

SITUACIÓN ACTUAL DE LA INDUSTRIA 4.0

Historia, concepto y descripción general
de la situación de la Industria 4.0 a nivel mundial: Una mirada comparativa
de la industria entorno a los países más avanzados.

Dra. María Luz Marín – Dr. Luis Chiamonte

*El caso de
Europa,
China y
EEUU,
Latino
América y
Argentina*

Autoridades Universidad Nacional de Cuyo

Rector

Ing. Agr. Daniel Ricardo Pizzi

Vicerrector

Dr. Prof. Jorge Horacio Barón

Secretaría de Extensión y Vinculación

Secretario de Extensión y Vinculación

Lic. Mauricio González

Coordinador de Innovación Productiva

Ing. Roque Leonardo D'Anna

Coordinador de Desarrollo Territorial

Lic. Juan Pablo Miguel

Unión Industrial de Mendoza (UIM)

Presidente

Lic. Mauricio Badaloni

Coordinador Técnico

Lic. Walter Pavón

Gobierno de Mendoza

Ministerio de Economía y Energía de Mendoza

Ministro Enrique Vaquíe

Director de la Dirección de Estadísticas e Investigaciones Económicas (DEIE)

Lic. Facundo Biffi

Film Andes AC

Sr. Marcelo Ortega

Observatorio Industrial de Mendoza (OIM)

Director del Observatorio Industrial de Mendoza

Lic. Facundo Biffi

Coordinadora Académica del Observatorio Industrial de Mendoza

PhD. María Luz Marín Díaz

Coordinador Técnico del Observatorio Industrial de Mendoza

PhD. Luis A. Chiaramonte Cipolla

Contenido

| | |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN | 3 |
| HISTORIA DE LAS REVOLUCIONES | 4 |
| Industria 1.0: revolución mecánica | 4 |
| Industria 2.0: revolución eléctrica | 4 |
| Industria 3.0: tiempos de automatización | 4 |
| Industria 4.0: era cibernética | 5 |
| VISIÓN GENERAL DE LA INDUSTRIA 4.0 | 5 |
| ¿Qué es la industria 4.0? | 5 |
| Las tecnologías que implican la IND. 4.0 | 5 |
| Importancia para las empresas y el desarrollo | 6 |
| Consecuencias de la digitalización | 8 |
| Los nuevos retos para la formación | 10 |
| INDUSTRIA 4.0 EN PAÍSES EUROPEOS, EEUU Y CHINA | 12 |
| INDUSTRIA 4.0 EN LATINOAMÉRICA | 21 |
| INDUSTRIA 4.0 EN ARGENTINA | 27 |
| CONCLUSIONES | 32 |
| BIBLIOGRAFÍA | 35 |

INTRODUCCIÓN

Enmarcada en la Economía del Conocimiento, entendida ésta como la parte de la economía que utiliza la información como elemento fundamental que genera valor a través de la transformación de dicha información en conocimiento, se escucha hablar, cada vez con más frecuencia, de una transformación profunda de los sistemas de producción. Esta transformación lleva el nombre de Industria 4.0, término acuñado en Alemania. Sin embargo, podemos encontrar otras formas en las que los diferentes países que han abordado el cambio la nombran.

A nivel mundial la mayoría de los países se van adaptando para afrontar el reto que implica el cambio, lo cual se percibe en el desarrollo de leyes, de programas de fomento para financiar el cambio, etc., es decir, se organizan con el fin de impulsar la transformación, la cual está condicionada por la adopción de la tecnología adecuada por parte de las empresas.

Dadas las características de los cambios que implica en la industria, también se la conoce como la transformación digital, nombre adquirido por la característica más notoria que genera el cambio y que es la informatización de los procesos productivos y la comunicación entre equipos de producción como así también la conexión, en este proceso, con clientes y proveedores.

La determinación de impulsar el cambio ha dado comienzo a transformaciones industriales de gran alcance que han generado: nuevos patrones industriales y métodos de producción, nuevos modelos comerciales, crecimiento económico y transformación de la estructura institucional y formativa de los países industrializados.

La Industria 4.0 implica la combinación de técnicas avanzadas de producción y operaciones con tecnologías inteligentes que se integrarán junto con las personas y los activos en las organizaciones, esto es considerado como la cuarta revolución industrial.

La aparición de nuevas tecnologías tales como la robótica, la analítica, la inteligencia artificial, las tecnologías cognitivas, la nanotecnología y el Internet of Things (IoT), entre otras, caracteriza dicha revolución. El proceso de cambio consiste en que las organizaciones deben identificar qué tecnologías satisfacen mejor sus necesidades acordes a su estrategia empresarial para invertir en ellas. La importancia del cambio es tal, que si las empresas no comprenden los cambios y oportunidades que trae consigo la Industria 4.0, corren el riesgo de perder presencia en el sector al que pertenecen.

Además, es importante entender el potencial de esta cuarta revolución industrial (tal como se la conoce actualmente) porque la misma afectará a todos los procesos de fabricación de todas las industrias y sectores e incluso a la sociedad.

Esto no implica únicamente un incremento de la automatización de la producción (algo que es evidente y viene sucediendo desde los años 70 a través de la evolución de la

electrónica y las tecnologías de la información), sino que implica un cambio disruptivo en la forma de producir y entender la cadena de valor.

Entre las mejoras que propone el cambio hacia la industria 4.0, encontramos la optimización de las operaciones de negocio, el crecimiento de los ingresos, la reducción de los costos, transformando los productos y la cadena de suministro y las expectativas que se generan en torno a los clientes. Desde una mirada integradora, podemos decir que esta transformación impactará en el crecimiento de países o regiones que apuestan al cambio.

Esta revolución no solo cambiará la forma en que las empresas hacen las cosas, sino también, afectará a la forma en cómo los clientes se relacionan con ellas. También hay que tener en cuenta los cambios que podría implicar en la fuerza laboral, lo que traerá la necesidad de desarrollar en los futuros profesionales nuevas capacidades y roles.

HISTORIA DE LAS REVOLUCIONES

Como toda evolución de la sociedad, la llegada de las tecnologías de la industria 4.0 fue paulatina y precedida de otras tres revoluciones. Los avances tecnológicos han pasado por un proceso histórico, que va desde la industria 1.0 hasta la 4.0.

Si hacemos una revisión cronológica de los acontecimientos, las revoluciones a las que hemos hecho referencia se pueden dividir en cuatro fases.

Industria 1.0: revolución mecánica

A finales del siglo XVIII, mientras los procesos se basaban únicamente en la fabricación y el comercio de mercancías, la aparición del telar y la máquina de vapor transformaron los modos de producción, al pasar a ser mecanizados. Las primeras máquinas invadieron el sector textil en Inglaterra, llegando a los medios de transporte, metalurgia, agricultura y otros sectores de la economía.

Industria 2.0: revolución eléctrica

La segunda revolución, en la segunda mitad del siglo XIX, llegó con el descubrimiento de nuevas fuentes de electricidad, además de la energía de vapor, como el petróleo y las plantas hidroeléctricas, aumentando la capacidad de producción en las fábricas.

Industria 3.0: tiempos de automatización

En los años 70, la llegada de computadoras, chips y software trajo la Tercera Revolución Industrial, introduciendo la automatización a las producciones.

Con la investigación científica cada vez más avanzada, pasada la Segunda Guerra Mundial, fue un período marcado por la llegada del hombre al espacio y la conexión de las personas a Internet, con un enfoque en la informatización.

Industria 4.0: era cibernética

Todos los avances conseguidos en revoluciones pasadas siguen presentes en el día a día de personas y empresas. Pero, desde 2010, las fábricas inteligentes o las Smart Factories han aportado autonomía y virtualización a las producciones.

La computación en la nube, el Internet de las Cosas (IoT), la inteligencia artificial, la impresión 3D y todos estos avances tecnológicos transformaron la forma en que las máquinas se comunican, optimizando el proceso de producción, que ahora puede ser aún más eficiente, ágil, económico y autónomo.

VISIÓN GENERAL DE LA INDUSTRIA 4.0

Tal como hemos comentado, en los últimos años la industria 4.0 se ha convertido en una corriente fundamental de la economía aplicada a la industria. Actualmente, este término está muy presente tanto en ámbitos académicos a través de congresos o publicaciones de la mayoría de subsectores que conforman la industria, como así también en la agenda de los gobiernos de países industrializados y en vías de desarrollo.

¿Qué es la industria 4.0?

El gobierno alemán es quien utilizó por primera vez el término Industria 4.0 para describir la nueva forma de organización de los procesos de producción apoyada en la tecnología y en dispositivos que se comunican entre ellos de forma autónoma a lo largo de la cadena de valor (Smit et. al. 2016).

Las tecnologías digitales tales como los sensores, las máquinas, los componentes y los sistemas informáticos permiten vincular el mundo físico con el digital, de manera que los diferentes dispositivos y sistemas colaboren entre sí, dando lugar a una industria inteligente, con producción descentralizada y que se adapta a los cambios en tiempo real.

