dista de ser algo sencillo y practicable de manera automática.

Estimaciones recientes de la Agencia Brasileña de Desarrollo Industrial (ABDI) plantean que la industria brasileña ha aumentado los niveles de automatización y sensorización, pero todavía está lejos de operar bajo el concepto de Industria 4.0 ya que solo el 5% había alcanzado ese nivel. En base a un relevamiento de 214 empresas de diverso tamaño entre marzo 2018 y mayo de 2019, la Agencia detectó que los casos más avanzados en la implementación de la Industria 4.0 eran grandes firmas

de las industrias automotriz, química y electrónica². En la misma línea, la Federación de Industrias del Estado de Sao Paulo (FIESP) en 2018 realizó otro relevamiento en 227 establecimientos de distintos tamaños sobre el nivel de conocimiento de las empresas sobre la Industria 4.0, mostrando que el 32% de las firmas no ha escuchado sobre el tema y sólo el 5% estaría “muy preparado” para incorporar estas nuevas tecnologías³.

De igual forma, en junio de 2017 el Ministerio de Economía, Industria, Comercio exterior y Servicios (MDIC), instituyó el Grupo de Trabajo para la Industria 4.0 - GTI 4.0, con el objetivo de preparar una propuesta para una agenda nacional para el tema. El GTI 4.0 estaba conformado por más de 50 instituciones representativas (gobierno, empresas, sociedad civil organizada, etc.), a través de las cuales hubo varias contribuciones y debates sobre diferentes perspectivas y acciones para la Industria 4.0 en Brasil. Del mismo modo, se lanzó el Plan de CT&I Profuturo para la Manufactura Avanzada en Brasil. A ello, se le sumó actualmente una Agenda Brasileña para la Industria 4.0 desde la ABDI y la conformación de un órgano colegiado presidido por los Ministerios de las áreas de ciencia y economía, que incluyó la participación de empresas y académicos.

Por otra parte, la Confederación Nacional de la Industria (CNI) de Brasil contrató los servicios de los Institutos de Economía de la Universidad Federal de Río de Janeiro y de la Universidad Estadual de Campinas con el objeto de desarrollar el proyecto “Industria 2027”, centrado en evaluar tendencias tecnológicas, procesos de generación y difusión e impactos de tecnologías emergentes sobre modelos de negocios, patrones de mercado y estructuras de mercado a nivel mundial y específicamente en Brasil. En este marco, Ferraz (2018) destaca que el escenario actual se distingue por la amplia, intrincada y complementaria convergencia entre tecnologías y la trayectoria posible es de difusión rápida por la caída de insumos clave. Según estimaciones del proyecto el 74% de los representantes de 753 empresas industriales brasileñas de diversos sectores y tamaños consideran que para el 2027 las tecnologías digitales avanzadas serán dominantes en sus sectores de actividad. No obstante, se afirma que menos del 25% de las empresas brasileñas utilizan tecnologías digitales avanzadas y sólo un 1,6% del panel ya adoptan las de generación 4.0 (siendo más favorable el panorama en grandes firmas de más de 500 empleados o empresas multinacionales). En lo que refiere a las funciones empresariales, los mayores avances se identifican en la gestión de cadenas de valor, respecto a la relación con proveedores o clientes, y los menores logros a nivel de la gestión de la producción.

En estos términos, la aplicación de este tipo de tecnologías en el conjunto empresarial sigue siendo una realidad lejana. Esto se combina con la crisis económica que Brasil aún tiene, luego de la recesión 2015-2016, y que repercute directamente en la industria. En efecto, la producción industrial en la actualidad representa menos del 10% del PIB del país, según una encuesta de CNI. Este organismo esperaba una expansión del 3% del PIB industrial en 2018 y del 4% de la Formación Bruta de Capital Fijo (FBCF), un indicador de la capacidad de inversión de las empresas. Sin embargo, la economía brasileña tocó fondo y registró la tasa de crecimiento más baja desde 1990, con un promedio del 1,3% por año para la última década.

Además, Brasil ocupa el puesto 69 en el Índice de Innovación Global, habiendo caído recientemente en ese ranking. Entre 2010 y 2016, según ABDI, la productividad de la industria brasileña se redujo en más del 7% y, en el Índice Global de Competitividad de Manufactura, Brasil cayó del 5to. puesto en el año 2010 al 29na. posición en 2016⁴.

² Ver al respecto: <https://www.bnamericas.com/es/noticias/brasil-esta-lejos-de-industria-40-pese-a-mayor-automatizacion>.

³ Ver sobre el particular: <https://www.fiesp.com.br/noticias/fiesp-identifica-desafios-da-industria-4-0-no-brasil-e-apresenta-propostas/>.

⁴ Ver al respecto: <http://www.industria40.gov.br/>.

La implementación de la Industria 4.0 en las empresas brasileñas tiene como gran reto impulsar así una serie de factores relevantes como ser: políticas estratégicas e inteligentes; diversos incentivos y fomentos gubernamentales; promover reuniones de empresarios y gerentes de la industria con visión; y disponer de desarrollo tecnológico y capacitación de profesionales altamente calificados por parte de instituciones académicas y de investigación, preferiblemente cerca de la industria (FIRJAN, 2016). Para competir a nivel global, se requiere entonces que la industria pueda aumentar su productividad y participación invirtiendo en innovación y educación, como así también desarrollando diversos proyectos e iniciativas a nivel gubernamental y privado. Por lo tanto, es importante para Brasil identificar nuevas oportunidades de acción e inserción tecnológica. Miguez et al. (2018) en esta dirección argumenta que la integración entre políticas industriales y tecnológicas son una necesidad debido a la mayor interdisciplinariedad que viene ocurriendo en el desarrollo de nuevas tecnologías.

En este marco, la presente investigación busca indagar exploratoriamente sobre las motivaciones, beneficios y obstáculos a la introducción de tecnologías 4.0 en empresas manufactureras y mipymes de Brasil, como un punto de partida para el diseño de políticas. A continuación, se destacan los principales postulados metodológicos.

B. Propuesta metodológica⁵

La propuesta metodológica del presente estudio parte de un diseño cualitativo (Eisenhardt, 1989, Yin, 2009), con el objeto de indagar exploratoriamente sobre las motivaciones, beneficios y obstáculos a la introducción de nuevas tecnologías digitales en empresas manufactureras de Brasil. Se trata fundamentalmente de firmas mipymes que han incorporado tecnologías 4.0 o que al menos esa era su intención original. Las fuentes de información fueron de carácter primario, en primer lugar, en base a entrevistas a empresas usuarias e informantes calificados, y, en segundo lugar, y de modo complementario, de carácter secundario, en base a bibliografía especializada e informes.

El diseño de instrumentos del trabajo de campo se centra en los lineamientos del Documento de Trabajo del Proyecto Euromipyme conducido por la CEPAL, como guía metodológica para la captación de la adopción de nuevas tecnologías digitales en mipymes latinoamericanas (Gligo, 2018), En principio, se definió un conjunto específico de tipos de tecnologías para consultar en preguntas semi-abiertas y cerradas: i) Sensores e Internet de las cosas; ii) Robótica avanzada; iii) Impresión aditiva / 3D; iv) Computación en la nube; v) Analítica de grandes datos (big data); vi) Inteligencia Artificial; y v) Otras a especificar.

Dentro de estas nuevas tecnologías digitales, se examinaron el/los proyectos implementados o en evaluación, a qué áreas o en que funciones de la empresa fue aplicado (Producción, Innovación y diseño de productos, Logística de entrada y relación con proveedores, Marketing y relación con clientes u Otra área), origen de la tecnología y fuentes de la información, si involucró una inversión o una contratación de un servicio, su fecha de implementación o contratación, uso u objetivo del proyecto.

Las entrevistas buscaron profundizar la indagación sobre un número acotado de proyectos considerados como los más relevantes o representativos (por lo general uno). En esto se trató de identificar aquellos elementos distintivos en el proceso de incorporación y uso de las nuevas tecnologías digitales (motivaciones, beneficios y obstáculos).

⁵ Esta misma metodología es utilizada por Motta, Morero y Ascúa (2019) para el análisis de la temática en el caso argentino.

Las “motivaciones” y “beneficios” se consideraron según una estilización que calificaba de 1 a 4 (1 principales razones, 2 Relevante, pero no la principal razón, 3 poco o no relevante, 4 no aplica) las siguientes: Mejorar eficiencia de una función o proceso, Ahorro de costos, Reemplazo de personal, Mejorar la calidad, Mejorar relación con clientes, Mejorar la relación con proveedores, Desarrollo de nuevo producto o nuevos servicios asociados, y Desarrollo de nuevo modelo de negocios.

Para examinar el proceso de implementación, se analizaron los principales problemas u obstáculos para superar y la forma de sortearlos, o si los mismos siguen interviniendo. En este plano se consideraron, calificando de 1 a 4 de la misma manera que los beneficios, los “obstáculos internos a la empresa” (Desconocimiento sobre la tecnología, Falta de interés/otros proyectos más urgentes requieren atención, Falta de interés / evaluación beneficio-costo negativa, No se disponen de los recursos humanos calificados para la implementación, No se dispone de los recursos financieros necesarios para la inversión, No se dispone de la infraestructura y conectividad interna necesaria, otros a especificar) y en “obstáculos externos a la empresa” (Tecnología poco madura, Faltan proveedores de productos o servicios tecnológicos, Falta oferta de financiamiento o las condiciones de financiamiento no son adecuadas, Poca disponibilidad en mercado laboral de personal calificado, Sistema de formación y capacitación insuficiente para nuevos requerimientos, Infraestructura de información y comunicaciones débil o insuficiente, Contexto macroeconómico, Inestabilidad de la economía).

Por último, las entrevistas buscaron identificar los aspectos vinculados a modos de financiamiento y tipos de ayuda no financiera -como ser, apoyo del sector público, académico u organizaciones empresariales.-. En los casos en los cuales la firma estaba en etapa de evaluación de un proyecto, estos elementos se consideraron respecto a su percepción a futuro.

LAS EXPERIENCIAS DE ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS 4.0 EN EMPRESAS MANUFACTURERAS BRASILEÑAS, SUS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS Y PROYECTOS



En el desarrollo del trabajo de campo se realizaron diecisiete entrevistas a empresas manufactureras de diversos estados de Brasil. De las firmas visitadas, trece presentan implementaciones de nuevas tecnologías digitales (realizadas o en proceso), dos casos exhiben sólo una proyección de incorporarlas y en los dos casos restantes no se trata de inversiones directas en tecnologías 4.0.

En este marco, el cuadro 1 a continuación describe las características estructurales de las quince empresas que desarrollan o prevén incorporaciones de nuevas tecnologías (Empresas A-O), considerando sus principales sectores de actividad, antigüedad, localización geográfica y tamaño. Los sectores de actividad de estas firmas incluyen la producción de bienes de capital, la actividad electrónica, autopartista y agropartes, equipamiento y material médico, confección y textiles. Se incluyen empresas de más de dos décadas de antigüedad, en promedio con cerca de veintisiete años, y se localizan en los estados de São Paulo, Santa Catarina, Paraná, Mato Grosso, Mina Gerais y Río Grande del Sur. Los establecimientos tienen un tamaño que oscilan entre los seis y los más de mil trabajadores (las tres empresas más grandes cuentan con 1.050 ocupados, 500 empleados y 220 trabajadores respectivamente). Por último, las firmas presentan un nivel de facturación medido en dólares que oscila entre los 141 mil y los 99 millones por año.

Cuadro 1

Características de las empresas manufactureras estudiadas

Empresa	Actividad	Localización	Año de creación	Tamaño Por empleo	Tamaño por tramo de facturación (millones de reales/año)
A	Producción de artículos de lencería y ropa deportiva	Bicas Mato Grosso	1997	178	Tramo 5 (19-64 millones)
B	Producción de tejidos y estampado	Mooça - São Paulo	1994	52	Tramo 4 (15-19 millones)
C	Producción de artículos de lencería	Joinville - Santa Catarina	1990	122	Tramo 6 (64-75 millones)
D	Producción de rollos de tejidos	Brusque - Santa Catarina	1991	500	Tramo 8 (145-230 millones)
E	Producción de máquinas y equipamientos para la agricultura	Ciudad de Campo Mourão Paraná	2003	65	Tramo 5 (19-64 millones)
F	Producción de equipamientos para laboratorio, softwares y sistemas electrónicos de automatización	Ciudad de Nuevo Hamburgo Río Grande do Sul	1997	6	Tramo 1 (0-3 millones)
G	Producción piezas y de barras de dirección para el sector automotriz	Ciudad de Ribeirão Pires São Paulo	1993	31	Tramo 2 (3-10,5 millones)
H	Producción de equipamiento electrónicos para el automóvil	Ciudad de São Caetano do Sul - São Paulo	1989	25	Tramo 2 (3-10,5 millones)
I	Producción e importación de asientos para ómnibus	Ciudad de Mauá São Paulo	1997	23	Tramo 2 (3-10,5 millones)
J	Producción de amortiguadores de automóviles	Ciudad de Diadema - São Paulo	1957	220	Tramo 10 (360-520 millones)
K	Producción de dispositivos médicos odontológicos	Ciudad de Londrina - Paraná	1994	100	NC
L	Producción de máquinas (routers, fresas, mesas de corte, etc.)	Ciudad de Londrina Paraná	1993	14	Tramo 2 (3-10,5 millones)
M	Producción de pan de queso, masa fresca, hojaldre, empanadas y otros	Ciudad de Contagem Minas Gerais	1990	1 050	Tramo 9 (230-360 millones)
N	Producción de aparatos y equipamientos de medida, testeo y control	Sao Leopoldo Río Grande del Sur	1984	154	Tramo 5 (19-64 millones)
O	Producción de sistemas hidráulicos para la industria del azúcar y el alcohol	Ciudad de Londrina Paraná	1996	20	Tramo 1 (0-3 millones)

Fuente: Elaboración propia.

El cuadro 2, por su parte, sintetiza en los casos examinados los tipos de proyectos de incorporación de nuevas tecnologías digitales y su grado de implementación (ya implementados, en implementación o como proyección). De las quince empresas estudiadas hay ocho proyectos de sensores e Internet de las cosas, ocho incorporaciones de computación en la nube, tres proyectos de robótica avanzada, tres implementaciones de sistemas con inteligencia artificial, tres implementaciones de impresión aditiva, una de analítica de grandes datos y una aplicación de realidad virtual y aumentada. Se cubren así las diferentes modalidades de tecnologías que constituyen la Industria 4.0.

Entre las tecnologías utilizadas se destaca el uso de sensores e internet de las cosas para el acompañamiento y monitoreo de la producción en tiempo real. En varios de los casos, este control de la producción, monitoreo y documentación de la gestión de la planta se realiza con la ayuda de softwares tipo MES. En total diez de las quince empresas analizadas han realizado avances en esta dirección. De este modo, el uso de sensores e internet de las cosas aparece como la opción más extendida y supone un sistema de dispositivos interrelacionados —cada uno con una IP específica— y la capacidad de transferir datos a una red o recibir instrucciones. Por otro lado, cuatro empresas desarrollan robótica avanzada con eje en la automatización de áreas de producción.

En otro sentido, nueve empresas destacan que han implementado computación en la nube, aunque en la mayor parte de estos casos, se lo hace simplemente para facilitar el acceso a los datos desde distintos dispositivos electrónicos o como resguardo de la información de la empresa. Por otro lado, la inteligencia artificial (tres empresas) y la analítica de grandes datos (una empresa) se aplica fundamentalmente a tareas de marketing y pos-venta. En este sentido, se aprecia la incorporación de un *chatbot* para el relacionamiento con clientes, en tanto programa informático que permite mayor grado de comunicaciones e interacciones rápidas y sencillas en el servicio de atención. Por último, las implementaciones de impresión aditiva que han realizado tres empresas se dirigen principalmente a tareas de generación de prototipos.

En relación con el inicio de los proyectos, las empresas que contestaron desarrollaron las actividades mayoritariamente en los años 2017 y 2018. La mayor parte de los proyectos se encuentran implementados y en etapa de implementación. En algunos casos, se evalúa su implementación a futuro en tanto inversión estratégica en diversas áreas tales como almacenamiento de datos en la nube, internet de las cosas y robótica avanzada.

Por otra parte, el entramado institucional de apoyo a la producción y a las mipymes en el contexto brasileño es amplio en términos de organismos involucrados, destacándose a nivel nacional entidades como el Servicio Brasileño de Apoyo a las Micro y Pequeñas Empresas (SEBRAE), la Agencia Brasileña de Desarrollo Industrial (ABDI), el Ministerio de Economía, Industria, Comercio exterior y Servicios (MDIC), el Ministerio de Ciencia, Tecnología, Innovaciones y Comunicaciones (MCTIC), el Banco Nacional de Desarrollo (BNDES), la Empresa Brasileira de Investigación e Innovación Industrial (EMBRAPPII), la Confederación Nacional de Industria de Brasil (CNI), junto a las distintas universidades y resto del sistema de Ciencia y Técnica. En el contexto estadual, es posible resaltar entre otros al Sindicato de Micro y Pequeña Industria (SIMPI) de Sao Paulo -afiliado a la Asociación Nacional de SIMPIS-, el Instituto de Tecnología de Río de Janeiro, el Servicio Nacional de Aprendizaje Industrial (SENAI) de Electromecánica de Curitiba (con sus distintos centros especializados por el país) y el Consejo Superior de Micro, Pequeña y Mediana Industria (COMPI) de la Federación de Industrias del Estado de Sao Paulo (FIESP) y organizaciones como la Fundación Centros de Referencia en Tecnologías Innovadoras (CERTI) en Santa Catarina. En este último caso, se destaca la puesta en marcha de un laboratorio-fábrica de referencia en el desarrollo, dominio, práctica y difusión de las tecnologías centrales de la Industria 4.0.

Cuadro 2

Proyectos de nuevas tecnologías digitales implementados, en implementación o proyección de empresas estudiadas

Actividad	Localización	Tipo de Proyecto	Implementación	Año		Grado de implementación		
				Inicio proyecto	Implementado	En implementación	Proyecto evaluación a futuro	
A Producción de artículos de lencería y ropa deportiva	Bicas - Mato Grosso	Internet de las cosas y sensores. Computación en la nube	Incorporación de sensores p/obtención de información en tiempo real en smartphone para más eficiencia. productiva. Software Audaces 360 en creación y /design	2018	X	X		
B Producción de tejidos y estampado	Mooca - São Paulo	Computación en la nube. Inteligencia artificial. Realidad virtual y aumentada	Aplicación p/programar y seleccionar estampado de tejidos. Adquisición de programa informático Chatbot	NC	X			X
C Producción de artículos de lencería	Joinville - Santa Catarina	Computación en la nube	Software Audaces y Sistextil app	NC	X			
D Producción de rollos de tejidos	Brusque - Santa Catarina	Computación en la nube. Internet de las cosas y sensores	Sistema de monitoreo de telares de la empresa. Incorporación de software MES para la mejora de la producción	2017	X	X		
E Producción de máquinas y equipamientos para la agricultura	Ciudad de Campo Mourão - Parana	Internet de las cosas y sensores. Impresión aditiva. Computación en la nube	Sistema de monitoreo remoto y control de la producción MES y SCADA. Manufactura asistida por computador CAD/CAM . Prototipado rápido en impresión 3D. Paquete G Suite	NC	X			
F Producción de equipamientos para laboratorio, softwares y sistemas electrónicos de automatización	Ciudad de Nuevo Hamburgo. Río Grande do Sul	Internet de las cosas y sensores. Computación en la nube. Inteligencia artificial	Sistemas integrados de ingeniería para desarrollo de productos y fabricación de productos	NC		X		X
G Producción piezas y de barras de dirección para el sector automotriz	Ciudad de Ribeirão Pires - São Paulo	Internet de las cosas y sensores. Impresión aditiva. Computación en la nube	Sistema CAD. Impresión3D. Seguridad de información en la nube	2018/3/7/	X	X		
H Producción de equipamiento electrónicos para el automóvil	Ciudad de São Caetano do Sul - São Paulo	Internet de las cosas y sensores. Impresión aditiva. Computación en la nube	Integración de nuevos productos con IOT. Impresión 3D. Almacenamiento de datos	2018	X			
I Producción e importación de asientos para ómnibus.	Ciudad de de Mauá - São Paulo	Internet de las cosas y sensores. Robótica avanzada. Computación en la nube	Sistema integrado entre máquinas. Automatización con sensor. Guillotina y plegadora digitalizada (tipo CNC). Banco de datos en la nube	NC	X			
J Producción de amortiguadores de automóviles	Ciudad de Diadema - São Paulo	Robótica avanzada. Internet de las cosas y sensores	Línea robotizada. Sistema integrado de monitoreo MES	2018/7	X			
K Producción de dispositivos médicos odontológicos	Ciudad de Londrina - Parana	Impresión aditiva. Análisis de Big Data. Inteligencia artificial	Prototipado de impresión 3D. Análisis de mercado y pos-venta por medio de inteligencia artificial	NC	X			
L Producción de máquinas (Routers, Fresas, Mesas de corte, etc.)	Ciudad de Londrina - Parana	Internet de las cosas y snsores. Inteligencia artificial	Implementación de ERP industrial para control de stocks y MRP integrado con e-commerce	2018	X			
M Producción de pan de queso, masa fresca, hojaldre, empanadas y otros	Ciudad de Contagem - Minas Gerais	Robótica avanzada. Internet de las cosas y sensores	Automatización de áreas de producción. Almacenamiento de datos de producción	2018	X			
N Producción de aparatos y equipamientos de medida, testeo y control	Sao Leopoldo - Rio Grande do Sul	Internet de las cosas y sensores	Proyecto de internet de las cosas, para disponibilidad de datos productivos on- line	2019				X
O Producción de sistemas hidráulicos para la industria del azúcar y el alcohol	Ciudad de Londrina - Parana	Robótica avanzada	Proyecto de banco de pruebas de automatización	NC				X

Fuente: Elaboración propia.

A. Experiencias de adopción de nuevas tecnologías digitales en empresas industriales de Brasil

A continuación, se describen las principales características de las empresas estudiadas y los diferentes proyectos de nuevas tecnologías digitales en los cuales han estado involucradas:

1. Empresa A

La empresa A es una firma mediana de lencería y ropa deportiva (sostenes, bragas, pijamas, calzas) de la ciudad de Bicas - Mato Grosso. Desde el punto de vista de las nuevas tecnologías digitales, la compañía se destaca por haber realizado importantes inversiones en la compra de sensores y aplicaciones para monitorear en tiempo real la producción, directamente desde el teléfono inteligente, con el objetivo de obtener una mayor eficiencia productiva, previsibilidad de producción e historial de operaciones en la fábrica. Dichas inversiones incluyen servicios de consultoría (SENAICetiqt), software y hardware.

También en el ámbito del diseño de productos, la compañía contrató a un proveedor especializado en la herramienta 3D que simplifica el proceso de creación y diseño a través del Audaces 360.

Las principales cuestiones que llevaron a la empresa a invertir en estas nuevas tecnologías tienen que ver con la búsqueda de mejoras en la eficiencia productiva de su función o proceso, ahorros de costos y facilitar el desarrollo de nuevos productos. En primer término, implica: sensores instalados en máquinas de coser para cuantificar la producción; Smartphone en cada PUPI (Pequeñas Unidades de Producción Inteligente), para seguir las paradas en el proceso de producción; software para recibir esta información y ponerla a disposición en televisores de forma gráfica y fácil de entender. En segundo lugar, con Audaces 360 y su herramienta 3D se busca agilizar el proceso de creación y diseño de colecciones, reduciendo la confección de piezas piloto en las primeras etapas.

En cuanto a sus principales problemas se destacan las dificultades de los operadores en el uso de estas nuevas tecnologías. Por ejemplo, muchas costureras tenían la costumbre de pisar el pedal, a pesar de que no tenían material de costura, y eso se registraba en los sensores instalados: "Desde el principio, se identificó que el sensor utilizado no era ideal, ya que es muy sensible, y muchas costureras tenían la costumbre de pisar el pedal, incluso sin coser (lo que implicaba que el sistema registrara este proceso)". Puesto que el número de costuras varía según el producto en cuestión, así como el modelo, se hace necesario definir con claridad cuántas costuras se realizan para completar una pieza. Ello destaca, entonces, la importancia de capacitación en estas tecnologías, la superación de "barreras culturales" de la propia empresa y el despliegue de mejoras en la infraestructura de comunicación (WIFI).

2. Empresa B

La empresa B es una firma pequeña que opera en el segmento del tejido y estampado de la ciudad de Mooca - São Paulo. En términos de nuevas tecnologías digitales, la compañía ya ha invertido en una aplicación para programar y seleccionar impresiones de tela y dispositivos para implementar la operación de impresión digital. Además, ha realizado marketing digital (e-commerce) y busca desarrollar un *chatbot* en el servicio de atención al cliente.

En cuanto a las razones que justificaron tales inversiones, la compañía declaró que la razón principal era la búsqueda de una mayor productividad (control de costos y mejora de los procesos de producción) en las operaciones de su planta. Además, la empresa también ha tratado de mejorar las relaciones con los clientes y minimizar el tiempo de respuesta a ellos (*“poder atender a los clientes las 24 horas del día”* y *“mejoramos la comunicación con los clientes, el tiempo de respuesta fue casi instantáneo”*).

Los principales problemas enfrentados incluyen la dificultad a nivel de los recursos humanos de ajustar la calibración del robot en la operación de la fábrica. Ello impide obtener mejores resultados en comparación con las actividades manuales.

En términos de nuevas inversiones en el futuro cercano, la empresa está considerando invertir en *“realidad virtual y aumentada”*, para generar entornos virtuales y situaciones específicas para los clientes. La motivación central está en seguir mejorando el vínculo con los clientes, de modo de mostrar que se está innovando y produciendo productos de alta tecnología.

3. Empresa C

La empresa C es una firma tamaño mediano de la ciudad de Joinville - Santa Catarina y produce artículos de lencería (bragas y sujetadores fundamentalmente).

En cuanto a la incorporación de innovaciones de tecnología digital, la empresa invirtió básicamente en marketing digital con acciones de comercio electrónico; software de gestión integrado (*“ERP Sistextl”*) e intercambio electrónico de datos (EDI); y software para la automatización en la operación de corte. Aparecen también como proyectos relacionados computación en la nube (aplicación Sistextil) e impresión 3D (esto se encuentra en negociación con el proveedor del software).

En cuanto a los principales factores que motivaron a la empresa a adoptar tales innovaciones, se destacan la mejora en la eficiencia en términos de función o proceso (economía de costos, sustitución de personal, aumento de escala en la producción, mejorar la calidad, desarrollo de nuevos productos); un servicio rápido de atención al cliente; mejora en la relación con los proveedores y el seguimiento de las tendencias del mercado para un mayor uso de Internet y las redes sociales. Según sus líderes *“la empresa debe estar preparada para estos cambios...”*

La firma busca también como aspecto diferencial e innovador *“ofrecer no solo vestimenta, sino salud, y contribuir a la sustentabilidad”*. De esta forma, a nivel de servicios asociados y nuevo modelo de negocios se promueve la cuestión ecológica con productos reciclables y biodegradables, la recolección de agua de lluvia, reciclaje de residuos sólidos.