Los mencionados sistemas actuarían conectados a través de protocolos estándar basados en Internet y analizarían los datos para prevenir errores. Podrían configurarse ellos mismos y adaptarse a posibles cambios. Estarían conectados a lo largo de la cadena de valor, más allá de los límites de las empresas individuales.

Las tecnologías que implican la IND. 4.0

A lo largo de este informe hemos mencionado algunos elementos que han dado lugar a este nuevo enfoque en la forma de producir. La evolución de este paradigma junto con la disminución de los costos, ha hecho aparecer un conjunto de herramientas que se suman al concepto de IND. 4.0. De acuerdo al informe creado por la Fundación BCN Formación Profesional dichas tecnologías son las siguientes:

- **Big data y análisis de datos:** se define como el análisis de grandes volúmenes de datos que, por su naturaleza y la velocidad a la que tienen que ser procesados, superan ampliamente la capacidad de los sistemas informáticos habituales.

- **Robots autónomos:** los robots se están utilizando cada vez más sustituyendo las tareas de los humanos, lo cual implica que dichas actividades sean cada vez más rentables. De manera que, se prevé un crecimiento en la cantidad de robots.
- **Simulación:** las simulaciones en 3D permiten reproducir el mundo físico a través de máquinas, productos y personas, en un modelo virtual y permite a los usuarios hacer pruebas y hacer más eficiente la programación de una máquina antes de ponerla en práctica.
- **Integración horizontal y vertical de sistemas:** a través de los sistemas informáticos los fabricantes, los proveedores y los clientes estarán íntimamente relacionados, facilitando cadenas de valor verdaderamente automatizadas.
- **Internet de las cosas industrial (Internet of things, IoT):** cada vez más dispositivos están conectados por medio de tecnologías avanzadas. Esto permitirá a los dispositivos comunicarse entre ellos y con los controladores centrales, permitiendo respuestas en tiempo real.
- **Ciberseguridad:** la hiperconectividad que genera la Industria 4.0 trae consigo la necesidad de proteger, contra amenazas informáticas, tanto los sistemas industriales como las líneas de producción.
- **La nube:** la tecnología utilizada en la nube mejorará cada vez más, dada la necesidad de intercambio de información. Esta mejora implica una disminución significativa en los tiempos de reacción.
- **Fabricación aditiva:** conocida como la impresión en 3D, se aplicará a la producción de lotes de productos personalizados y esto permitirá reducir las materias primas, los stocks y las distancias de transporte, además de hacer prototipos y componentes individuales.
- **Realidad aumentada:** se utilizará como medio de apoyo a nivel operativo. Dicha tecnología permitirá a los trabajadores contar con información en tiempo real para mejorar la resolución de problemas y la toma de decisiones.

Además, el World Economic Forum (2016) afirma que los sistemas inteligentes (casas, fábricas, granjas, redes y ciudades) permitirán afrontar un conjunto de problemas que involucran desde la gestión de las cadenas de suministro hasta el cambio climático y añade los adelantos en la genética, la nanotecnología y la biotecnología, entre otros. A su vez, introduce el término economía colaborativa como un factor que permitirá a los usuarios de nuevas tecnologías prestar, comprar, vender, compartir o alquilar bienes y servicios.

Importancia para las empresas y el desarrollo

Si bien hay autores que consideran el cambio como la cuarta revolución industrial, existen otros autores, como Brynjolfsson et. al. (2014), quienes consideran que este

nuevo paradigma se refiere a la segunda era de las máquinas, asegurando que la primera se refiere a la era de las máquinas donde los avances tecnológicos complementaban al hombre, pero ellos tomaban las decisiones. Sin embargo, en la segunda era son las máquinas las que toman las decisiones en detrimento del rol del ser humano.

Independientemente de las diferencias de estos enfoques, existe un punto en común, que es la transformación digital de la industria, la cual, se expone en un informe del Ministerio de Industria, Energía y Turismo de España realizado en el año 2014.

Los beneficios que implica dicha transformación digital impactan tanto en los procesos productivos, como en los productos y en los modelos de negocio.

En primer lugar, el efecto de la adopción de estas tecnologías, es sobre la eficiencia de los procesos productivos y sobre la flexibilidad de los mismos. En segundo lugar, la incorporación de las tecnologías tendrá influencia sobre los productos ya existentes y dará lugar a la aparición de nuevos productos. En tercer lugar, la Industria 4.0 permitirá establecer nuevos modelos de negocio.

El informe llevado a cabo en España en el 2014, establece algunos retos que se deben afrontar en el marco de los procesos productivos, el producto y el modelo de negocio. Tales retos involucran adaptarse al comportamiento de los clientes a partir de la hiperconectividad, gestionar la trazabilidad multidimensional de extremo a extremo, desarrollar métodos colaborativos para potenciar la innovación, combinar flexibilidad y eficiencia, adoptar modelos logísticos inteligentes, etc.

Por otra parte, debemos considerar que el solo hecho de adoptar el cambio no garantiza el éxito que se le atribuye a la digitalización. Smit et. al. (2016) afirman que el éxito de la Industria 4.0 requiere de ciertos requisitos:

- Estandarizar los sistemas y las plataformas y protocolos
- Cambiar la organización del trabajo para adaptarse a los nuevos modelos de negocio
- Dar seguridad digital y protección
- Disponer de trabajadores debidamente formados
- Disponer de áreas de investigación y desarrollo

Dado este contexto, surgen impedimentos que se deben tener en cuenta debido a las dificultades que tienen las Pymes para acceder a la financiación necesaria y poder llevar a cabo la transformación digital correspondiente. Por ello, el Estado debe jugar un rol fundamental para flexibilizar y crear un ecosistema que permita la transición de las Pymes hacia la Industria 4.0.

Siguiendo con lo expuesto por Smit et. al. (2016), cabe resaltar la importancia del sector público el cual tendría que establecer las bases y los límites operables, así como impulsar la adaptación de los sistemas formativos para dar respuesta a las necesidades emergentes.

Consecuencias de la digitalización

Smit et. al. (2016), en un estudio solicitado por el Parlamento Europeo, realizan un análisis FODA que resume las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades de la Industria 4.0 en la UE (figura 3).

INDUSTRIA 4.0 EN LA UE. ANÁLISIS FODA

| | |
|--|---|
| <p>Fortalezas</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Incremento de la productividad, de la eficiencia (recursos), de la competitividad y de los ingresos. ● Aumento de los puestos de trabajo de alta calificación y muy remunerados. ● Mejora de la satisfacción del cliente y nuevos mercados: incremento de la personalización de los productos y de su variedad. ● Mayor flexibilidad y control de la producción. | <p>Debilidades</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Capacidad de adaptación tecnológica: pequeñas disrupciones pueden tener impactos grandes. ● Dependencia de un abanico de factores de éxito: estándares, coherencia del entorno, oferta laboral con lashabilidades apropiadas, inversión en I+D. ● Costes de desarrollo y puesta en marcha. ● Pérdida potencial de control sobre la empresa. ● Puestos de trabajo semi-formados. ● Necesidad de importar mano de obra formada e integrar a los inmigrantes. |
| <p>Oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Reforzamiento de la posición de Europa como líder en industria manufacturera y otros sectores. ● Desarrollo de nuevos mercados punteros para productos y servicios. ● Contrapunto a la demografía negativa de la UE. ● Disminución de las barreras de entrada para algunas PYMES para participar en nuevos mercados y nuevas cadenas de suministro. | <p>Amenazas</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Ciberseguridad, propiedad intelectual, privacidad de los datos. ● Trabajadores, PYMES, sectores y economías nacionales sin conciencia y/o medios para adaptarse a la Industria 4.0. ● Volatilidad de las cadenas de valor globales y vulnerabilidad hacia ellas. ● Adopción de la Industria 4.0 por parte de los competidores extranjeros que neutralicen las iniciativas europeas. |

Tabla Nº 1. FODA de la Industria 4.0 en Europa. Fuente: Smit et al. (2016)

En resumen, se espera que la Industria 4.0 mejore los procesos de manera que resulten ser más rápidos, flexibles y eficientes, produciendo bienes de calidad a bajo costo lo que permitirá incrementar la productividad.

La Boston Consulting Group, a través de un estudio realizado por Ruessmann (2015), indica que durante los próximos 5 a 10 años en la Unión Europea, la productividad aumentará entre un 5% y un 8% debido a la adopción de la Industria 4.0.

Todo ello impulsará la innovación logrando mejorar la seguridad en el trabajo ya que los trabajadores no estarán expuestos a tareas y materiales peligrosos, facilitando de esta manera el respeto por el medio ambiente.

Para que todo esto se pueda lograr, es necesario una mejora de las infraestructuras tecnológicas que puedan soportar el gran volumen de datos.

El informe de World Economic Forum (2016) especifica que, si los gobiernos no toman medidas, los países se enfrentarán a un desempleo cada vez más grande y como consecuencia una destrucción de una gran cantidad de puestos de trabajo.

Parece bastante evidente que los efectos de la Industria 4.0 expuestos hasta aquí harán que las empresas deban establecer prioridades para lograr la transformación digital, definiendo en primer lugar cuál será el modelo de negocio a seguir, establecer cambios organizativos, adaptar los puestos de trabajo, desarrollar alianzas estratégicas, etc.

Por otra parte, la mayor parte de autores recomiendan poner foco en la innovación de las políticas de empleo y de formación. También proponen la necesidad de reestructurar el sistema educativo incentivando la formación continua a través de la colaboración estrecha entre el sector público y las empresas.

El impacto de la digitalización en el empleo

Haciendo un análisis histórico y mirando las sucesivas revoluciones industriales, podemos apreciar que éstas han comportado crecimiento económico y un aumento de las fuentes de ingreso a largo plazo. Por otra parte, si miramos las consecuencias a corto plazo, se observan trabajadores de la primera revolución industrial que si bien no perdieron el trabajo tampoco vieron aumentado su salario real durante décadas, a pesar de que su productividad mejoró significativamente.

De acuerdo a Canals (2016), la automatización tiene un efecto denominado sustitución que implica una destrucción de puestos de trabajo en determinados sectores y empleos. Por otra parte, también existe el efecto denominado complementariedad, con esto se hace referencia a aquellos puestos de trabajo en los cuales la automatización complementa las tareas del trabajador, por lo que incrementa la productividad y la remuneración.

Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research (2015), presenta un estudio optimista el cual afirma que el uso de robots industriales tiene un efecto positivo sobre la productividad y el incremento de ventas lo cual estimula el crecimiento del empleo. Por otra parte, Lorenz et. al. (2015), de Boston Consulting Group, en su informe también

presentan un enfoque positivo. Estos autores afirman que las mejoras de productividad evitan deslocalizaciones e incluso crean empleo.

En contraposición de estas miradas positivas, existen autores que determinan que se necesitarán habilidades diferentes a las actuales para abordar con éxito el proceso de digitalización. Por lo tanto, los trabajadores que realizan tareas repetitivas deberán especializarse en áreas de software, de TICs y de mecatrónica para no ser desplazados.

Aparte de la desaparición de tareas, a corto plazo aquellos trabajadores que ocupen puestos de trabajo que sean más fácilmente automatizables, verán reducido su salario medio.

Los nuevos retos para la formación

La formación profesional (FP)

La relación entre la Industria 4.0 y la formación profesional se puede analizar desde dos vertientes. Por un lado, la digitalización masiva, ya se están produciendo con las nuevas modalidades, lo que implica una nueva demanda de perfiles profesionales para que se adecuen a las necesidades que tiene la industria.

Por otro, la Industria 4.0 puede modificar las metodologías de aprendizaje, a través del aprendizaje Learning by doing promovido desde la Unión Europea y, a la vez, hacer que las especialidades industriales sean más alentadoras, interesantes y especialmente aplicables a otras más centradas en los conocimientos teóricos y/o de servicios.

A pesar de la baja oferta de titulaciones específicas, las empresas demandan cada vez más especialistas en mecatrónica, comunicaciones industriales, big data & analytics, diseño de interfaces, mantenimiento de robots específicos, diseño industrial en 3D y otros nuevos puestos de trabajo vinculados con las tecnologías basadas en la Industria 4.0.

Debemos tener en cuenta que la velocidad de cambio del mundo educativo es diferente al productivo, y que viene condicionado por varios factores: en primera instancia, la rigidez curricular y normativa. En segunda instancia, las dificultades para el reciclaje del profesorado, ya que, a pesar de poder hacer estancias en empresas, no existe un método para contrarrestar su ausencia en el aula.

Maiedah Jalil Naji (2018), también plantea diversas razones por las cuales vamos hacia la definición de un nuevo paradigma educativo. La principal razón es la necesidad de adquisición de nuevas destrezas como consecuencia del cambio tecnológico y la globalización, sin embargo, aporta otros factores que fomentan la innovación, como lo son la demografía, las restricciones financieras y la intención de fomentar la participación en los planes de formación.

En un contexto europeo, el autor resalta el rol de la política de esa región para la formación profesional la cual busca motivar la innovación a todos los niveles en diversas

formas. También se menciona la necesidad de desarrollar nuevos métodos de aprendizaje y el empleo de la tecnología.

Dichas políticas también promueven una mayor cooperación, especialmente en el aprendizaje en el trabajo, entre las instituciones de formación profesional, la educación superior, las organizaciones de investigación y las empresas.

Formación Universitaria

Es sabido que la revolución industrial 4.0 está generando nuevas oportunidades laborales y profesionales las cuales serán cubiertas sólo si existieran los perfiles adecuados a estas necesidades empresariales. Por eso, la colaboración entre empresa y universidad toma gran relevancia, por lo tanto, las entidades educativas deberán hacer un gran esfuerzo para crear aquellos perfiles que aún no existen y que serán los requeridos por las empresas en el nuevo contexto industrial.

Los autores prevén en general, que la Industria 4.0 generará un cambio en la demanda de profesionales, de modo que el número puestos más solicitados estarán vinculados a las tecnologías de la información, mientras que los menos demandados serán los profesionales semi-calificados.

Actualmente, en el sector TIC, existe un problema entre la oferta y la demanda de profesionales. La razón radica en un problema demográfico, debido a que las personas graduadas no crecen al mismo ritmo que la demanda solicitada.

Si bien la formación Profesional y la Universitaria son consideradas los pilares del éxito de la digitalización, el mencionado éxito, está también apoyado en el desempeño de la empresa en el proceso de adopción de tecnología.

De acuerdo al informe realizado por el Boston Consulting Group (2020), sólo el 33% de las organizaciones enfrentan con éxito el desafío de la disrupción digital. Aquellos que lo hacen tienden a hacer grandes apuestas estratégicas, del orden del 10% de su capitalización de mercado. Son recompensados con un crecimiento significativo de los ingresos y 14 puntos adicionales de retorno total para los accionistas. La pregunta crítica es esta: ¿qué apuestas estratégicas debe hacer y en qué orden?

Tal como lo hemos planteado, la transformación digital puede ser muy importante desde muchos puntos de vista para los países, sin embargo, no es un proceso sencillo. Según el mencionado en el estudio, si las empresas abordan dicho cambio con una visión estratégica clara pasan del 33% al 80% de probabilidad de éxito.

Además de la propia estrategia que se sugiere deben desarrollar las empresas para abordar el proceso de cambio, éste debe estar apoyado tanto en los aspectos estructurales que se deben impulsar desde los gobiernos en materia de inversión en tecnología, como así también, dados los grandes costos que implica la transformación, en los programas de ayuda económica para favorecer la transformación.

INDUSTRIA 4.0 EN PAÍSES EUROPEOS, EEUU Y CHINA

La necesidad de las empresas europeas en aumentar su competitividad, las llevó a producir en países asiáticos, siendo la globalización económica el factor fundamental para este traslado.

Aunque en los últimos años se ha percibido un retorno de la industria en Europa, el resultado sigue siendo insuficiente. Tras la crisis del 2007 Europa toma conciencia de la importancia de retornar las empresas, debido al gran efecto multiplicador que esto genera, impulsando la innovación tecnológica y generando puestos de trabajos cualificados y estables.

La influencia que tiene el hecho de que la industria vuelva al país va mucho más allá de la contribución directa al PIB y al empleo¹. La industria en el país beneficia al sector servicios, las estadísticas muestran que, por cada euro producido por la industria en la UE, 34 céntimos proceden de otros sectores.

En este sentido, muchos países como Alemania, España, Francia, Dinamarca, Estados Unidos, Reino Unido o Corea del Sur disponen de estrategias para situar sus industrias en un nivel que les permita competir globalmente.

Sin embargo, no solo el marco económico es lo que obliga a transformar la industria, como hemos comentado, sino que aparecen factores que han cambiado y están relacionados con las necesidades del cliente. Estos cambios han desarrollado nuevos mercados que se basan en la personalización y la creación de nuevos productos y servicios innovadores. Debido a que los clientes valoran más vivir una experiencia junto a la calidad de los productos es que están dispuestos a pagar un mayor valor. Por esta razón es que existe la necesidad de agregar valor a los nuevos productos y servicios basados en experiencias individualizadas, capacidad de actualización, todo aquello es posible gracias a la evolución de la informática (software y conectividad) añadida a cualquier producto.

Todo ello da lugar a la convergencia de múltiples campos del conocimiento y constituye un proceso por etapas que da lugar a nuevas dimensiones organizativas, tecnológicas y sectoriales. La integración del mencionado conocimiento constituye un desafío crítico tanto para la innovación como para la gestión. En este contexto la multidisciplinariedad se convierte en un elemento relevante para la búsqueda de nuevas soluciones, apoyada en los programas implementados por los países industrializados en el ámbito de la política industrial, de la investigación y del desarrollo de formación de capacidades.