Se destaca que tienen vinculación con la Universidad de la Región de Joinville (UNIVILLE), tomando cursos y prácticas. Están estableciendo una asociación para el desarrollo de un laboratorio industrial (incubadora), aunque falta finalizar los trámites y tener la contraparte requerida por el gobierno del Estado. Del mismo modo, buscan testar y certificar algunos atributos del producto ofrecido. Se financian con recursos propios.

Por otro lado, entre las dificultades identificadas para adoptar las innovaciones de transformación digital aparecen la infraestructura de información y comunicación deficiente o insuficiente y la situación de proveedores de productos y servicios tecnológicos en falta.

4. Empresa D

La empresa D es una firma de gran tamaño que opera en el segmento textil: tejido de punto (tejido y teñido) y su producto principal son rollos de telas. Está ubicada en Brusque- Santa Catarina.

La principal inversión reciente de la firma en el proceso de transformación digital es un Sistema de Monitoreo de Telares - MES. El motivo que justificó esta inversión fue permitir el monitoreo de la eficiencia del parque de máquinas de producción (telares) de la empresa. Además, otros factores que se plantearon como importantes para decidir esta inversión fueron como mejorar la eficacia del proceso productivo —tanto en términos de equipamientos como balance general de la fábrica— y las relaciones establecidas con los clientes —a nivel de mayores aciertos de entregas y reducción de prendas de segunda calidad.

Se resalta al respecto que MES era: una tecnología definida como esencial para nosotros porque los costos se plasmaban utilizando un índice de productividad que claramente no era correcto. Con esta tecnología, conocemos el índice verdadero y, especialmente, tenemos un registro de las razones que llevaron a no estar dentro de lo esperado”.

Por otro lado, en cuanto a los factores que obstaculizaron la implementación de la tecnología se destaca la débil o insuficiente infraestructura externa de información y comunicación. Se resalta también que cambiar el funcionamiento de la fábrica supuso transformar la mentalidad de los operadores. Al respecto, se plantea: “tuvimos que superar con planificación y mucha repetición y monitoreo diario del proyecto”.

Se espera a futuro mejorar los indicadores estratégicos de la empresa desde el enfoque de la Industria 4.0 y la transformación digital. De este modo, se afirma que las fuentes de financiamiento están disponibles, pero “depende del marco del proyecto y la estructura de recuperación de la inversión, que a menudo es bastante intangible”.

5. Empresa E

La empresa E es una firma mediana ubicada en la ciudad de Campo Mourão en Paraná y fabrica productos para agricultura de precisión. Posee un importante proyecto de tecnología digital implementado un sistema de monitoreo remoto y control de producción. También aplica manufactura asistida por computadora, impresión aditiva para prototipado y computación en la nube (paquete G Suite) en toda la empresa.

El proyecto principal se implementó hace 8 años, la inversión es un software que está integrado con ERP. Los principales motivos para implementar el proyecto tienen que ver con mejoras en términos de eficiencia de función o proceso. Aunque no identifica importantes obstáculos para la implementación, se enfrentó inicialmente una barrera cultural con los empleados, ya que muchos no advertían la relevancia del nuevo sistema adoptado. Se entiende que si el proyecto debe ser llevado a un siguiente paso, el principal problema interno será que no tiene la infraestructura y la conectividad interna necesarias, dado que tendrá que pasar la infraestructura de red a través de toda la producción.

El proyecto fue financiado con fondos propios de la compañía y no recibió apoyo público o privado. Manifiesta haber hecho una alianza con un socio que forma parte de la dirección. Los beneficios generados hasta la fecha han sido la eficiencia mejorada de una función o proceso, mejores relaciones con los proveedores y desarrollo de nuevos productos.

La empresa destaca el interés por incentivos/subsidios y consultores especializados provistos por parte del sector gubernamental, además de poder desarrollar pasantías

con el sector académico. Respecto a los planes futuros, la compañía está considerando avanzar hacia la Industria 4.0, utilizando sensores que midan las métricas mediante la medición precisa de algunos procesos, como ser el ajuste de tornillos, el dimensionamiento de piezas, todo integrado en el proceso de fabricación.

6. Empresa F

La empresa F es una empresa pequeña ubicada en la ciudad de Novo Hamburgo de Río Grande del Sur y fabrica equipos de laboratorio y máquinas de prueba universales, software y sistemas electrónicos para la automatización. Como proyecto líder de tecnología digital, se implementaron sistemas integrados de ingeniería para el desarrollo y la fabricación de productos en el área de producción e innovación y diseño de productos. También se utiliza computación en la nube en las mismas áreas.

Como empresa de tecnología que desarrolla equipos y soluciones, siempre se esfuerza por estar en línea con lo último del mercado de la tecnología y las condiciones financieras y tecnológicas de los clientes a lo largo del tiempo. De este modo, termina desarrollando tecnologías como un diferencial para llegar a nuevos mercados y clientes. Los principales motivos para implementar este tipo de tecnologías tienen que ver con mejorar la eficiencia de función o proceso, la calidad y el despliegue de nuevos productos, servicios asociados y modelos de negocio.

Los principales problemas se relacionan con el cambio de comportamiento de las personas involucradas en relación a los beneficios de esta tecnología, tanto desde la parte operativa como desde la gerencia. También el tema del costo es una cuestión importante, considerando que un robot puede costar bastante más que en otros lugares del mundo. El costo de la tecnología sigue siendo entonces caro en Brasil, además de influir la inestabilidad económica. Se resalta así que: “el costo de Brasil en este caso es muy alto y, además la industria en su conjunto se ha estancado en los últimos 3 años y, como no ha evolucionado año tras año, el salto que se necesita ahora en las tecnologías 4.0 es un poco más grande que en otros países”.

Se destaca así que la infraestructura de comunicación de datos del país está desactualizada en relación con otros lugares más avanzados en la Industria 4.0, por lo que su falta se hace evidente para redes móviles e Internet de banda ancha. Ello aparece, por lo tanto como un factor limitante para la inserción de estas nuevas tecnologías.

El proyecto fue financiado por fuentes externas (préstamos bancarios) y fondos propios de la compañía. Además, SEBRAE apoyó la encuesta de información de mercado, así como proporcionó pasantes de escuelas técnicas. Los principales beneficios obtenidos hasta la fecha están relacionados con la apertura de nuevos mercados, así como la diversificación de productos y soluciones (permitiendo la visualización de nuevos productos, nuevas demandas y con ello nuevos clientes).

Con respecto a los planes futuros, la empresa planea implementar proyectos de *machine learning* e IoT porque las soluciones que ya ofrecen son complementarias y hay una demanda creciente y aún muy alta en Brasil. Se pretende utilizar como fuente de financiación los proyectos sectoriales de BNDES o SEBRAE.

7. Empresa G

La empresa G es una firma ubicada en Ribeirão Pires en Sao Paulo que fabrica barras y terminales de dirección para la industria automotriz. Los principales proyectos de tecnología digital incluyen CAD, impresión aditiva y computación en la nube. CAD se

implementó en 2018 bajo una licencia de por vida. La fabricación aditiva se implementó a mediados de 2013. Finalmente, la computación en la nube se implementó en 2017.

El objetivo principal para implementar estas tecnologías era la necesidad de mantener la fábrica más actualizada y competitiva, buscando reducir costos, aumentar los niveles de calidad y reducir las tasas de chatarra. Más específicamente, el CAD se plantea como muy necesario para seguir siendo competitivo, ya que mejora sus índices de calidad y disminuye los niveles de fallas. Por otro lado, la fabricación aditiva permite obtener menos desperdicio y evita problemas en la producción. Con la computación en la nube, evita riesgos de perder datos y permite que la información sea accesible y segura.

Los principales problemas para superar se relacionan con el entrenamiento del equipo. Por otra parte, se financiaron con fondos propios de la compañía. Los principales beneficios obtenidos hasta la fecha están relacionados con el ahorro de costos, debido a la reducción de chatarra.

En cuanto a los planes futuros, lo más importante es la automatización digital con sensores en el área de producción. Además, se está evaluando implementar la robótica avanzada (también para producción) y el análisis de big data (para logística de entrada y relaciones con proveedores y relaciones con clientes y marketing). Se busca así mejorar la eficiencia de función o proceso, buscando un aumento en la productividad y ahorro de costos (a través de la tecnología, reduciendo los costos de personal y aumentando la productividad). Un posible obstáculo es la falta de conocimiento sobre la tecnología, más específicamente relacionada con el retorno del beneficio que puede aportar la inversión. Asimismo, se buscan financiar con recursos propios y no financiación externa debido a la inestabilidad económica.

8. Empresa H

La empresa es H es una firma pequeña ubicada en la ciudad de San Caetano del Sur en São Paulo que fabrica equipos electrónicos del automóvil. El proyecto principal en la planificación es el desarrollo a través de IoT. Por otra parte, se busca avanzar con impresión 3D. Se ha implementado también computación en la nube en el área de ventas, respaldando los servidores.

En relación con el IoT, se pretende una diferenciación en el producto en términos competitivos, además de ser una tendencia del mercado la conectividad de dispositivos, máquinas, equipos para conectarse a internet. De esta manera, se proyecta comprar las tarjetas con chip y desarrollar todo el software, con recursos propios. Al mismo tiempo, se participa en varios foros de fabricantes de componentes electrónicos, entre ellos hay varios fabricantes de esta parte del componente IoT. La idea es tener rápidamente algunos equipos con esta funcionalidad. Por otro lado, la utilización de impresión 3D para la validación de prototipos busca una reducción de costos y una mejora en la calidad del producto.

Los principales problemas tienen que ver con el desarrollo de otros proyectos más urgentes que requieren atención, dado que la empresa es pequeña y tiene un número limitado de empleados. Además, no hay recursos financieros necesarios para la inversión, por lo tanto, existe la necesidad de desarrollar todo a nivel interno siendo un obstáculo la escasez de personal y las relaciones entre los empleados, con divergencias en ciertas oportunidades.

En términos de planes a futuro, se resalta como interesante la posibilidad de generar mayores vínculos e instancias de entrenamiento con los fabricantes de componentes de IoT.

9. Empresa I

La empresa I es una firma pequeña ubicada en la ciudad de Mauá - São Paulo que fabrica asientos para autobuses. Como proyectos de tecnología digital, el área de producción cuenta con un sistema integrado entre máquinas, automatización con sensor y guillotina y carpeta digitalizada (tipo CNC). Para los sectores de producción, finanzas, logística y relaciones entrantes y de proveedores, utilizan la base de datos en la nube.

El objetivo principal en la implementación del nuevo sistema tiene que ver con la necesidad de agilizar la información y evaluar la mejora continua, de modo de lograr ahorros de costos. El proyecto fue financiado con fondos propios de la compañía y no tuvo apoyo público o privado. La empresa manifiesta estar recibiendo o esperando recibir apoyo de consultores especializados, relacionamientos con centros de tecnologías contratos de asistencia con universidades y servicios de laboratorios. En efecto, se enfatiza que no se hace un asiento para el automóvil como una silla normal. El automóvil se mueve, tiene su inercia, sus contratiempos. De este modo, se requiere de laboratorio de pruebas que si bien hay en Brasil, en varios casos no tienen acceso para las empresas.

Los principales beneficios hasta la fecha están relacionados con el ahorro de costos, el tiempo de entrega más corto y el desarrollo de nuevos servicios asociados y la estandarización de proyectos. Los principales problemas se relacionan con la falta de conocimiento sobre la tecnología y la falta de recursos humanos calificados para implementarla.

En cuanto a los planes futuros, lo más importante es la implementación de una máquina de estampado automatizada integrada con la máquina de corte y doblado. Asimismo, se evalúa el uso de sensores e internet de las cosas en las áreas de producción, innovación y diseño de productos, logística de entrada y relaciones con proveedores, y relaciones de marketing y clientes. Del mismo modo, aparece la impresión aditiva /3D para el sector de Diseño de Productos e Innovación. Para el desarrollo de estos nuevos proyectos se tiene en vistas el despliegue de nuevos modelos de negocios para lograr la exportación, además de ahorro de personal que no maneja estas tecnologías. Como obstáculos, se destaca el hecho de que no se disponía de la infraestructura necesaria y la conectividad interna y también la inestabilidad de la economía, dado la ausencia de una política de inversión adecuada.

10. Empresa J

La empresa J es una firma de tamaño grande ubicada en la ciudad de Diadema - São Paulo que fabrica amortiguadores de automóviles. Como proyectos tienen una línea robotizada implementada en 2018 y un sistema integrado de monitoreo del desempeño de fabricación (MES) puesto en marcha en 2017. Este último mapea los índices de calidad, disponibilidad y rendimiento del equipo.

La razón principal para la implementación de este tipo de tecnologías se vincula a la búsqueda de la excelencia operativa, con el equipo comprometido y motivado en la lograr la mejora continua. El proyecto de la línea robótica es una cuestión de necesidad de producción debido a los cuellos de botella. El sistema MES ya busca la estabilidad del proceso y, como consecuencia, una mayor productividad. El principal problema a ser superado es la problemática cultural, puesto que los empleados rechazan el monitoreo en la línea de la producción.

El financiamiento se realizó con fondos propios de la compañía y no recibió apoyo público o privado. El principal beneficio obtenido hasta la fecha con el proyecto de

robótica se hace presente en el ritmo de producción, ganando productividad. El sistema integrado mejora la sinergia interna, así como favorece la relación entre las áreas de soporte y el área de operación.

En cuanto a los planes futuros, los más importantes son el análisis de Big Data y la impresión 3D para la innovación y el diseño de productos. La principal razón para la implementación de estos nuevos proyectos es tener una respuesta rápida con los clientes y un desarrollo más ágil de nuevos productos, de forma de ser más competitivo y tener un factor diferenciador.