La Unión Europea desde inicios del 2000 viene impulsando programas para desarrollar la ingeniería colaborativa. Entre los múltiples proyectos destacan: ATHENA (Advanced Technologies for Interoperability of Heterogeneous Enterprise Networks and their

¹ CONFERENCIA DE DIRECTORES Y DECANOS DE INGENIERÍA INFORMÁTICA

Applications) orientado a los sectores aeronáutico y automotriz, para resolver los problemas de interoperabilidad utilizando diferentes dimensiones, métodos e infraestructuras.

El proyecto SEINE (Standards for the extended digital innovative Enterprise) orientado a mejorar y estandarizar los intercambios de datos y procesos entre los fabricantes de equipos originales (OEM por sus siglas en inglés) y proveedores del sector aeronáutico.

La asociación ARTEMIS (Advanced Research & Technology for EMbedded Intelligent Systems) que congrega en la Unión Europea a representantes de la industria, las pymes, universidades e institutos de investigación y elaboran una agenda de investigación conjunta entre autoridades a nivel público, con el fin de establecer prioridades estratégicas.

Dentro de Europa existe un apoyo determinante para consolidar los intercambios de conocimiento y desarrollar una política estratégica integral de la digitalización a nivel regional. Esta propuesta es promovida por múltiples fuentes de financiación (públicas, privadas, internacionales y nacionales) y han dado las bases para un nuevo modelo de gobernanza (Casalet, 2017).

Alemania

Haciendo un análisis cronológico los hechos del cambio hacia la digitalización comienzan en el 2012 con la organización de un grupo de trabajo impulsado desde la Academia Nacional de Ciencia e Ingeniería de Alemania (Acatech). En abril de 2013 el gobierno alemán, a partir de las recomendaciones, crean la plataforma (Platform Industry 4.0), en la cual participan tres asociaciones industriales, la Asociación Federal Alemana de Tecnología de Información, Telecomunicaciones y Media (Bitkom), la Asociación de Manufactura Eléctrica y Electrónica (ZVEI) y la Asociación de Ingeniería Mecánica (VDMA).

Esta plataforma queda organizada como una red abierta de transferencia de información y colaboración que agrupa a actores públicos, grandes empresas, centrales sindicales y paulatinamente se extiende a las universidades y centros de investigación para hacer efectivos los diagnósticos y la investigación sobre el proceso, la implementación y evaluación del nuevo modelo.

En la mencionada plataforma trabajan de forma conjunta 159 organizaciones que tienen como objetivo comunicar información adecuada a través de casos de éxito y diferentes recomendaciones prácticas para brindar confianza en la aplicación de la digitalización.

Desafíos

Alemania presenta un serio problema relacionado con la mano de obra en relación con la temporalidad de los contratos y los bajos salarios. Esta situación se puede ver reflejada si analizamos el caso de Baviera con un desempleo del 3,2% y la escasez de trabajadores, según la información dada por la Cámara de Comercio bávara. Según esta

cámara, en el año 2017 eran necesarios 230.000 trabajadores y se necesitaría el doble para el 2030.

El problema demográfico es particularmente agudo en Alemania, si bien la economía crece y está en plena expansión es muy difícil reemplazar a los trabajadores que se jubilan, sobre todo aquellos que tienen una sólida calificación en el sector servicios (Carbajosa, 2017).

Los grupos de trabajo creados identificaron múltiples necesidades para generar un entorno favorable a la digitalización relacionadas con las pymes, tanto en la calificación como en las nuevas exigencias del sistema sociotécnico, entre ellas destacan:

- a) La implementación e integración de las pymes al nuevo modelo de industrialización, debido a que en Alemania el 99% de las empresas son empresas de nicho o hiperespecializadas.
- b) La difusión de información sobre las mejores prácticas con lo cual se busca generar confianza y viabilidad en su integración de las pymes a la cadena de producción.
- c) La organización de grupos con problemas comunes en la implementación de la digitalización.
- d) La elaboración de guías explicativas con la presentación de casos exitosos.
- e) La optimización de la formación continua y conocimientos multidisciplinarios.
- f) El desarrollo y promoción de mejores prácticas en redes, para asegurar la transferencia y la colaboración con universidades, institutos tecnológicos y organizaciones intermedias.

Otro de los desafíos importantes es atender la ciberseguridad. Esto aparece como un aspecto de relevancia y de gran preocupación para la plataforma 4.0, ya que es uno de los mayores problemas en la generalización del uso de sistemas y el almacenamiento de datos en la nube.

Relacionado con el tema de la ciberseguridad se crea una estructura de colaboración internacional que vincula el Consorcio de Internet Industrial (IIC) con la plataforma I4.0 para dar soluciones de seguridad global e interoperable.

De acuerdo a la plataforma I4.0, la digitalización exige aprender nuevos contextos de negocios sobre el tema y para ello se creó una Red de Laboratorios I4.0 con la finalidad de contribuir al asesoramiento de las empresas y establecer estándares (Brettel et al., 2014; Brettel et al., 2016; Brettel, Klein y Friederichsen, 2016).

De la investigación realizada por Brettel et al., se desprende el gran potencial de la I4.0 para el futuro de la producción. A pesar de que hay un amplio consenso en la forma de abordar el proceso de digitalización, aún existen muchos obstáculos para reemplazar las tecnologías convencionales.

En otras investigaciones se visualiza la necesidad de proporcionar información accesible, aspecto que muchas empresas no están muy dispuestas a compartir, ya que temen perder el control en la negociación con sus pares y proveedores. Sin embargo, en las empresas del sector automotriz las mismas expresan que es vital compartir dicha información entre los integrantes de la cadena de valor para disminuir los costos.

ESPAÑA

Caso del País Vasco

España, representada por las regiones de Cataluña y el País Vasco, tiene un mercado comprometido con la evolución de la industria hacia la digitalización.

En el caso del País Vasco se percibe un trabajo de años, que comienza en los años noventa marcados por el proceso de integración europea, destacando los clústers como elementos centrales en el marco de la política, apoyado en la colaboración público-privada. Esta política articuladora de la actividad industrial ha transitado con continuidad por diferentes fases y hoy es el fundamento del tejido productivo de la nueva industrialización digital.

El análisis del cambio evolutivo de los clústers se puede analizar en periodos que van entre su creación en la década de los noventa, el periodo comprendido entre los años 2008-2012, 2013-2016 y 2017-2020.

El primer periodo, está marcado por la influencia de la integración a la comunidad, 1990-2007. En el segundo periodo, 2008-2012, se amplió el apoyo a nuevas asociaciones que tenían intenciones de transformarse en clúster; y se identificaron las nuevas oportunidades de crecimiento que emergieron en las intersecciones entre clústeres, con iniciativas para estimular la colaboración transversal.

En el período 2013-2016, los cambios se vieron influenciados por las exigencias asociadas con la introducción de “Estrategias Regionales de Especialización Inteligente (RIS3)” surgidas en el año 2013 como un mecanismo de asignación de los fondos de cohesión de regiones, los cuales tenían impacto tanto en la investigación y la innovación como en el desarrollo económico.

La iniciativa Vanguard es un ejemplo de las políticas desarrolladas en estos periodos. Esta conforma una red de regiones europeas enfocadas en la co-creación que permite fortalecer las capacidades tecnológicas e industriales que incluyen: i) fabricación inteligente para aplicaciones energéticas en entornos hostiles, (liderado por SPRI [1] y el clúster de Energía vasco) ii) bioeconomía, iii) fabricación eficiente y sostenible, iv) producción de alto rendimiento mediante fabricación aditiva, y, v) nuevos productos a partir de la nanotecnología. (Casalet, M. 2018)

De acuerdo a lo expuesto en los trabajos del Gobierno Vasco, Aranguren, M. J. et al., (2016), destacan que el papel de los clústeres fue decisivo en los procesos de aplicación de la estrategia de investigación e innovación inteligente, donde se afirmó la necesidad de contar con enfoques diferenciados de acuerdo con la densidad de redes y consolidación de los tejidos productivos.

Las fortalezas del sistema regional de innovación vasco se han basado tradicionalmente en varios aspectos, entre los que destacan una densa red de agentes especializados en conocimiento y tecnología, cuyo entramado se ha ordenado en torno a la Red Vasca de Ciencia, Tecnología e Innovación (RVCTI); una cultura de cooperación público privada cuya máxima expresión se materializa en los clústeres y, las políticas de clúster existentes en la Comunidad Autónoma del País Vasco. (Casalet, M. 2018)

El tercer periodo 2017-2020, está marcado por la creación de un nuevo Plan de Industrialización, el cual contiene las condiciones para fortalecer el ecosistema industrial vasco, concretar el compromiso con la industria como eje central de actuación en materia económica, poner a disposición de las empresas instrumentos de apoyo a la competitividad y facilitar la interacción público-privada (Gobierno Vasco, 2017).

EL plan asume totalmente el compromiso con la Industria 4.0 de acompañar a la empresa vasca en el proceso de digitalización impulsada por la Cuarta Revolución Industrial.

Caso de Cataluña

Con el objeto de conocer el grado de tecnologías 4.0 que las empresas de Cataluña habían implantado, en el 2017, la Cámara de Comercio de Barcelona y el Instituto de Estadística de Cataluña (Idescat) realizaron una encuesta al sector industrial.

Entre los principales resultados, se pudo apreciar que el 15.7% de las empresas industriales ya están dentro del modelo de Industria 4.0, pero en diferentes fases de implantación. Casi un tercio de las empresas industriales necesitan de políticas de apoyo a la innovación en sus diferentes vertientes (información y asesoramiento, contacto con los centros de conocimiento y de I+D, apoyo financiero, etc.). También es destacable el alto porcentaje de empresas que no tienen información sobre qué es la Industria 4.0.

Entre las tecnologías más implementadas por las empresas industriales están: la ciberseguridad (el 84% ya lo tienen), la integración horizontal y vertical de sistemas (el 80% lo hacen), el big data analytics (el 73% de empresas lo hacen), los robots autónomos (70%), el cloud computing (69%) y la Internet de las Cosas (IoT) (61%).

Es interesante observar cuáles son las herramientas que las empresas prevén para el futuro de acuerdo a sus planes estratégicos. Sin lugar a dudas, las tecnologías que hasta el momento no han sido implementadas serán las que avanzarán en los próximos años.

Como es el caso de la realidad aumentada y la fabricación aditiva (impresión en 3D). Las otras dos tecnologías que se prevé que tendrán un desarrollo importante son las simulaciones en 3D y el IoT.

El gran debate ha sido generado respecto de los aspectos positivos y negativos de la digitalización de la industria. La gran mayoría de empresas opinan que faltan perfiles adaptados a las necesidades tecnológicas de la empresa industrial tecnológica del futuro.

Otra de las opiniones mayoritarias es que la inversión requerida en innovación es demasiado alta y las pymes no la pueden afrontar.

Por otro lado, las empresas opinan que la introducción de la industria 4.0 tiene un impacto positivo que tendrá sobre la reducción de los costes de producción y sobre la competitividad.

Con todo ello, queda claramente expuesta la importancia fundamental que tiene la transformación digital tanto para las empresas como para el desarrollo del país o región.

EEUU

La misma situación a la que se enfrenta Europa respecto a la deslocalización de la industria, ha sido vivida en los Estados Unidos. La estrategia manufacturera avanzada impulsada en Estados Unidos por el expresidente Obama buscaba recuperar la actividad industrial perdida por la mencionada situación.

El hecho de que la producción en este país desarrollara su actividad en países asiáticos, además de provocar una pérdida de la producción industrial, impactó en detrimento de las capacidades de investigación, las aptitudes y las habilidades de apropiación de conocimientos de los trabajadores (PCAST, 2011).

Para revertir esta situación, la estrategia estadounidense se focalizó en desarrollar la producción a través del uso y coordinación de la información, automatización, computación, software, sensores y funcionamiento en red.

La creación de la Oficina para la Implementación del Programa de Manufactura Avanzada permitió llevar a cabo la orientación y aplicación de la estrategia con la colaboración de la industria y la academia.

La misión de este organismo fue elaborar futuros escenarios basados en previsiones económicas y pronósticos sobre diferentes áreas (defensa, energía, salud, industria, seguridad, economía y mercados globales). Este trabajo, cumplió un rol clave para orientar la investigación y la infraestructura, con el fin de articular una economía en red (PCAST, 2011).

Las metas estuvieron dirigidas a:

- a) Incentivar apoyos financieros para atraer inversión y retener a las empresas.
- b) Crear incentivos financieros para facilitar la inversión de empresas en otros estados.
- c) Crear apoyo real a las pymes para participar como proveedoras de manufactura avanzada.

A los efectos de potenciar redes que faciliten la información y la competitividad, permitan crear una estructura organizativa de apoyo y fomente la investigación aplicada, en 2014 se lanzó la creación de Manufacturing USA. En este mismo año, con el fin de ahondar en el concepto de digitalización en la producción se crea RAMI (Revitalize American Manufacturing and Innovation), orientada a reforzar la red para la innovación en la producción inteligente.

Al igual que para el caso alemán, aunque ha habido avances en la legislación para asegurar un entorno favorable al desarrollo de la producción inteligente, en EEUU surgen problemas relacionados con la fuerza laboral. En este caso se advierte que el 80% de los trabajadores en la producción carecen de habilidades básicas, para aprovechar al máximo la fabricación inteligente.

Las consultoras Deloitte Consulting and Manufacturing Institute advierten que los directivos de la producción informan que existe una brecha significativa para encontrar talento con las habilidades técnicas (Deloitte, 2017).

Entre las respuestas que se manejan para enfrentar la carencia de capacidades surge:

- a) Ampliar el uso de estándares nacionales para el desempeño industrial (Ezell y Atkinson, 2011)
- b) Apoyar el financiamiento a las instituciones encargadas de la capacitación de la futura fuerza de trabajo (Ezell y Atkinson, 2011).

Las Estrategias planteadas por Estados Unidos para posicionarse en la producción avanzada y los acuerdos de colaboración interinstitucional para sostenerlos se detallan en la siguiente tabla.

| Estrategias para posicionarse en la manufactura digital | Acuerdos de colaboración interinstitucional para reforzar la vinculación y transferencia de conocimientos | Principales actividades emprendidas |
|---|---|--|
| Creación del Programa Nacional de Manufactura Avanzada. Principales medidas: <ul style="list-style-type: none"> • Aumento del volumen y calidad del gasto • en I+D con planes a largo plazo. | Creación de la oficina para implementación del Programa de Manufactura Avanzada con estrecha vinculación con la industria y la academia. El programa federal de Asociación para la Manufactura (MEP) provee asistencia técnica | Elaborar pronósticos sobre diferentes áreas: defensa, energía, salud, seguridad, mercados globales. Construcción de mapas de rutas críticas para obtener objetivos específicos, con plazos y fondos estables. |

| | | |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Apoyos específicos para tecnologías emergentes. • Difusión de clústeres tecnológicos, con capacidad de investigación conjunta. • Cambio de estrategia comercial frente a los países asiáticos. • Aumentar la capacidad de la fuerza de trabajo en ingeniería, matemáticas y ciencias. • Política de expansión de la reserva federal para inyectar liquidez a la economía. | <p>a las pymes para incorporarse a las cadenas.</p> <p>Creación de nuevos programas a nivel de las universidades para asegurar el liderazgo en manufactura avanzada.</p> <p>Creación de un fondo nacional a nivel gubernamental para Manufacturing Fellowship and Veterans.</p> <p>La industria se compromete a incluir jóvenes graduados en programas conjuntos con la universidad.</p> <p>Organizaciones intermedias que desarrollan un trabajo colaborativo por sector.</p> <p>Creación de la Red Nacional de Institutos para la Innovación en Manufactura.</p> <p>Red Nacional para la Innovación de Manufactura (NNMI) en 2014 se transformó en Manufacturing USA.</p> | <p>Creación de un Portal Nacional sobre Manufactura Avanzada.</p> <p>Mejoras en la política comercial y en el clima de negocios.</p> <p>Actualización de la política energética.</p> <p>Red de Manufacturing USA creación de 8 institutos de enlace e investigación avanzada. Creación de FabLAB.</p> |
|---|---|---|

Tabla Nº 2. Resumen de las estrategias planteadas por EEUU. Fuente: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), M. Casalet (2017).

CHINA

En China, la industria manufacturera es un pilar de su economía. Su desarrollo está basado tanto en materias primas y mano de obra barata además de otros factores para lograr una ventaja competitiva. Esto le ha permitido a China convertirse en la mayor economía productora.

Para aprovechar las ventajas de la globalización, desde el año 1999, China bajo la consigna "Going Global", incentivó a sus empresas a que invirtieran en el exterior. Dicha decisión estratégica de expandirse en el extranjero fue con el objeto de abrirse a nuevos mercados y hacerse con tecnología avanzada que hasta el momento no poseían. Como contrapartida se reactivó la demanda interna deprimida que permitió estimular la fabricación en China. (Wübbeke y Conrad, 2015; Xia, 2016).

A partir del Plan General de China 2025 lanzado a fines del año 2014, se propone una estrategia de desarrollo para potenciar la fabricación en el país. A continuación, en el año 2015 el gobierno lanza la iniciativa Made in China 2025, con el objetivo de apostar por la producción inteligente y consolidar la industria 4.0 ya que quieren volverse líderes en el año 2050.

Las metas estratégicas de crecimiento de Made in China se plantearon en cuatro pasos:

1. En 2020 haber alcanzado la fabricación digital y contar con el 40% de suministros clave provenientes de fuentes nacionales, con el objetivo de remitir gradualmente los problemas en la cadena de valor.
2. En 2025 el interés está enfocado en mejorar la capacidad de innovación y la calidad general de la fabricación logrando de esta manera mayor productividad.
3. En el año 2035, quieren consolidar el talento tanto para la conducción de los procesos como para la formación del personal administrativo y directivo.
4. Para el 2050, en el centenario de la fundación de la nueva China, el sector manufacturero se consolidará para convertir a este país en un líder entre los industrializados (Li, 2017).