11. Empresa K

La empresa K es una firma mediana ubicada en la ciudad de Londrina - Paraná que fabrica biocerámicas, instrumentos rotativos, alfileres y fibras de odontología pediátrica. Como principales proyectos de tecnología digital aparecen prototipos de impresión 3D, análisis de mercado y posventa a través de inteligencia artificial.

A diferencia de otras compañías, la empresa ha buscado contratar servicios de tecnología digital no por temas de costos sino con el objeto de priorizar los productos de mayor valor agregado, que les permitió conquistar el mercado internacional. La razón para contratar servicios de impresoras 3D tiene que ver con mejorar lo ofrecido al cliente y, respecto al *software*, dar más calidad a la toma de decisiones al permitir generar varios escenarios para el análisis de datos.

La compañía utiliza organismos de fomento como la agencia pública Financiadora de Innovación y Pesquisa (FINEP) en 2018, y su principal entidad de financiación es el BNDES. Se destaca el uso recurrente de una nueva modalidad llamada Empresa Brasileña para la Investigación de la Innovación Industrial (EMBRAPII), módulo de financiamiento y desarrollo, que es financiado por la Confederación Nacional de Industrias a través de esta agencia. La Confederación Nacional de Industrias pone dinero en centros especializados, como el IPET - SP, el Instituto de Tecnología de Río de Janeiro, el SENAI de Electroquímica de Curitiba; esto es, en más de 30 centros especializados.

Los beneficios obtenidos son comunes a ambos proyectos, ya que tanto la impresora 3D como el software simplificaron la toma de decisiones, una para analizar el prototipo y avanzar en el desarrollo y la otra para planificar e identificar oportunidades de mercado. Se afirma así que: “en el caso de la impresora 3D, hace tangible y muy evidente lo que se obtendrá en términos de beneficio, tanto en una herramienta como en la otra. Lo que ha ocurrido con el tiempo en el uso de esta tecnología es su intensificación y cada día aparecen nuevas soluciones. Nos dimos cuenta que no sería interesante internalizar porque para nosotros es más rentable contratar servicios de terceros que están más afinados y a menudo se actualizan”.

El obstáculo inicial para ambos proyectos fue la falta de conocimiento de los beneficios que traería la tecnología, generando dudas sobre el retorno de la inversión. Sin embargo, tan pronto como se tuvo contacto con los resultados de la implementación, la adhesión de todos los implicados fue inmediata.

En el futuro, la compañía está considerando implementar proyectos de sensores e internet de las cosas, robótica avanzada, computación en la nube, análisis de big data e inteligencia artificial e impresión 3D. Estos proyectos se justifican por el hecho de que la odontología se está moviendo hacia una odontología digital, lo que implica la incorporación de equipos tipo CAD/CAM⁶ con update de herramientas digitales para ayudar en la práctica de los dentistas.

⁶ Los equipos tipo CAD/CAM son ampliamente utilizados en ingeniería en los últimos 20 años.

12. Empresa L

La empresa L es una firma pequeña localizada en la ciudad de Londrina - PR que fabrica máquinas (Routers, Fresas, Mesas de corte, etc). Como principal proyecto de tecnología digital implementaron un ERP industrial para control de stock y un MRP integrado con e-commerce.

La puesta en marcha de estos proyectos se centra en la posibilidad de un mayor control de la información para la toma de decisiones, mayor velocidad y claridad de los datos, con el fin de ahorrar costos a través de un mejor control de inventario. Establecer mejores procesos de compra, industrialización, stock y ganar agilidad con la integración de la plataforma de e-commerce son los objetivos centrales.

El principal problema a superarse está relacionado con el cambio de comportamiento de las personas involucradas. Los empleados se resisten al cambio y al desarrollo de nuevos procesos.

El proyecto fue autofinanciado y no necesitó de fuentes externas. El principal beneficio se centra entonces en la agilidad de la información y tener datos precisos para la toma de decisiones. Para el futuro, la empresa no está evaluando ni planea implementar ningún proyecto nuevo relacionado con las nuevas tecnologías digitales.

13. Empresa M

La empresa M es una firma de gran tamaño ubicada en la ciudad de Contagem - Minas Gerais que fabrica pan de queso, pasta fresca, hojaldre, empanadas y otros productos. Los principales proyectos de tecnología digital implementados tienen que ver con automatización de áreas de producción (pasta de lasaña) y almacenamiento de datos de producción (paradas).

La automatización de pasta de lasaña se centra en el lanzamiento de un nuevo producto en el mercado. El almacenamiento de datos surge por una propuesta de una startup en Belo Horizonte, que ofrecía una tecnología de seguimiento de paradas que reunía algunos informes en la nube que no requerían notas manuales del operador. Se sostiene que: “queremos tener un informe diario en línea de las paradas, ya que las líneas se están ejecutando, este es nuestro objetivo. Apostamos a que, en el futuro, a mediano y largo plazo, tendremos un sistema muy automatizado y personas bien capacitadas para estas notas”.

Entre los principales problemas identificados aparece en el primer proyecto unir la parte de automatización del robot que se desmontó en el proceso de importación; y en el segundo proyecto, el tema del tiempo para la carga de datos —más largo de lo esperado— y la necesidad de algunos instrumentos que son difíciles de encontrar en el mercado interno. Además, en el desarrollo de este último hubo algunos retrasos en la implementación del proceso debido a la necesidad de adaptarlo a una línea de producción más grande y con más problemas a considerar.

Con respecto al financiamiento, en el segundo proyecto se destacó la asociación con la Federación de Industrias de Minas Gerais (FIEMG) y su contribución financiera total para su desarrollo. En cuanto a los beneficios de la “automatización de la pasta de lasaña”, existe la disponibilidad para producir productos para terceros, con una disponibilidad de línea muy grande para crecer, que puede triplicar el volumen de ventas, pero aún sin los resultados financieros esperados. En el segundo caso, se tiene una mejor comprensión del proceso de producción utilizando la tecnología, pudiendo comprender la cantidad de paradas que no se contaron y que no dependen de las notas manuales.

Para el futuro, la compañía está evaluando una línea de aperitivos y productos empanizados. El proyecto aún está en una etapa embrionaria y se están analizando qué productos se fabricarán y qué máquinas se utilizarán. Se espera que se comience una planta piloto para el año 2020, pero todavía es algo que se está estudiando.

14. Empresa N

La empresa N es una firma mediana ubicada en la ciudad de San Leopoldo - Río Grande del Sur que fabrica controladores programables, unidad terminal remota, interfaz hombre-máquina, variadores de frecuencia, componentes, SCADA y paneles eléctricos. Actualmente, la compañía no tiene un proyecto de tecnología digital, pero tiene un plan para hacer un proyecto centrado en Internet de las cosas, para que los datos productivos estén disponibles en línea.

Hay dos razones principales para la implementación del proyecto: un mayor control sobre los datos de producción y una interfaz mejorada para el cliente. Tienen así la intención de desarrollar un nuevo modelo de servicio / negocio ofreciendo una solución que utilice los productos de la compañía, donde este proyecto podría usarse como caso.

Como este es un plan muy inicial, todavía no se han identificado los posibles problemas o barreras para ponerlo en práctica. Teniendo en cuenta que el proyecto aún es una propuesta, no ha habido un financiamiento específico, pero según la compañía se utilizarán sus propios recursos y no se consideró la asistencia de otras fuentes de financiamiento.

15. Empresa O

La empresa O es una firma pequeña ubicada en la ciudad de Londrina - Paraná que fabrica soluciones en automatización, sistemas hidráulicos para la industria del azúcar y el alcohol. Actualmente, la compañía no tiene un proyecto de tecnología digital porque son implementadores de esta tecnología, enfocados en la Industria 4.0. Sin embargo, planean implementar un proyecto de automatización de banco de pruebas.

Al ser una empresa que ya tiene un banco de pruebas semiautomático, la intención es la automatización completa. Las principales razones para implementar el proyecto son la confiabilidad y la aceleración del proceso, así como el mantenimiento de un sistema con un archivo más dinámico (en la actualidad se hace manualmente). Por consiguiente, se busca: “garantizar la repetitividad de las aplicaciones y la confiabilidad de los resultados, ya que de esta manera se minimizará el impacto del error humano en la transferencia de datos”.

Los principales obstáculos encontrados tienen que ver con la necesidad de algunos instrumentos, sensores, que son difíciles de encontrar en el mercado interno y que requieren importación. El desafío es agregar valor al cliente sin aumentar los costos, ya que el contexto macroeconómico no permitiría un incremento.

El proyecto se financiará con inversión pública, la ISS tecnológica (descuento del 5% al 2% en el impuesto de servicios —ISS— a las empresas que inviertan en tecnología e innovación). Con respecto a la asistencia externa, la compañía apunta a hacer contratos de asistencia con universidades, puesto que les gustaría hacer la parte de programación para convertir la idea en un lenguaje al que se pueda acceder a través de la web. Además, se espera que el sistema se comunique como un protocolo interno a través de la subcontratación o incubación dentro de una universidad.

PRINCIPALES MOTIVACIONES Y BENEFICIOS PARA LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS 4.0



A partir del análisis de los casos examinados, es posible hacer una sistematización general de cuales han sido las principales motivaciones y beneficios para la adopción de nuevas tecnologías digitales.

En primer lugar, tal como se aprecia en el cuadro 3 a continuación, las motivaciones para la introducción de estas nuevas tecnologías digitales han sido diversas, dado la necesidad de solucionar uno o más problemas específicos. Un conjunto amplio de empresas (en doce casos) mencionaron a la búsqueda por mejorar la eficiencia como una motivación relevante para la introducción de estas tecnologías, siendo el aspecto principal destacado. Esta capacidad para realizar y cumplir de manera adecuada una función o proceso es enfatizada por parte de las firmas con el objeto de adaptarse a un entorno cambiante y buscar fundamentalmente una mayor optimización de sus procesos internos, la obtención de mejores resultados y el incremento de los niveles de productividad y rentabilidad.

Cuadro 3

Motivaciones para la introducción de tecnologías 4.0 en empresas manufactureras brasileñas

Motivaciones	Principal razón	Razón relevante, pero no la principal
Mejorar eficiencia de una función o proceso	8	4
Ahorro de costos	4	7
Reemplazo de personal	1	5
Mejorar la calidad	4	6
Mejorar relación con clientes	3	4
Mejorar relación con proveedores	0	4
Desarrollo de nuevos productos	5	0
Desarrollo de nuevos servicios asociados	2	2
Desarrollo de nuevos modelos de negocios	2	3

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Varias empresas señalaron a más de una motivación como la razón principal, por lo que la sumatoria de la columna Principal Razón supera largamente el total de quince casos.

En efecto, diversas empresas (P, F y M) resaltan los aportes de las nuevas tecnologías digitales ya sean para *“automatizar procesos y reducir fallas”*, enfatizando en la misma línea que *“el proceso actual es muy manual, sujeto a problemas, y se requiere dar un salto”*, y remarcando su utilización para *“mejorar el proceso de un mismo producto”*. También, como lo hacen las empresas A y D, se resalta que *“con información sobre cuellos de botella en la producción, pudimos mejorar el suministro de materias primas”* y que *“al monitorear el equipo y comprender la dinámica, podemos mejorar el equilibrio de la fábrica”*. Finalmente, otras empresas (B y L) destacan los aportes en *“términos de conseguir atender las 24 horas por día”* y *“ganar velocidad y claridad en la información, obtener mayor control a nivel de proceso y con la integración de la plataforma e-commerce”*.

Del mismo modo, el ahorro de costos (en once de los quince casos) y la mejora de la calidad (en diez casos) fueron otras dos motivaciones relevantes mencionadas por la mayor parte de las firmas analizadas. En efecto, ahorrar costos y tiempos de producción se resalta marcadamente, a la vez que utilizar estas tecnologías para optimizar la calidad

de los productos finales. En este sentido, las empresas M, L, I y G, destacan que con una *“mejora de productividad, se obtiene mayor economía de costos”*, beneficios a nivel de *“control de stock”*, *“reducción de riesgos y chatarra”*, además de *“menor uso de papel, agilización de la información y evaluación de mejora continua”*.

Otros aspectos señalados, son la mejora en la relación con los clientes (en siete casos), el reemplazo de personal (en seis casos) y el desarrollo de nuevos productos (en cinco casos) que ocupan un lugar intermedio como motivaciones importantes para la introducción de nuevas tecnologías digitales. En relación al primer aspecto, empresas como D, B y K, resaltan la importancia de *“mayor capacidad de respuesta, entrega y reducción de segunda calidad”* y tener un *“software e información rápida y precisa para la toma de decisiones”*. En cuanto al segundo, tal como aparece en la empresa M, se destaca que *“sin este tipo de tecnologías tendría que haber mucha gente para hacer el trabajo”*. Por último, las empresas A y K, afirman que *“se posibilita la creación de nuevos productos de manera más adecuada”* y permite *“mantenerse en el mercado con productos competitivos y de calidad”*.

Del mismo modo, el desarrollar nuevos modelos de negocios (en cinco casos, si bien en dos como principal razón —con eje en términos de reciclaje y nuevos atractivos tecnológicos—, mejorar la relación con proveedores (en cuatro casos) y desarrollar nuevos servicios asociados (en cuatro casos) fueron motivos menos priorizados o destacados en el conjunto. En particular, un mejor vínculo con los proveedores —tal como lo referencian las firmas L, I, K y E— conforma una cuestión destacada dado la ausencia en diversos casos de proveedores de bienes y servicios tecnológicos especializados. En las empresas C y H este factor también aparece explicitado, pero en relación a otras problemáticas. Se resalta así, la importancia de la asistencia de los propios proveedores de componentes para *“proporcionar capacitación en relación con el uso de estas tecnologías”* y generar *“una mejor adaptación de estos procesos digitales al interior de las empresas”*.