Si bien los números muestran la buena marcha de las estrategias planteadas, no podemos dejar de analizar las deficiencias descritas por algunos autores. En base a esto, Zhang et al., 2016, presenta algunos inconvenientes que consideran clave y que deberían resolverse. El autor menciona aspectos tales como la estructura industrial desmesurada, la tecnología relativamente atrasada y un exceso de productos de deficiente calidad, además de la falta de tecnología base y un bajo nivel de informatización.

Otro conjunto de autores tales como Kshetri, 2016a; Lan y Hao, 2015, junto a Zhang et al., 2016, coinciden en que otro de los inconvenientes que presenta China es poca solidez de la industria para la innovación de forma independiente. El core tecnológico y los mejores equipos dependen de fuentes externas.

Los autores desarrollan un análisis muy valioso de cara a entender la verdadera situación de China. Estos coinciden por un lado en la falta de tecnologías de base y por otro, en la producción de computadoras la cual está concentrada en el negocio de procesamiento y ensamblaje. El mismo problema lo tienen en la industria automotriz. Actualmente China es un gran productor y consumidor de automóviles. El diseño de vehículos, partes e I+D están controlados por Mercedes Benz, GM, Toyota y otras compañías multinacionales. La cadena de valor superior la ocupan las empresas multinacionales, mientras que las empresas chinas ocupan solo los niveles más bajos (ensamble y fabricación de piezas). (The Statistical Communique on National Economic and Social development in China in 2014, 2015; Shuo, 2015).

Una mirada más reciente a la evolución de la IND 4.0 viene dada por el análisis que presentan Feldman y Girolimo, 2021, quienes muestran ciertas iniciativas de los países líderes.

Los autores ponen en relieve un contexto oligopólico marcado por el dominio tecnológico de ciertas empresas tales como Google, Microsoft, IBM, GE entre otras, y se asocian en red con otras empresas industriales tales como Siemens Bosch, ABB, Philip, Honda, lo cual hace que países líderes como Alemania y Estados Unidos ocupen un rol

preponderante en el desarrollo de esta industria. Este rol también es impulsado por las propias capacidades de sus sistemas de innovación. Todo esto es posible también ya que se suma la participación del Estado en cuanto a la creación de programas para dar dirección estratégica a sectores fundamentales para la economía.

En cuanto a China se refiere, Feldman y Girolimo, 2021, coinciden con Casalet, 2018 en que este país exporta mayoritariamente manufacturas de medio y alto contenido tecnológico. La transformación China hacia el liderato de la manufactura industrial responde a las estrategias apoyadas en la compra de empresas europeas y estadounidenses de alta tecnología con el objeto de adquirir conocimientos en el uso de la tecnología. Con dicha tecnología intentan dar apoyo a sus propias empresas para mejorar la competitividad, estimular la formación del capital humano en países extranjeros y aumentar la inversión en I+D.

Las principales características que podemos rescatar de los países líderes en el desarrollo de la IND 4.0, a pesar de sus diferencias, son tres y que aparecen como los pilares de la situación descrita anteriormente. La primera es la inversión estatal, desarrollo de políticas públicas para la promoción de la IND 4.0 y la creación de un marco regulatorio para la actividad científico tecnológica e industrial. La segunda está relacionada con la interacción entre las grandes empresas, las Pymes, Universidades y Estado. Finalmente, la tercera característica está relacionada con la implementación de mecanismos de cooperación internacional.

A modo de conclusión podemos ver que Alemania, a través del modelo planteado, pretende mantener su rol de líder en innovación industrial, siguiendo una estrategia considerada de supervivencia. Por su parte Estados Unidos, a través de su modelo, pretende digitalizar el aparato industrial para transformarse en un líder innovador, teniendo en cuenta que ha sufrido la deslocalización de sus empresas en la década de los 70, es decir, busca recuperar el liderazgo que fue cediendo por razones obvias. Finalmente, el modelo chino busca posicionar al país como un líder mundial, quedando en el grupo de los países innovadores industriales, modificando su matriz productiva y sus exportaciones.

De acuerdo al análisis de Feldman y Girolimo (2021), las estrategias están enmarcadas por una disputa entre Estados Unidos y China, que no es solamente geopolítica, sino que también hay una fuerte competencia por tener el dominio tecnológico, principalmente con la vista puesta en el desarrollo de infraestructura de red 5G. Mientras tanto, Alemania se posiciona como líder de la Unión Europea, pero ésta aparece como un grupo más dependiente de EEUU y de China respecto al desarrollo de tecnologías para la IND. 4.0.

INDUSTRIA 4.0 EN LATINOAMÉRICA

El contexto Latinoamericano se puede ver representado por múltiples condiciones estructurales con una gran similitud a lo expuesto para los casos de Alemania, Estados Unidos y China.

Para comenzar, de acuerdo a Feldman y Girolimo (2021) podemos decir que los países de la región latinoamericana presentan 4 situaciones específicas respecto a la situación actual de desarrollo de la IND 4.0.

En primer lugar, se puede ver una gran dependencia tecnológica, lo cual les obliga a importar la mayoría de las tecnologías para el desarrollo industrial. A su vez esto impacta negativamente en la posibilidad de generar capacidades propias de la región, quedando en la categoría de terciario importador en lugar de ser primario exportador. (Castillo et al. 2017). Según Ramírez Gallego y Sztulwark (2018) esto incrementa la brecha tecnológica entre países.

En segundo lugar, en cuanto a las capacidades de adopción de TICs, los autores observan que hay un atraso persistente que incrementa la brecha entre las economías desarrolladas y las emergentes. (Brixner et al 2019).

En tercer lugar, se menciona la debilidad de los sistemas nacionales de innovación. En este caso estos sistemas están caracterizados por el déficit de transferencia entre los sectores de ciencias y los productivos, agravado por la falta de sinergia entre las partes. (Casas y Luna 2011; Arocena y Sutz 2014).

Finalmente, en cuarto lugar, se resalta el marcado atraso en infraestructura tecnológica y en la conectividad. Esto se ve reflejado, según el autor, en que el 35% de la población tiene cobertura 4G, con velocidad de banda ancha menor a 300 kbps y una velocidad de descarga por debajo de 50 Mbps, todo esto acompañado por una muy baja densidad de sensores y robots. (Castillo et al 2017: 561).

Enmarcado en esta situación, Latinoamérica se encuentra condicionada por tres aspectos inherentes al funcionamiento de la economía global. El primer aspecto, tiene que ver con el retorno de las empresas que cambiaron de localidad, impulsados por la mano de obra barata y el costo energético como los principales factores. Es decir, que se percibe una relocalización de las empresas a sus países de origen. (Basco et al. 2018).

El segundo aspecto, está relacionado con la descentralización de los procesos productivos bajo el concepto de manufactura distribuida. Este modelo plantea la posibilidad de producir muy cerca del cliente de forma personalizada. (Basco et al. 2018).

Finalmente, el tercer aspecto que condiciona a Latinoamérica, es la ampliación de la brecha de conocimiento entre las economías centrales y periféricas. Aquí es donde se hace evidente la importancia de reformular los sistemas de educación, lo cual toma un valor preponderante a la hora de disminuir la mencionada brecha y a la hora de generar capacidades aplicables a las necesidades del nuevo paradigma tecnológico. Para ello,

son necesarias habilidades tanto duras: matemáticas, ingeniería, informática, electrónica y el análisis de datos, como blandas: pensamiento crítico y creatividad (Basco et al. 2018).

Autores como Gutman et al. 2018; Brixner et al. 2019 y Stulwark, 2019 explican que para que los países Latinoamericanos puedan cambiar la condición que ha quedado expuesta anteriormente y con ello aprovechar la oportunidad que otorga la transformación tecnoeconómica, los países de la región deberán superar las deficiencias en las capacidades industriales y tecnológicas.

A partir de la revisión de la bibliografía que hemos analizado para este trabajo, podemos describir aspectos de la evolución de la digitalización en países tales como Argentina, Brasil, Chile, Colombia y México.

Feldman y Girolimo (2021), resaltan algunos sectores desde los cuales se puede impulsar el cambio. Los mismos mencionan al sector automotriz, el espacial, el agropecuario y el químico. Sumado a esto, otro factor que influye en el desarrollo de la industria es la presencia de importantes empresas multinacionales, lo cual es el factor común entre Argentina, Brasil y México. Son estas empresas las que tienen capacidad de hacer frente a los cambios tecnológicos.

Los límites que se perciben en los países latinoamericanos en general vienen dados por el déficit de capital humano con los conocimientos necesarios. Es conveniente aclarar que este factor es transversal a nivel mundial. Sin embargo, dado el grado evolutivo de cambio en países tales como EEUU, Alemania, China, etc. se puede observar un cambio importante ya en marcha para resolver este déficit. Los límites también vienen dados por aspectos que hemos mencionado anteriormente como lo son la infraestructura y conectividad deficientes.

Si analizamos el aspecto científico tecnológico, como otro factor a tener en cuenta en el análisis de la situación de los países latinoamericanos con respecto al desarrollo de la digitalización, encontramos indicadores tales como la inversión en I+D respecto del PIB, cantidad de patentes e investigadores dedicados a I+D por millón de habitantes.

| PAÍS | Nº PATENTES | INV. DEDICADOS |
|-----------|-------------|----------------|
| Argentina | 393 | 1.231 |
| Brasil | 5.480 | 888 |
| Chile | 372 | 510 |
| Colombia | 369 | 88 |
| México | 1.334 | 349 |

Tabla Nº 3. Indicadores de desarrollo tecnológico. Comparativa entre Inversión en I+D, Número de patentes e Investigadores dedicados
Fuente: elaboración propia.

Si ampliamos el análisis y realizamos la comparación de los países latinoamericanos respecto de los que se consideran líderes en términos de digitalización, podemos ver que la brecha es muy amplia, la siguiente tabla muestra un resumen comparativo de la inversión en I+D tanto de ciertos países latinoamericanos como los líderes.

| PORCENTAJE DE INVERSIÓN EN I+D RESPECTO AL PIB | |
|---|-------------------|
| PAÍS | INCREMENTO |
| Alemania | 3,03% |
| Argentina | 0,54% |
| Brasil | 1,27% |
| Chile | 0,34 |
| China | 2,14% |
| Colombia | 0,29 |
| EEUU | 2,81% |
| México | 0,33% |

Tabla Nº 4. Comparativa de la inversión en I+D respecto al PIB. Fuente: elaboración propia.

Si bien estos indicadores permiten tener una idea macro de la situación de la evolución de la industria en el proceso de cambio hacia la digitalización, no hemos encontrado en la bibliografía revisada, indicadores de impacto con los cuales analizar cómo la inversión de los Estados está penetrando en la industria en general.

Así como hemos visto, en los países líderes analizados, una clara participación del Estado para estimular el proceso de cambio, en Latinoamérica también se está trabajando en ese sentido.

Políticas públicas

EL análisis reciente de los países latinoamericanos, describe las capacidades que tienen en común países, como lo son Argentina, Brasil y México. Sin embargo, en cuanto a las políticas públicas para promover la IND 4.0, la bibliografía no muestra que los países analizados presentan alguna similitud.

México, desde el Ministerio de Economía, desarrolla una estrategia que involucra tanto a la Academia como al sector empresarial, denominada Crafting the future: roadmap for industry 4.0, lo cual marcó el punto de partida del proceso de digitalización en este país.

La estrategia implica el desarrollo de tres líneas de acción²:

- Desarrollo de clúster tecnológicos
- Liderar el desarrollo del Internet de las cosas (IoT)

² Secretaría de Economía Mexicana 2016

- Incrementar las redes de colaboración entre el sector público, privado y la academia, lo que se conoce como la triple hélice.

La estrategia planteada, ha dado lugar a crear el Consejo Consultivo de IND 4.0, el cual es el órgano máximo de su estructura organizativa que coordina un conjunto muy amplio de actores, los cuales están organizados en grupos de trabajo según los siguientes temas: ciberseguridad, infraestructura, alineación con las políticas públicas, automatización inteligente, educación y adopción de tecnología, costos de transición, financiamiento y comercio electrónico.

También han impulsado el desarrollo de la industria del Software, a través del programa Prosoft, poniendo a disposición fondos no reembolsables destinados a desarrollar los siguientes aspectos:

- a) Procesos innovadores en sectores estratégicos,
- b) Desarrollo tecnológico y la adopción de tecnologías para estimular la transferencia de conocimientos,
- c) Generación de capital humano especializado, e
- d) Implementación de las tecnologías 4.0 para la innovación en procesos y productos, y la digitalización de servicios.

Con la mirada puesta en uno de los problemas transversales a esta industria, que es el capital humano capacitado. México ha desarrollado los Centros de Innovación Industrial (CII), vinculados con algunos de los grupos de trabajo mencionados en el párrafo anterior.

Para el caso de Brasil, podemos observar una estrategia que incluye 4 líneas de acción, apoyadas en cinco áreas de gobierno: los ministerios de Economía, de Servicios de Industria y Comercio, de Ciencias, Tecnología, Innovación y Comunicación, Hacienda y el Banco Nacional de Desarrollo. Las líneas de acción mencionadas son:

- a) Inversión en I+D en tecnologías 4.0.
- b) Estimulación de alianzas público privadas entre empresas, cámaras, sindicatos y el gobierno.
- c) Líneas de financiamiento para la adopción de tecnología enfocadas al sector Pyme.
- d) Incentivos a la adopción de tecnología 4.0 enfocados al sector automotriz, y el de las telecomunicaciones.

Para los casos de Chile y Colombia, en la bibliografía revisada no se ha encontrado evidencia clara que destaque un punto de inflexión a partir del cual se pueda atribuir el inicio del cambio de la industria hacia la digitalización, como vimos para los casos de México, Brasil y Argentina.

Sin embargo, los autores revisados que analizan la situación de la industria 4.0, tanto de Chile como de Colombia, exponen la necesidad de desarrollar estrategias basadas en

políticas, las cuales coinciden con las que ya se están desarrollando en México, Brasil y Argentina (Meller et al.2020), pero que hasta el momento no la están desarrollando.

Por lo tanto, para el caso de Chile los autores proponen llevar a cabo las siguientes políticas:

- En cuanto a la Infraestructura y Formación: el Estado debe coordinar diversas políticas vinculadas a la investigación científica, la tecnología, inversión en infraestructura informática, políticas regulatorias, educación y capacitación.
- En cuanto al Financiamiento: El Gobierno debe apoyar a las empresas existentes y nuevas en el proceso de digitalización.
- En cuanto a la Organización: deberán crear una Comisión Especial que elabore una Hoja de Ruta para lograr la inserción de Chile en la Cuarta Revolución Industrial.

Con respecto a Colombia, un estudio realizado por la Oficina de Planeación y Estudios Sectoriales (2019) denominado Aspectos básicos de la Ind. 4.0, expone el rol que debería ejercer el Estado en el proceso de digitalización. En este informe los autores Petrillo et al. (2018) describen algunas de las políticas nacionales o regionales que deberían llevarse a cabo:

- Planes de educación específicamente en temas de fabricación.
- Planes de inversión para estimular la adopción de tecnologías.
- Planes de educación centrados en informática y producción inteligente.
- Políticas para abordar el problema de la estructura social en general.

Haciendo un análisis de estos países podemos observar que comparten un diagnóstico general y que está relacionado con el déficit de incorporación de tecnología 4.0 a todo el sistema productivo empresarial, el desequilibrio en cuanto a la distribución de capacidades tecnológicas a nivel territorial y la falta de capital humano especializado. Teniendo en cuenta este diagnóstico, se ha podido identificar ciertos rasgos comunes en los instrumentos propuestos para estimular la innovación, como son las exenciones impositivas y / o líneas de financiamiento en sectores estratégicos.

Los autores expresan que México orienta su estrategia hacia la creación de redes multiactorales por medio del estímulo de clústers tecnológicos en áreas vinculadas a la industria 4.0 en distintas regiones del país. Así mismo, consideran que es vital priorizar la especialización del capital humano en áreas estratégicas. Dicho país quiere convertirse en el líder regional en cuanto a la Ind 4.0.

A pesar de que Argentina será tratada de forma independiente, se puede observar que el plan Nacional Industria Argentina 4.0 está enfocado a la digitalización e informatización de la producción y está focalizado en otorgar exenciones impositivas a

las empresas productoras de Tecnología 4.0. Sin embargo, hasta el momento dicho plan no registra avances significativos.

Recién en el 2019, Brasil comienza a dar sus primeros pasos en la conformación de una alianza público-privada de carácter federal para crear una agenda de transformación digital de la industria y la Cámara brasilera para la Ind. 4.0. En dicha cámara se pretende agrupar a todos los actores involucrados en las políticas de desarrollo de la Ind. 4.0.

Tanto Chile como Colombia, también han tenido los mismos deseos de crear ciertas alianzas para acelerar dicho proceso de cambio, pero que hasta el momento no ha sido puesto en práctica.

INDUSTRIA 4.0 EN ARGENTINA

Como ya se ha dicho Argentina aparece junto a México y Brasil como los 3 países de Latinoamérica con mayor potencial para desarrollar la Ind. 4.0. (Felman y Girolimo, 2021). Según estos autores la situación de Argentina presenta 4 características:

- Alto nivel de dependencia tecnológica, lo que implica la necesidad de importar tecnología;
- Atraso persistente en el desarrollo de capacidades tecnológicas y organizacionales para la adopción de tecnología en el tramo productivo en general y en la industria en particular;
- Fuerte debilidad del sistema nacional de innovación, caracterizada por el déficit de transferencia tecnológica, por último,
- Déficit generalizado en la infraestructura tecnológica y la conectividad.

El tema de la Ind. 4.0 ingresa en los últimos años a la agenda del gobierno argentino y aunque con avances todavía modestos se ha iniciado un camino de diseño de políticas para su promoción.