En menor medida, aparecen los beneficios generados por las tecnologías 4.0 en las relaciones con los proveedores y el desarrollo de nuevos productos. La posibilidad de incrementar los niveles de colaboración con los proveedores resulta clave para generar procesos de innovación más rápidos y eficientes y, a su vez, permitir nuevos productos superiores. Ello plantea la importancia de que los proveedores formen parte del proceso de desarrollo del producto, intercambien información con la empresa y asuman diversos grados de responsabilidad. De esta forma, la adopción de tecnologías digitales por parte de las empresas requiere pensar el despliegue de proveedores y su involucramiento como un factor crítico a ser estimulado desde el sector público mediante el desarrollo de políticas y acciones concretas.

El cambio que implica la digitalización de las empresas indudablemente va más allá de la sola incorporación de tecnologías. En la práctica y más para las empresas mipymes, implica además de la innovación en sus equipos, modificar los diseños y las estructuras de la propia organización, repensar en diversos casos el modelo de negocios, generar mejoras en términos de procesos, en calidad de productos y servicios asociados y, por supuesto, incorporar recursos humanos calificados aptos para desenvolverse en el mundo digital.

El cuadro 4, por su parte, muestra los principales beneficios que están obteniendo las empresas producto de la aplicación de las nuevas tecnologías. Se logra así la mejora de los procesos productivos y la introducción de cambios tecnológicos para acrecentar los niveles de competitividad. El dato más relevante es la estrecha relación que existe entre las motivaciones para introducir las nuevas tecnologías y los beneficios obtenidos por su aplicación. Esta vinculación estaría señalando que en términos generales se han cumplido las expectativas que tenían los empresarios a la hora de impulsar las mejoras tecnológicas.

Cuadro 4

Beneficios de la introducción de tecnologías 4.0 en empresas manufactureras brasileñas

Beneficios	Principal beneficio	Relevante, pero no el principal
Mejorar eficiencia de una función o proceso	8	3
Ahorro de costos	5	5
Reemplazo de personal	2	7
Mejorar la calidad	4	4
Mejorarrelación con clientes	2	5
Mejorarrelación con proveedores	1	4
Desarrollo de nuevos productos	4	2
Desarrollo de nuevos servicios asociados	3	0
Desarrollo de nuevos modelos de negocios	1	5
Otros	1	

Fuente: Elaboración propia.**Nota:** Varias empresas señalaron a más de un motivo como beneficio principal, por lo que la sumatoria de la columna Principal beneficio supera largamente el total de quince casos.

La mejora en la eficiencia en funciones o procesos (en once casos) y el ahorro de costos (en diez casos) son los beneficios más frecuentemente señalados por las empresas. En estos dos ejes como en la mayor parte de los restantes, las motivaciones para introducir las nuevas tecnologías digitales tienden a coincidir con las fuentes de beneficios. Se destacan así también mejoras en la relación con los clientes (con siete casos), mejoras en el desarrollo de nuevos productos (con seis casos) y en nuevos modelos de negocios (seis casos).

Sin embargo, es posible identificar dos excepciones a la relación entre motivaciones y beneficios. Por un lado, el reemplazo de personal es una fuente relevante de beneficios para un grupo importante (nueve casos) mayor que el que señaló dicha razón como una motivación relevante para la introducción de las mejoras tecnológicas (seis casos). Por otro lado, son menos las empresas que obtuvieron beneficios de mejoras en la calidad (ocho casos) de las que señalaron como motivación a dicho factor. Es posible que el estado embrionario en la introducción de las nuevas tecnologías digitales explique esta última diferencia.

En este marco, es posible afirmar que la adopción de tecnologías 4.0 no es una opción tajante, en términos de adoptar o no adoptar. En la práctica, en los distintos casos examinados se aprecia una adopción parcial de estas nuevas tecnologías y se aplica de manera limitada aún en las empresas. El carácter acotado de la adopción de estas tecnologías se establece en un nivel bajo y mediano de profundización de su uso. Si bien se aprovechan algunas de las ventajas que las mismas ofrecen, no se utiliza todo su potencial por haber dificultades de conexión entre áreas, equipos y sistemas de las empresas, por falta de inversiones adicionales, infraestructura o escasas competencias internas de las firmas.

Lo más habitual de los proyectos considerados es la ejecución de un software o sistema para recoger información de forma instantánea en el proceso productivo y los equipos, siendo utilizados sólo en algunos casos para la toma de decisiones. Las experiencias que utilizan robótica avanzada e inteligencia artificial son más ocasionales y están en etapas aún embrionarias o como proyectos de desarrollo a futuro. En estos términos, el trabajo de campo muestra empresas mipymes que aparecen fundamentalmente con incorporaciones tecnológicas parciales y no en su máximo potencial debido a distintos aspectos que se detallan a continuación.

En la mayor parte de las empresas entrevistadas es posible identificar algún tipo de estrategia gradual de adopción, aunque pocas firmas buscan la incorporación de las nuevas tecnologías digitales a toda la organización. La motivación principal para la inversión en tecnologías 4.0 estuvo centrada en solucionar problemas específicos

que afectaban a las empresas. En algunas ocasiones, las empresas a medida que iban adoptando y conociendo mejor la tecnología se decidían a ampliar o extender su ámbito de aplicación. Aunque en la mayor parte de los casos, esta difusión gradual de la tecnología se plantea respecto al problema específico que se busca resolver y en pocas ocasiones implica al conjunto de áreas de las firmas.

Sin lugar a dudas, hay diversos factores que ayudan a explicar las características de la adopción de tecnologías digitales en firmas mipymes. Un primer elemento, que se resalta con asiduidad en la literatura que describe estos procesos en economías desarrolladas, se vincula con el hecho de que su profundización puede no resultar rentable para las firmas. Otro aspecto que ayuda a explicar la adopción parcial de estas nuevas tecnologías digitales tiene que ver con debilidades en las competencias internas de varias de las firmas, tal como aparece en las empresas A, B, E y F. Esto se verifica mayormente según lo señalado, en *“la necesidad de mejorar la capacitación en estas tecnologías”*, su *“incorporación y adaptación interna en las propias firmas”* y *“avanzar en nuevos proyectos más estratégicos”*.

Si bien el inicio en este tipo de tecnologías supone algunas competencias informáticas previas, su profundización plantea un conjunto más amplio de competencias. En efecto, las nuevas tecnologías digitales necesitan para su pleno desarrollo un cambio sustancial en las prácticas organizacionales de las empresas, la forma en la cual se toman las decisiones, se despliega el proceso productivo e intervienen los recursos humanos, así como se desarrollan las relaciones con clientes y proveedores. Ello supone en diversas ocasiones replanteos en el propio modelo de negocio, siendo en muchos casos evidente la falta de cuadros gerenciales aptos para encarar las transformaciones necesarias.

En estos términos, en las empresas consideradas aparecen diversas prácticas productivas y organizacionales que no permiten aprovechar convenientemente las potencialidades de las tecnologías 4.0. Esto se evidencia en el hecho de que, en diversas situaciones, donde se incorporan sensores y conectividad a los equipos y dicha información se procesa, se hace patente una falta de capacidades internas para generar mejoras que permitan procesos más extendidos de equipos que aprendan y tomar decisiones aunque sea de manera asistida.

En casos más avanzados, estas cuestiones son visualizadas y se buscan a futuro introducir nuevas tecnologías y mejoras con el apoyo de instrumentos públicos y de financiamiento mayormente estatal. Al respecto, la empresa F destaca que: *“Estamos buscando algo de IoT, dirigido a internet industrial, y también viendo de manera incipiente Machine Learning. Primero, porque son desarrollos complementarios a las soluciones que ya ofrecemos hoy y, segundo, porque hay una demanda creciente y alta aquí en Brasil. Entonces, en la búsqueda de nuevos mercados y clientes, vemos esto como un complemento a nuestras soluciones. Esas inversiones necesariamente tendrán que tener incentivos gubernamentales y financieros. Estos son los mayores desafíos.”* Del mismo modo, la empresa K resalta por su parte que: *“la incorporación de inteligencia artificial resulta relevante, nos damos cuenta de que es un camino sin retorno. Estos desarrollos y el análisis de datos son muy importantes porque apuntamos a distintos países, y dado que tenemos recursos limitados como empresa mediana, ello es una salida que nos ayuda estratégicamente a tomar decisiones.”*

Finalmente, en algunas firmas se enfatiza el aporte que puede llegar a tener la incorporación de nuevas tecnologías digitales en relación al desarrollo de nuevos mercados. La empresa I señala así que: *“se abren posibilidades de nuevos mercados con estas tecnologías buscando generar más exportaciones. A Chile ya se está exportando, y la idea es poder aprovechar estas tecnologías para consolidar el mercado externo con México, Panamá, Colombia, Ecuador, Argentina y Uruguay.”*

LIMITACIONES Y OBSTÁCULOS PARA LA INCORPORACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS DIGITALES EN EMPRESAS MANUFACTURERAS DE BRASIL

IV

El estudio ha permitido identificar una serie de limitaciones en la adopción de nuevas tecnologías digitales. El cuadro 5 a continuación resume los principales obstáculos identificados. Se presentan, en primer término, los obstáculos internos a las empresas sobre los cuáles deberían tener un mayor control (como el conocimiento de la tecnología, el nivel de sus competencias internas, aspectos culturales y organizativos respecto al cambio).

En segundo lugar, se presentan los obstáculos externos o por fuera de control de las empresas (como insuficiencias en la oferta de tecnologías, servicios financieros, disponibilidad general de personal calificado, inversiones necesarias, deficiencias en la infraestructura de conectividad).

Cuadro 5

Obstáculos relevantes para la incorporación de tecnologías 4.0 en empresas manufactureras brasileñas

Obstáculos enfrentados	Principal obstáculo	Obstáculo relevante, pero no el principal
INTERNOS A LA EMPRESA		
Desconocimiento sobre la tecnología	6	4
Falta de interés / otros proyectos más urgentes requieren atención	1	7
No se disponen de los recursos humanos calificados necesarios	1	3
No se dispone de los recursos financieros necesarios para la inversión	3	4
No se dispone de la infraestructura y conectividad interna necesaria	2	3
Barreras culturales y cambios de comportamiento de las personas	2	6
EXTERNOS A LA EMPRESA		
Tecnología poco madura	2	2
Faltan proveedores de productos o servicios tecnológicos	0	4
Falta oferta de financiamiento o condiciones de financiamiento inadecuadas	2	4
Poca disponibilidad en mercado laboral de personal calificado	2	5
Sistema de formación y capacitación insuficiente para nuevos requerimientos	0	6
Infraestructura de información y comunicaciones débil o insuficiente	0	6
Contexto macroeconómico	1	6
Inestabilidad de la economía	1	6

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Varias empresas señalaron a más de un obstáculo como el principal, por lo que la sumatoria de la columna Principal Obstáculo supera largamente el total de quince casos.

A. Obstáculos internos a las empresas

Las firmas examinadas tendieron a identificar como principales obstáculos a la incorporación de factores internos a las propias empresas por sobre factores externos a ellas. El obstáculo más habitualmente identificado fue el desconocimiento de las

empresas sobre estas nuevas tecnologías (en más de las dos terceras partes de las firmas). En el conjunto de los casos, según lo señalan las empresas J, M, G, B, I, E, O, D, C, A y K, la falta de conocimiento de las tecnologías no parece ser un impedimento para su incorporación, más allá de plantearse problemas de implementación, análisis de costos y requerirse niveles definidos de capacitación o recursos humanos externos.

En efecto, se afirma así que *“las personas que manejan el sistema tienden a cerrarse mucho, lo que dificulta la accesibilidad para obtener conocimiento”, “el equipo necesitaba tiempo y recursos humanos externos para implementar las tecnologías” o “registrar apropiadamente”, como también evaluar “el costo-beneficio en la utilización de estas tecnologías.”*

Las firmas en sus vínculos, sea con proveedores, consultores especializados, universidades y organismos públicos, mayormente pueden adoptarlas. Sin embargo, en muchas situaciones si bien se tiene contacto con estas tecnologías no se logra captar la utilidad plena que las mismas pudiesen tener dentro del proceso productivo. Es importante remarcar, en especial para las empresas mipymes, que los beneficios económicos ligados a la inversión en nuevas tecnologías digitales no son inmediatos y siempre existe un grado de incertidumbre en su aplicación, además que los resultados se van dando en forma incremental. El aprovechamiento de estas tecnologías supone en varios casos replantear, tal como se ha señalado en la sección anterior, el modelo de negocios de la empresa, lo que hace difícil dimensionar su contribución a los beneficios futuros de la firma y permite explicar también la adopción parcial de algunas de estas tecnologías centradas fundamentalmente en solucionar problemáticas específicas.

Otros obstáculos internos señalados en la mitad de las firmas son la no disponibilidad de infraestructura y conectividad interna necesaria, la escasez de recursos humanos calificados y la existencia de otros proyectos que requieren atención más urgente. Estos aspectos resaltan las dificultades de las estructuras internas de comunicación y datos, la relevancia de una definición adecuada de los perfiles laborales y competencias necesarias para dar cuenta de las nuevas tecnologías digitales, como así también una visión más estratégica respecto a los proyectos a ser priorizados.

En particular, empresas como E y F, destacan diversos inconvenientes a nivel de infraestructura y conectividad interna: *“se necesita pasar la infraestructura de red a través de toda la producción. En nuestro caso hicimos un cambio de edificio y hay un negocio que se complica mucho si no se tiene la infraestructura necesaria”;* o que *“mientras que otros países en los últimos años se han estructurado e instalado lentamente sensores, redes de comunicación, Brasil se ha detenido y ahora para poder adaptarse a la Industria 4.0 necesita toda esta estructura. Este salto es muy grande porque se ha detenido durante mucho tiempo. Entonces sí, no hay una estructura de comunicación de datos todavía buena a nivel de las empresas.”*

Por otra parte, empresas como A y L, resaltan las dificultades de calificación de los recursos humanos y asimilación al interior de los establecimientos de las nuevas tecnologías: *“en nuestro caso fue necesario calificar a todo el equipo creativo para usar las herramientas de Audaces 360”;* o *“se presentaron resistencias del personal, ante las transformaciones de los procesos e incorporación de estas tecnologías.”*

La *relación beneficio-costos de los proyectos de inversión, las barreras culturales y comportamientos de las personas y la falta de recursos financieros necesarios* fueron señaladas como obstáculos relevantes por cuatro y cinco empresas respectivamente. Este último aspecto marca diferencias con otros países de la región donde la falta de recursos financieros aparece como un obstáculo aún más significativo. En estos términos, las firmas B, H, J, G y N, plantean financiar los proyectos con recursos propios. Por otra parte, las empresas I, E, F, M y K, resaltan la utilización de fuentes de

financiamiento gubernamental y de organismos de fomento. En ciertas ocasiones como con la firma D, se plantea la disponibilidad general de financiamiento, pero ajustado a las particularidades de las iniciativas emprendidas: *“los recursos están disponibles pero depende del encuadramiento del proyecto y la estructuración del pay-back, puesto que muchas veces el proceso es bastante intangible.”*

La ayuda obtenida por parte del entramado institucional aparece como otro factor remarcado. En efecto, en la mitad de los casos (I, E, C, D, F, K, M y O) se ha recurrido a algún tipo de asistencia externa. Cuatro empresas han obtenido ayuda gubernamental, tres firmas han buscado apoyo en el sector académico (una cuarta también le gustaría generar vínculos) y dos de ellas han tenido apoyo de privados, tales como socios o centros de negocios, bancos y cámaras empresariales (una tercera plantea también el interés de establecer a futuro relaciones con fabricantes de componentes).

Las empresas que manifiestan apoyo del sector gubernamental (I, E, F y K) destacan la asistencia en términos de fondos y subsidios, consultores especializados y el relacionamiento con centros de tecnología. Se resalta específicamente la disponibilidad de fondos públicos para implementar *machine learning* e IoT a través de proyectos sectoriales de BNDES o SEBRAE y el impuesto de servicios —ISS— a favor de las empresas que inviertan en tecnología e innovación. El SEBRAE es destacado en el apoyo a encuestas de información de mercado, así como el acercamiento de pasantes de escuelas técnicas, y el FINEP, que financia una innovación desde la investigación básica hasta la preparación del producto para el mercado. Se enfatiza también la posibilidad de utilizar consultoría y generar vínculos con centros especializados, destacándose el rol del SENAI y sus centros especializados.

En el plano académico, las firmas plantean estar recibiendo o esperando recibir apoyo en términos de pasantías, contratos de asistencia con universidades y servicios de laboratorios. En uno de los casos, la empresa I, se enfatiza la importancia de tener laboratorios para pruebas de productos y se resalta que existe en San Pablo el Centro Universitario FEI, especializado en Administración, Ciencia de la Computación e Ingeniería, con un laboratorio completo, pero sin acceso comercial. Se afirma así que: *“No se hace un asiento de vehículo como una silla normal, el automóvil se mueve, tiene su inercia, sus contratiempos. Debe probarse para extraer la carrocería del vehículo y para la carga del pasajero trasero en el asiento delantero y en Brasil faltan laboratorios de prueba de productos. Hoy en FEI hay un laboratorio, aunque sin acceso para el desarrollo de negocios. No hay personas disponibles para hacer pruebas. Todos los dispositivos están allí, volviéndose obsoletos.”*

En otros casos, se busca la asistencia de universidades, como la Universidad de San Pablo o la Universidad de la Región de Joinville, con la idea de mejorar la programación al interior de la firma y permitir también procesos de tercerización, incubación y armado de alguna sociedad. Se destaca, además, la ausencia de programas de *start-up* por falta de recursos. Al respecto, la empresa C afirma que: *“estamos con una asociación para el despliegue de una incubadora, aunque todavía falta cerrar el tema de los papeles en tanto contrapartida exigida por el gobierno estadual. Tenemos también con la UNIVILE cursos y prácticas, si bien no hay programas empresas emergentes y para tecnología de la salud.”* Del mismo modo, la empresa O resalta su intención de avanzar en contratos de asistencia: *“nos gustaría hacer la parte de programación para desarrollar un sistema de automatización industrial CLP, tenemos la intención de externalizarlo o incubarlo dentro de una universidad, por ejemplo, una Federal o la USP. Evaluaremos quién tiene una incubadora, algo con lo que podemos establecer una asociación, como ya hemos hecho en el pasado.”*

En este marco, a partir del análisis expuesto es posible plantear que si bien existe un conjunto variado de intercambios y vinculaciones podría darse una interrelación aún más potente entre el sector académico y las empresas de base tecnológica, de

modo de fortalecer lo existente y responder con mayor efectividad a los requerimientos que se presentan en la materia. Ello indudablemente supone pensar de manera más integrada y estratégica la relación empresa-universidad y el funcionamiento más amplio del sistema científico-tecnológico, además de una mejor articulación general entre el sector público y privado.

Por último, a nivel del sector privado más específicamente se enfatizan las relaciones con socios o centros de negocios, bancos y cámaras empresarias. En ese sentido, la empresa D destaca el trabajo con un proveedor para buscar la aprobación de un proyecto y su financiación. En otro caso, la empresa E, se señala que uno de los socios es parte integrante actualmente de la dirección. Por otra parte, la empresa I plantea la vinculación con bancos privados. Finalmente, la firma M resalta la asociación con la Federación de Industrias de Minas Gerais (FEIMG) para el desarrollo de proyectos de start-up de tecnología digital y su contribución financiera en relación al almacenamiento de datos de producción. Estas articulaciones virtuosas encuentran también un despliegue limitado para el conjunto de los casos.

B. Obstáculos externos a las empresas

Los factores externos a las empresas tienden a aparecer como obstáculos relevantes en varios casos, pero solo esporádicamente han sido identificados como principales obstáculos. *La inestabilidad de la economía, la poca disponibilidad de personal calificado en el mercado laboral, el contexto macroeconómico desfavorable, las debilidades en la infraestructura de información y comunicaciones, las insuficiencias en el sistema de formación y capacitación y la falta de oferta de financiamiento o condiciones de financiamiento inadecuadas* son todos obstáculos señalados como principales o relevantes para casi la mitad de las empresas analizadas. Un conjunto de firmas (cuatro casos) identificaron como un problema relevante la ausencia de proveedores calificados. En cambio, la falta de madurez de la tecnología aparece en ciertas empresas como el principal problema (dos casos) y en otras como un obstáculo relevante (dos casos)

Los principales factores externos señalados permiten hacer una serie de consideraciones. *La inestabilidad económica* como factor distintivo en el contexto latinoamericano y brasileño en particular, impacta generalmente en un alto grado de diversificación productiva de las empresas Pymes y en un bajo nivel de especialización sea a nivel de procesos como de productos. Se aprecia así en los casos examinados, que una mayor diversificación complejiza la posibilidad de adopción de varias de las tecnologías 4.0, al multiplicarse el volumen de tareas posibles y dificultarse la implementación de procesos más sofisticados (por ejemplo, robótica avanzada o *machine learning*) para un conjunto la mayoría de las firmas.

Por otra parte, en escenarios cambiantes y con vaivenes de la demanda, las firmas adoptan estrategias más flexibles y variables, pero a costa de una menor especialización e inversiones. Para dar cuenta de ello, la empresa F destaca que: *“se aguarda un escenario de estabilidad para poder hacer las inversiones necesarias. Llegamos a desistir de un proyecto por nuestra cuenta por la situación económica, teníamos inclusive hecho el aporte financiero y fuimos para atrás.”* La empresa O señala también en relación a sus planes a futuro: *“nuestra idea es agregar valor, aunque ello supone aumentar nuestros costos, pero el contexto macroeconómico actual no lo permite y la transmisión al cliente es aún peor. Veremos entonces que podemos hacer.”*

La escasa disponibilidad de personal calificado en el mercado laboral y las insuficiencias en el sistema de formación y capacitación aparecen también como cuestiones resaltadas. En general, las empresas destacan la necesidad de nuevas calificaciones

para responder a necesidades específicas vinculadas con las nuevas tecnologías digitales. Se enfatizan entonces los requerimientos respecto a profesionales con conocimientos en integración de sistemas, automatización y supervisión y control, expertos en el análisis de los datos a tiempo real, impresión 3D y fabricación aditiva, mantenimiento preventivo y técnicos de la nube para hacer posible la industria conectada, además de nuevos profesionales para mejora de procesos. Estos aspectos interpelan así al sistema de formación público y privado para mejorar y redefinir su oferta de cursos, capacitaciones y programas empresariales.

Algunas de estas cuestiones, son señaladas por las empresas como problemáticas externas pero que repercuten a nivel interno. En las empresas I y M, por ejemplo, se enfatiza que *“cada empresa tiene su familiaridad, por lo que la falta de conocimiento del personal en las diferentes actividades de uso de estas tecnologías es un tema relevante”* o *“estamos madurando la tecnología y aprendiendo, tanto el star-up como la gente, a hacer la mejor gestión del negocio”*.

Finalmente, la mitad de los casos señalan *limitaciones en infraestructura de información y comunicaciones*, consignando los problemas entre relevantes y algo relevantes. Según el tipo de empresa, la inversión en ampliación de la conectividad puede resultar costosa, además de que el área de referencia y la infraestructura pública disponible resultan determinantes. Estos aspectos plantean inconvenientes con dificultades mayormente en términos de comunicación débil o insuficiente, limitaciones para la recolección de datos y la conexión de múltiples dispositivos a las redes en los establecimientos. Una mayor cobertura de servicios de Internet de banda ancha resulta así clave para una mejor distribución de los beneficios de la economía digital y generar aumentos en la productividad. Del mismo modo, buscar acortar la brecha de conectividad en Brasil, por un lado, entre los principales centros urbanos y aquellas regiones secundarias y terciarias, como así también entre las zonas de menor poder adquisitivo y aquellas con mayor ingreso se plantea como un tema relevante. En definitiva, el tema de la infraestructura de información y comunicaciones constituye en el contexto brasileño, al igual que en otros países de la región, un elemento relevante para impulsar y profundizar la adopción de nuevas tecnologías digitales en el tejido productivo y mipyme.

La adopción y desarrollo de nuevas tecnologías digitales supone indudablemente procesos de largo aliento centrados en la interacción y articulación efectiva entre la esfera de la ciencia y la tecnología, el ámbito privado y el campo de las políticas públicas. De este modo, las respuestas a los desafíos competitivos actuales y la búsqueda de nuevas oportunidades y dinámicas innovadoras en los países estarán sujetas a las capacidades acumuladas en términos sociales, empresariales y a la generación de estrategias adecuadas frente a un escenario más general de disputa por la obtención de nuevos mercados a escala internacional.

Las experiencias de implementación de tecnologías 4.0 en las empresas brasileñas analizadas están transitando sus primeras etapas. En términos de Alfonso Ruiz, *et al.* (2018) algunas están en la “fase Inicial” o de establecimiento de la infraestructura necesaria, y las más avanzadas en la “fase de implementación,” digitalizando equipos y extrayendo información relevante en tiempo real. Este proceso es similar al desarrollado en otros países de la región, si bien se aprecia una mayor expansión de estas tecnologías al consignarse el total de modalidades que constituyen la Industria 4.0 en las firmas examinadas.

La cuestión respecto al carácter revolucionario de la introducción de nuevas tecnologías digitales en las actividades productivas de los países latinoamericanos es todavía un tema abierto y para ser profundizado. Seguramente, los modelos más avanzados en términos de “fábricas inteligentes” con equipos y productos que tomen decisiones autónomas estén lejos de materializarse de manera integral en nuestros contextos, siendo más plausible el despliegue de procesos parciales y mixtos que combinen la utilización de nuevas tecnologías digitales con intervenciones humanas en las distintas fases.

Gran parte de las mejoras que se vienen plasmando de manera parcial aparecen en las empresas manufactureras brasileñas examinadas. Se observan así diversos “gradientes” de adopción de tecnologías 4.0 vinculadas a necesidades específicas y competitivas de cada empresa y en la mayor parte de los casos respecto a la resolución de problemas. Estas firmas son establecimientos con cierto grado de maduración, con cierta trayectoria y que disponen de recursos internos para invertir. Diversos factores críticos parecen ser relevantes como poseer competencias previas para el uso de estas tecnologías y estrategias empresariales claras respecto a generar un diferencial para llegar a nuevos mercados y clientes. La adaptabilidad de las firmas aparece como otro elemento importante, sobre todo el grado de flexibilidad y permeabilidad ante cambios a nivel de la demanda y el escenario macroeconómico.

Los resultados de la investigación resaltan distintos obstáculos que limitan una mayor profundización de la digitalización en las empresas examinadas. Los más resaltados son: i) la falta de conocimiento de las empresas sobre estas nuevas tecnologías; ii) la no disponibilidad de infraestructura y conectividad interna necesaria; iii) la escasez de recursos humanos calificados; iv) la existencia de otros proyectos que requieren atención más urgente; v) la cultura, hábitos organizacionales y resistencia al cambio; vi) dificultades de acceso al financiamiento y tamaño de la inversión; vii) la inestabilidad de la economía y el contexto macroeconómico desfavorable; viii) deficiencias en el sistema de formación y capacitación.

Las principales dificultades que se presentan para Brasil en esta materia son de dos tipos: la primera, la de establecer un proyecto continuado de desarrollo y planificación estatal donde las decisiones macroeconómicas se articulen más directamente con las líneas de apoyo industrial; la segunda, la de consolidar en la estructura productiva las bases de paradigmas tecnológicos previos que permitan una mayor inserción de los nuevos desarrollos digitales.

En la actualidad, el número total de empresas en Brasil que adoptan las tecnologías de la Industria 4.0 oscila según la fuente examinada entre menos de un 2% y un máximo del 5%. Más allá de estas estimaciones, es clara la necesidad de avanzar hacia una mayor utilización de este tipo de tecnologías por parte de las empresas. Diversos factores inhibidores se plantean para la adopción de las mismas: i) la alta capacidad ociosa de la industria en el último tiempo; ii) las desigualdades sectoriales, junto con el hecho de que la industria brasileña presenta importantes desigualdades regionales (con fuerte concentración productiva y de infraestructura en los estados del sur y sureste del país); y iii) la mayor tendencia a adoptar innovaciones en empresas grandes y medianas que en pequeñas y micro.

La transición a la Industria 4.0 es así un proceso gradual y no sucede de un día para el otro. Muchas empresas ya utilizan algunas de las nuevas tecnologías digitales, pero aún no han logrado internalizarlas completamente. Ello se debe a diversas cuestiones. En primer lugar, un cambio de este tipo supone un nivel de inversión importante y, con la fase económica actual, muchas firmas aún tienen miedo de invertir a pesar de los posibles beneficios que puedan obtenerse con la Industria 4.0. En segundo lugar, las transformaciones en términos productivos hacia productos más innovadores, procesos integrados y la utilización de tecnologías digitales plantea la necesidad de redefiniciones por parte de la propia organización (muchas veces, con una cultura arraigada y resistencias internas) y también de los proveedores asociados. En algunos sectores este cambio tecnológico se está produciendo más rápidamente y en otros de manera más lenta. A ello se agregan, las particularidades que presentan las firmas en términos de tamaño, grado de consolidación y estrategias asumidas, como lo que refiere a la infraestructura de conexión necesaria y las competencias de los recursos humanos implicados.

Promover una mayor innovación y el uso de estas nuevas tecnologías aparece como relevante para aumentar la productividad de las empresas. Esto conlleva como factor determinante incrementar la familiarización de los sectores productivos con la digitalización, principalmente de las mipymes, de modo de obtener mejores resultados y respuestas en el actual escenario competitivo. No parece aventurado señalar así, que la incorporación de las nuevas tecnologías digitales será fundamental para la supervivencia de las empresas brasileñas en el mercado mundial.

En estas condiciones, tal como señala Ferraz (2018), resulta central que las agencias públicas puedan generar nuevas formas de acordar políticas, prioridades y agendas, con instrumentos pertinentes y de nuevo tipo para incrementar la generación, uso y difusión de las nuevas tecnologías digitales. Esto destaca la importancia de pensar la implementación de políticas de fomento y difusión diferenciadas para empresas con distinto grado de desarrollo. Puesto que estas tecnologías son aún emergentes y no hay modelos de política completamente definidos y testeados, se requiere avanzar con experimentación y monitoreo permanente de modo de ir fortaleciendo el andar competitivo de las firmas de manera continua.

En estos términos, la Industria 4.0 más que un fenómeno totalmente disruptivo se plantea como un repertorio de innovaciones incrementales que resultan de la incorporación y, fundamentalmente, integración de tecnologías que ya están disponibles o se vienen plasmando. De este modo, los principales desafíos en términos de

políticas están asociados sobre todo con el escalado, difusión y masificación de su uso al conjunto del entramado productivo. El grado de heterogeneidad estructural y desigualdades intrasectoriales y regionales que caracterizan este tipo de economías, junto a los problemas de carácter institucional, suponen limitaciones que obligan a pensar en intervenciones específicas y efectivas. La disponibilidad de recursos para el desarrollo de estas políticas, las cuestiones legales asociadas a la propiedad de los datos como los posibles alcances de la intervención estatal en un escenario de desigualdad de poder por parte de los actores que participan al interior de las cadenas productivas (muchas de ellas globalizadas), son retos fuertes que aparecen en el escenario actual.

Para el contexto brasileño en particular, el diseño de política industrial deberá priorizar medidas que apunten a mejorar las competencias digitales de las empresas, la capacitación de recursos humanos y sus procesos de gestión interna, brinden apoyo financiero y colaboren en fortalecer la infraestructura de conectividad. De la misma forma y en especial para las firmas más pequeñas, será central la promoción de actividades de divulgación, uso común o colaborativo de dispositivos de estas tecnologías y elaboración de herramientas de diagnóstico digital respecto a productos, procesos y posibles proveedores de soluciones tecnológicas. Dado la existencia actual de diversos espacios para estimular el trabajo conjunto y brindar soluciones de bajo costo para las mipymes, será cuestión de potenciarlos y ampliar su desarrollo.

En este sentido, el CNI (2016) destaca como principales desafíos para la adopción de estas nuevas tecnologías digitales el despliegue de siete dimensiones prioritarias: i) aplicaciones en las cadenas productivas y desarrollo de proveedores; ii) mecanismos para inducir la adopción de nuevas tecnologías; iii) desarrollo tecnológico; iv) expansión y mejora de la infraestructura de banda ancha; v) aspectos regulatorios; vi) capacitación de recursos humanos; y vii) articulación institucional. Para cada una corresponden líneas de acción y propuestas específicas, en un esquema de interrelación entre las distintas dimensiones.

En la primera dimensión, se resalta la importancia de identificar sectores y tipos de empresas con mayor potencial para la adopción de tecnologías relacionadas con la Industria 4.0, cuya presión competitiva sea más fuerte en el corto y mediano plazo, donde se pueden generar mayores efectos de demostración para otras firmas y haya mayor impacto en la competitividad a lo largo de la cadena. Del mismo modo, se enfatiza la creación de programas para el desarrollo de proveedores de bienes y servicios vinculados a tecnologías digitales para las cadenas y sectores seleccionados. En la segunda dimensión, se señala la creación de sistemas de demostración de tecnologías asociadas a la Industria 4.0 aplicada a sectores priorizados, la mejora de impuestos y la generación de mecanismos de financiación para el desarrollo y la adopción de estas tecnologías. En la tercera dimensión, se resalta incentivar programas/servicios de prospección tecnológica, identificación de segmentos/nichos con mayor potencial y la creación de programas de desarrollo específicos de tecnología brasileña (mission oriented). En la cuarta y quinta, se enfatiza la importancia de fortalecer programas para estimular la inversión en banda ancha y red de telefonía móvil y revisar el modelo de las telecomunicaciones, con el fin de que los recursos públicos puedan ser utilizados para facilitar inversiones en infraestructura de telecomunicaciones (independientemente del régimen de prestación del servicio) y ofrecer protección intelectual adecuada. En la sexta dimensión, se postula la creación de nuevos cursos técnicos y reformulación de otros —en áreas como ingeniería y administración— para satisfacer necesidades específicas y dar cuenta de los requerimientos cambiantes de estas tecnologías, el desarrollo de cursos de gestión de producción multidisciplinarios con énfasis en la Industria 4.0 y el fomento de programas de habilidades tecnológicas en las empresas. En la última dimensión se resalta la participación y construcción de grupos de trabajo reuniendo varias agencias gubernamentales involucradas en el tema, el despliegue de

un plan conjunto entre ministerios e instituciones para el desarrollo de la Industria 4.0 en Brasil (con un organismo gestor centralizado como forma de explorar sinergias e integrar instrumentos de política bajo el control de diferentes órganos), además de la promoción institucional de encuentros, seminarios y congresos sobre estas tecnologías en las empresas.

Las políticas tendientes a impulsar las tecnologías digitales y procesos de manufactura avanzada deben entonces afrontar de manera integrada temas de contenido tecnológico, económico y social. Esto supone que se deben proporcionar recursos materiales, humanos y financieros en tecnologías estratégicas aún incipientes, sin ignorar las demandas sociales, educacionales, de infraestructura y medio ambientales necesarias. Aplicar esfuerzos en este sentido plantea la instrumentación de acciones y estrategias adecuadas de corto, mediano y largo plazo, con la participación de los interesados y la formación de alianzas institucionales.

Todo ello demuestra en última instancia que abordar la problemática de la Industria 4.0 es de hecho multidimensional y requiere un plan estratégico de amplio espectro (tal como lo destacan también organizaciones nacionales como el BNDES, ABDI y MCTIC), que permita organizar políticas, instituciones y articular acciones con el sector empresarial de modo de acelerar el proceso de adopción de estas tecnologías todavía tímido y embrionario en el total industrial. En este marco, la envergadura de la economía brasileña y un entramado institucional de apoyo importante con iniciativas en la materia plantea retos relevantes en términos de mayor coordinación de las políticas, articulación de las instituciones (a nivel gubernamental, privado y académico), y la expansión de estas tecnologías a un conjunto más amplio de empresas y sectores.

En resumen, se puede apreciar que el despliegue de la Industria 4.0 en Brasil es aún incipiente, pero la influencia de la globalización y la mitigación de los efectos de la crisis económica reciente deberían estimular cada vez más la adopción de estas nuevas tecnologías por parte de las firmas. Primeramente, en las compañías líderes del mercado y, en segundo lugar, en otras empresas que buscarán ser más competitivas incorporando de manera paulatina tecnologías digitales en su rutina de trabajo. El proceso puede parecer lento, pero se extenderá rápidamente en los próximos años y requerirá ir tomando las medidas necesarias para ir fortaleciendo a las firmas mipymes en este escenario de cambio.

- ADEI, O. 2016. "Digitalización y sectores productivos en España," Madrid: Observatorio ADEI,
- Alfonso Ruiz, F. J.; Martínez Caro, E. y Cegarra, J. G. 2018. "La Transformación Digital De Los Sistemas Lean a través de la Industria 4.0: Un caso práctico." *Economía industrial*, (409), 25-35.
- _____. 2004. "La Sustitución de importaciones en las industrias de alta tecnología: Raúl Prebisch renace en Asia." *Revista de la CEPAL*, (75), 116-36.
- BCG. 2018. "Acelerando el desarrollo de Industria 4.0 en Argentina," The Boston Consulting Group,
- _____. 2015. "Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries," The Boston Consulting Group,
- Buisan, M. y Valdés, F., 2017. "La industria conectada 4,0." *La economía digital en España*, ICE. vol. 898, p. 89-99.
- Castillo, M., 2017. *El estado de la manufactura avanzada. Competencia entre las plataformas de la Internet industrial*. Serie Desarrollo Productivo. Santiago: Comisión Económica para América Latina (CEPAL), Naciones Unidas.
- CEPAL. 2014. *Cambio estructural para la igualdad. Una visión integrada del desarrollo*. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Naciones Unidas.
- _____. 2013. *Economía digital para el cambio estructural y la igualdad*. Santiago, Chile: CEPAL, NU.
- _____. 1990. *Transformación productiva con equidad: La tarea prioritaria del desarrollo de América Latina y el Caribe en los años noventa*. Santiago de Chile: Cepal, NU.
- Cimoli, M. (comp.), 2005. *Heterogeneidad estructural, asimetrías tecnológicas y crecimiento en América Latina* (LC/W.35), Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Cruz, M.; Oliete, P.; Morales, C.; González, C.; Cendón, B. y Hernández, A. 2015. "Las tecnologías dentro de la industria conectada 4.0," *Libro digital en*: <http://a.eoi.es/industria4>. Gobierno de España, Ministerio de Industria, Energía y Turismo, Escuela de Organización Industrial (eoi),
- CNI-CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2016, *Desafios para a indústria 4.0 no Brasil*. Brasília.
- Daudt, G.M.; Miguez, T.; Willcox, L.D. 2018, *Indústria 4.0. Diagnóstico e visão geral do tema*, BNDES.
- De Lima, A. G., & Pinto, G. S., 2019. INDÚSTRIA 4.0. *Revista Interface Tecnológica*, 16(2), 299-311.
- Daudt, G. M.; Willcox, L.D. 2017, *Comunicação de participação no Seminário BNDES de Manufatura Avançada*. BNDES.
- Eisenhardt, K. M. 1989. "Building Theories from Case Study Research." *Academy of management review*, 14(4), 532-50.
- European Parliament. 2016. "Industry 4.0," Bruselas, Bélgica: European Parliament's Committee on Industry, Research and Energy (ITRE). Policy Department A: Economic and Scientific Policy.,
- Ferraz, J. 2018. Medios de difusión de tecnologías digitales en la industria. Lecciones para Argentina y Brasil, en Basco, A. I., Beliz, G., Coatz, D., & Garnero, P. (comp.) *Industria 4.0: fabricando el futuro* (Vol. 647). Inter-American Development Bank.
- FIESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo, 2018. "Para garantir competitividade, empresas brasileiras se adaptam à indústria 4.0: Melhora na economia e diminuição de custos têm levado companhias a investir em processos de robotização e digitalização." *Boletim técnico do departamento sindical 1357/2018*, São Paulo, p. 7-8.
- FIRJAN - Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro. 2016. *Indústria 4.0*. Caderno Senai de Inovação. Rio de Janeiro
- Gligo, N. 2018. "Conceptos, propuesta de investigación y guía metodológica sobre la adopción de nuevas tecnologías digitales en mipymes Latinoamericanas," *Documento de trabajo proyecto Euromipyme (no publicado)* Santiago de Chile: CEPAL.
- Industrial Internet Consortium, 2016, *The Industrial Internet of Things*, Volume B01: Business Strategy and Innovation Framework.
- Miguez, T. D. H. L., Daudt, G. M., Araujo, B. P. D., Willcox, L. D., & Correa Filho, S. L. S., 2018. *Uma visão de política industrial para o Brasil: resultados a partir de uma proposta de matriz tecnológica*, BNDES.

- Motta, J.; Morero, H.; Ascúa, R., 2019. *Industria 4.0 en mipymes manufactureras de la Argentina, Documentos de Proyectos* (LC/TS.2019/93), Santiago de Chile, CEPAL.
- McKinsey. 2017. "La Reinención digital: Una oportunidad para España," COTEC/McKinsey Global Institute.
- McKinsey. 2012. "Manufacturing the future: The next era of global growth and innovation," McKinsey Global Institute.
- Navarro, M., Sabalza, X, 2016 "Reflexiones sobre la industria 4,0 desde el caso vasco," *Economiaz. Revista vasca de economía*, 2016, nro. 89, 149-172.
- OECD 2015 *OECD Digital Economy Outlook 2015*, Paris, OECD Publishing.
- Pereira, A.; De Oliveira Simonetto, E., 2018 "Indústria 4.0: Conceitos e Perspectivas para o Brasil". *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, vol. 16, no 1, 2018.
- Perez, C. 2010. "Technological Revolutions and Techno-Economic Paradigms." *Cambridge journal of economics*, 34(1), 185-202.
- Pérez González, D.; Solana-González, P. y Trigueros Preciado, S. 2018. "Economía del dato y transformación digital en Pymes industriales: retos y oportunidades." *Revista de Economía Industrial*, (409), 37-45.
- Pérez González, D.; Trigueros Preciado, S. y Popa, S. 2017. "Social Media Technologies' Use for the Competitive Information and Knowledge Sharing, and Its Effects on Industrial Smes' Innovation." *Information Systems Management*, 34(3), 291-301.
- Pinto, A. 1965. "Concentración Del progreso técnico y de sus frutos en el desarrollo Latinoamericano." *El trimestre económico*, (125).
- _____. 1976. "Notas sobre los estilos de desarrollo en América Latina." *Revista de la CEPAL*, (1).
- Plano de CT&I para Manufatura Avançada no Brasil. 2017. *ProFuturo Produção do Futuro*. MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES., Brasília.
- Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología, 2019. *El estado de la ciencia. Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos/ Interamericanos 2019*. Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología-Iberoamericanos e Interamericanos-(RICYT) MCTIC
- Roland Berger. 2016. "España 4.0: El reto de la transformación digital de la economía," Madrid: Siemens.
- Santos, M.; Manhaes, A. M.; Lima, A.R., 2018. "Indústria 4.0: desafios e oportunidades para o Brasil". *Anais do X SIMPROD*, 2018.
- SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio as Micro e Pequenas Empresas, 2017. *Anuário de trabalho nos pequenos negócios: 2015*. Brasília, DF.
- Sigahi, T. F. A. C.; Andrade, B. C. De, 2017 A Indústria 4.0 na perspectiva da engenharia de produção no Brasil: levantamento e síntese de trabalhos publicados em congressos nacionais. Joinville: Enegep, 2017. Disponible en: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_247_428_31208.pdf>.
- Sisti, E, 2019. "Industria 4.0 en las PYMES de Gipuzkoa". Cuadernos Orkesta, nro. 5172019.
- Verluml, R., 2018 *Políticas para o desenvolvimento da indústria 4.0 no Brasil*. IEDI - Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial, jul. 2018.
- WEF. 2016. "Global Information Technology Report 2016," World Economic Forum,
- Yin, R. K. 2009. *Case Study Research: Design and Methods*. Sage.

Cuadro A.1

Formulario de identificación de casos

Guía de entrevista: Incorporación y uso de nuevas tecnologías digitales en pymes

Nombre de la empresa:
 Principales sectores de actividad:
 Principales productos:
 Localización (ciudad):
 Año de creación:
 Propiedad (nacional/extranjera):
 Nº de empleados:
 Total de ventas:
 Exportaciones:
 Alternativamente % das ventas destinadas a la exportación:
 Principales países a los que exporta (%):

Sección 2: descripción general de los proyectos, inversiones o servicios contratados en nuevas tecnologías digitales

Pregunta 2.1 ¿Su empresa implementó algún proyecto o contrató algún servicio relacionado a las nuevas tecnologías digitales? ¿Qué proyecto/inversión/servicio? Explique brevemente:

Si
 No
 Planea hacerlo

Pregunta 2.2 ¿Su empresa implementó algún proyecto o contrató algún servicio entre las siguientes nuevas tecnologías digitales?

Tecnología	Si	No	Planea hacer	Área o función			¿Qué proyecto? Explicar
				Producción	Innovación y diseño de producto	Logística de entrada y relación con los proveedores	
Sensores e Internet de las cosas							
Robótica avanzada							
Impresión aditiva/3D							
Computación en la nube (en ventas)							
Análisis de Big Data							
Inteligencia artificial							
Otros: especificar							

Sección 3: detalles por proyecto, inversión o servicio contratado.
De la Sección 2 elija los proyectos más relevantes.
Para cada uno de ellos responda las siguientes preguntas:

Pregunta 3.1 Describir el proyecto, inversión o servicio contratado, especificando los aspectos tecnológicos

Pregunta 3.2 ¿Cuáles fueron las motivaciones para implementar el proyecto/inversión o contratar el servicio de tecnología? Explicar:

Califique:

Razón	Clasificación (1): principal(es) razón(es) (2): relevante, pero no la principal razón (3): poco o no relevante (4): no se aplica	Explicar (Solamente aquellos evaluados con (1))
Mejorar la eficiencia de una función o proceso Economía de costos Sustitución de personal Mejorar la calidad Mejorar la relación con el cliente Mejorar la relación con los proveedores Desarrollo de nuevos productos Desarrollo de nuevos servicios asociados Desarrollo de nuevos modelos de negocio Otros (especificar):		

Pregunta 3.3 Detalle los elementos relevantes sobre la forma como fue tomada la decisión de invertir o contratar servicios en nuevas tecnologías digitales.

Pregunta 3.4 ¿Cómo fue el proceso de implementación? ¿Cuáles fueron los principales problemas u obstáculos que tuvieron que ser superados? ¿Cómo los superaron?

Califique

Problemas u obstáculos enfrentados	Clasificación (1): principal(es) problema(s) (2): relevante, pero no el principal problema (3): poco o no relevante (4): no se aplica	Explicar (solamente los calificados con (1))
<p>Interno a la empresa</p> Desconocimiento sobre la tecnología Falta de interés/otros proyectos más urgentes requieren atención Falta de interés/calificación negativa de costo-beneficio No se dispone de recursos humanos calificados para la implementación No se dispone de recursos financieros necesarios para la inversión No se dispone de infraestructura y conectividad interna necesaria Otros (especificar)		
<p>Externo a la empresa</p> Tecnología poco madura Proveedores de productos tecnológicos o servicios faltantes Falta de financiamiento o las condiciones de financiamiento no son apropiadas. Baja disponibilidad de personal calificado en el mercado Sistema de formación y entrenamiento insuficiente para nuevos requisitos Infraestructura de información y comunicación débil o insuficiente. Contexto macroeconómico Inestabilidad de la economía Otros (especificar):		

Pregunta 3.5 **Financiamiento.**
¿Cómo se financió el proyecto? ¿Utilizan fuentes externas de financiamiento? Evalúe la disponibilidad y la facilidad de acceso a fuentes de financiamiento externas.

Pregunta 3.6 **Asistencia externa (pública o privada).**
¿Usted recibió algún tipo de apoyo público o privado para la evaluación, el proyecto o implementación del proyecto/inversión?

Indique:

Apoyos utilizados	Si/No	Explique
GOBIERNO		
Fondos de incentivos/subsidios		
Consultores especializados		
Relación o apoyo de Centros de tecnología		
Otros (especificar)		
ACADEMIA		
Contratos de asistencia con universidades		
Servicios de laboratorios		
Prácticas		
Otros (especificar):		
PRIVADOS		
Apoyo de socios o centros de negocio		
Otros (especificar):		

Pregunta 3.7 ¿Cuáles son los principales problemas a los que se enfrenta en la operación de rutina?

Pregunta 3.8 ¿Cuáles fueron los principales beneficios obtenidos hasta la fecha?

Califique

BENEFICIOS	CLASIFICACIÓN (1): beneficio(s) principal(es) (2): relevante, pero no es el principal beneficio (3): poco o no relevante (4): no se aplica	EXPLIQUE (Solamente aquellos evaluados con (1)) Si es posible, cuantifique
Mejorar la eficiencia de una función o proceso		
Economía de costos		
Mejorar la calidad		
Sustitución de personal		
Mejorar la relación con los clientes		
Mejorar la relación con los proveedores		
Desarrollo de nuevos productos		
Desarrollo de nuevos servicios asociados (*)		
Desarrollo de nuevos modelos de negocios		
Otros (especificar):		
Estandarización		

(*) El estudio se destina a empresas de manufactura.

Sección 4: El futuro

- Pregunta 4.1 ¿Su empresa está evaluando o planeando implementar algún proyecto o contratar algún servicio relacionado a las nuevas tecnologías digitales? ¿Qué proyecto/inversión/servicio? Explique brevemente:
- Está evaluando
- Planea implementar
- No está evaluando ni planeando implementar
- Pregunta 4.2 ¿Su empresa está evaluando o planeando implementar algún proyecto o contratar algún servicio sobre alguna de las siguientes nuevas tecnologías digitales?

Tecnología	A	B	C	Producción	Innovación y diseño de producto	Área o función Logística de entrada y relación con proveedores	Marketing y relación con el cliente	Otra área	¿Qué proyecto? Explique
Sensores e Internet de las cosas									
Robótica avanzada									
Impresión aditiva/3D									
Computación en la nube									
Análisis de Big Data									
Inteligencia artificial									
Otros: especificar									

A: está evaluando; B: planea implementar; C: no está evaluando o planea implementar

- Pregunta 4.3 Para el proyecto principal ¿Cuáles son las motivaciones para implementar el proyecto/inversión o contratar el servicio tecnológico? Explique:

Califique:

Razón	Clasificación (1): principal(es) razón(es) (2): relevante, pero no la principal razón (3): poco o no relevante (4): no se aplica	Explique (Solamente aquellos evaluados con (1))
Mejorar la eficiencia de una función o proceso		
Economía de costos		
Sustitución de personal		
Mejorar la calidad		
Mejorar la relación con los clientes		
Mejorar la relación con los proveedores		
Desarrollo de nuevos productos		
Desarrollo de nuevos servicios asociados (*)		
Desarrollo de nuevos modelos de negocios		
Otros (especificar):		

(*) El estudio se destina a empresas de manufactura.

Pregunta 4.4 ¿Cuánto gastó su empresa en recursos para implementar el nuevo proyecto o hacer uso de los servicios contratados? ¿Cuáles son los problemas u obstáculos que enfrenta?

Califique:

Problemas u obstáculos	Clasificación (1): principal problema(s) (2): relevante, pero no el principal problema (3): poco o no relevante (4): no aplica	Explique (Solamente el evaluado con (1))
Internos a la empresa		
Desconocimiento sobre la tecnología Falta de interés/otros proyectos más urgentes requieren atención Falta de interés/evaluación de costo-beneficio negativo No posee recursos humanos cualificados para la implementación No posee recursos financieros necesarios para la inversión. No posee ninguna infraestructura y conectividad interna necesaria Otros (especificar)		
Externos a la empresa		
Tecnología poco madura Falta de proveedores de productos o servicios tecnológicos. Falta de financiamiento o condiciones de financiamiento no son las apropiadas. Baja disponibilidad de personal cualificado en el mercado de trabajo Sistema de formación y entrenamiento insuficiente para nuevos requisitos Infraestructura de información e comunicación débil o insuficiente. Contexto macroeconómico Inestabilidad de la economía Otros (especificar):		

Pregunta 4.5 Financiamiento.
¿Cómo financiará el proyecto? ¿Utilizarán fuentes externas de financiación? Evalúe la disponibilidad y la facilidad de acceso a fuentes de financiación externas.

Pregunta 4.6 Ayuda externa (pública o privada).
¿Está recibiendo o espera recibir algún tipo de apoyo público o privado para la evaluación, proyecto o implementación del proyecto / inversión?

Apoyos	Si/No	Explique
Gobierno		
Fondos de incentivos/subsidios Consultores especializados Relación o apoyo de Centros de tecnología Otros (especificar)		
Academia		
Contratos de asistencia con universidades Servicios de laboratorios Prácticas Otros (especificar):		
Privados		
Apoyo de socios o centros de negocio Otros (especificar):		

Fuente: Elaboración de los autores, sobre la base de la información recopilada en las entrevistas.

Este documento es el segundo de una serie de tres estudios en los que se estudia la penetración de las tecnologías digitales avanzadas (inteligencia artificial, realidad virtual y realidad aumentada, impresión aditiva e Internet de las cosas, entre otras) en las micro, pequeñas y medianas empresas (mipymes) de América Latina.

En la presente publicación, se analiza la experiencia de 15 mipymes de diferentes estados del Brasil que han invertido o prevén invertir en la incorporación de estas tecnologías. El objetivo principal del estudio es esclarecer las motivaciones que indujeron a estos empresarios y empresarias a tomar la decisión de realizar dichas inversiones, los obstáculos que tuvieron que enfrentar y los beneficios que obtuvieron gracias a ello.

Esta investigación se inscribe en el marco del proyecto de colaboración entre la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y la Universidad Nacional de Rafaela de la Argentina, y forma parte de las actividades llevadas a cabo en el marco del proyecto EUROMIPYME, financiado por la Unión Europea.