En el año 2019 se lanza el Plan Industria Argentina 4.0 que establece la creación de un Comité Ejecutivo 4.0 y un Consejo Asesor Ind. 4.0, con lo cual se busca promover las capacidades tecnológicas de las empresas por medio de la incorporación de tecnologías y fortalecer redes institucionales de apoyo tecnológico y empresarial.

Además, se promovieron otras iniciativas para estimular la innovación tecnológica en Pymes industriales, las cuales fueron desarrolladas por la Secretaría de Pequeñas y Medianas Empresas y Desarrollo Regional (SEPIME) y el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI).

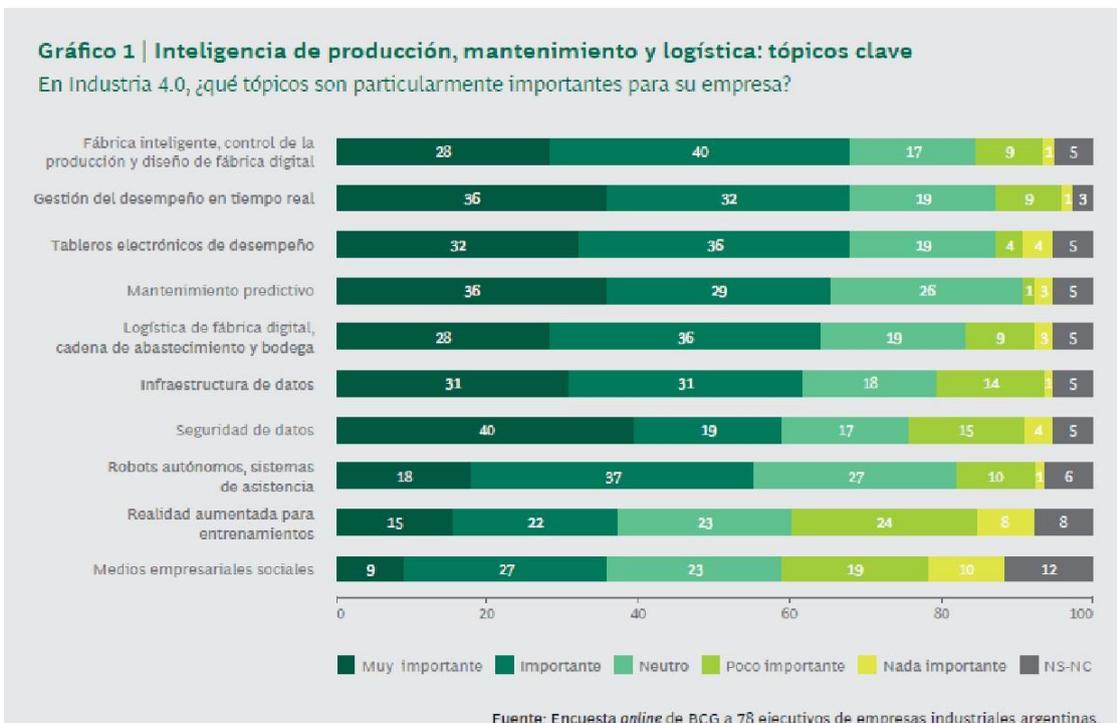
En el año 2020, se sancionó la Ley 27.506, que establece un Régimen de Promoción de la Economía del Conocimiento. Dicha ley incorpora nuevas actividades productivas al Régimen de Promoción, entre los que se encuentra la Ind. 4.0. Por último, se crea el Fondo Fiduciario para la promoción de la Economía del Conocimiento (FONTEC) dirigido a las pequeñas y medianas empresas.

En el año 2017, **The Boston Consulting Group (BCG)** y la Secretaría de la Transformación Productiva del Ministerio de Producción de Argentina, realizaron una encuesta online a 78 ejecutivos de 66 grandes empresas industriales argentinas. El 41% de las empresas de la muestra tienen más de 1.000 empleados, el 18% entre 501 y 1.000, el 28% entre 101 y 500, y el 13% tiene 100 o menos. Este trabajo buscaba reconocer el avance en la digitalización de los procesos productivos e identificar los desafíos más importantes para llevar a cabo dicha digitalización.

Si bien los datos recolectados permiten observar que la Industria 4.0 está dentro de la agenda de la planificación empresarial. A pesar de ello, sólo un 30% han llevado adelante acciones concretas. Además, al igual que en los otros países analizados, el tema fundamental a solucionar es la falta de personal calificado.

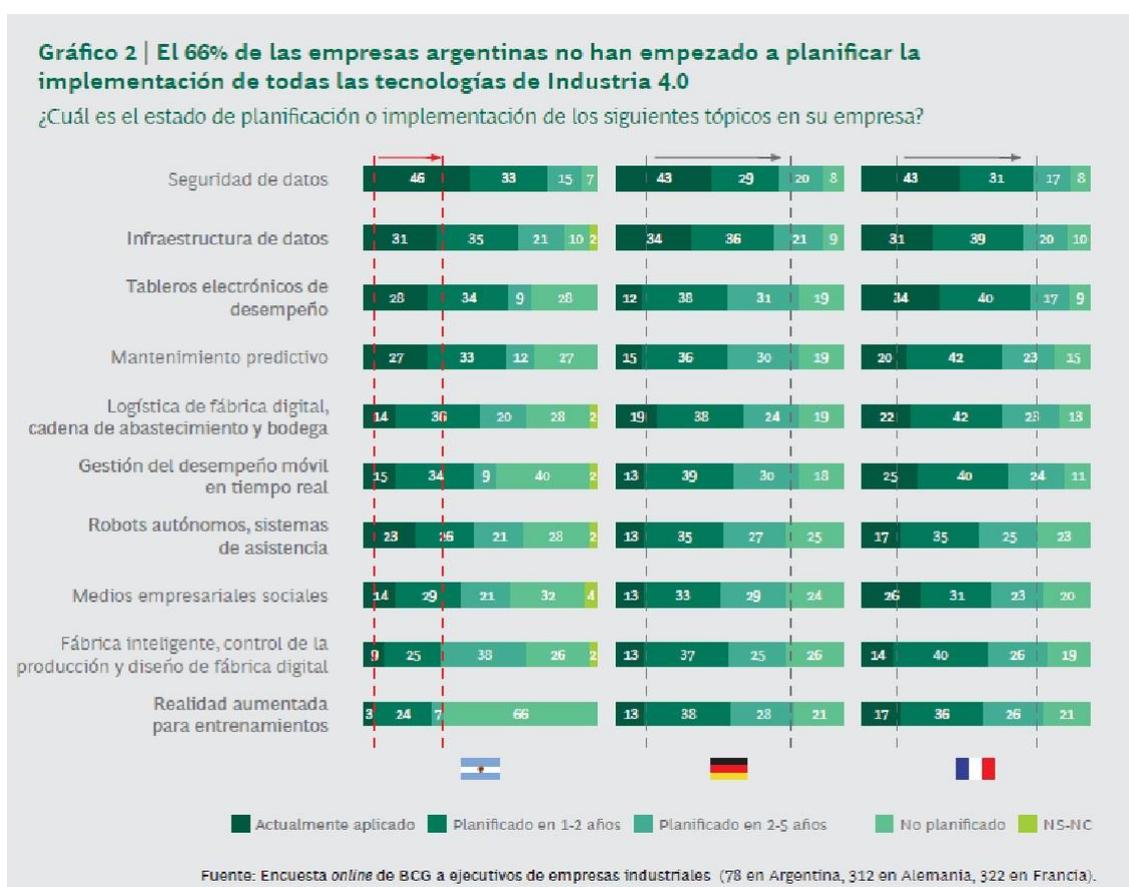
Siguiendo el informe realizado por esta consultora, Argentina no está ajena a la evolución tecnológica mundial y “cuatro de los seis unicornios de América Latina son empresas locales”. Además, debemos tener en cuenta que las principales multinacionales de servicios en el conocimiento se encuentran desarrollando sus actividades en el país.

En dicho informe, el gráfico N° 1, muestra que el 76% de los encuestados consideran que los tópicos más importantes son los que están relacionados con fábricas inteligentes, control de la producción y diseño de fábricas digitales, gestión del desempeño en tiempo real, tableros electrónicos de desempeño y mantenimiento predictivo.



En cuanto a la incorporación de nuevas tecnologías, los resultados muestran diferentes etapas de adopción. El 41% de las empresas comenzaron a desarrollar los primeros conceptos, el 27% ha implementado medidas concretas, el 22% afirma no estar preparado para llevar adelante la transformación, y finalmente, el 9% comenzó a preparar el modelo de negocio.

Siguiendo con el análisis realizado por la BCG, los resultados indican que el mayor grado de desarrollo de digitalización en las empresas se da en la implementación de tecnologías que se ocupan de la seguridad e infraestructura de datos, ya que son tecnologías relativamente con un bajo costo de implantación. Por otro lado, el menor grado de desarrollo, se encuentran en la implementación de tecnologías relacionadas con la realidad aumentada y con fábricas inteligentes, control de la producción y diseño de la fábrica digital, como lo muestra el Gráfico n° 2 del estudio.



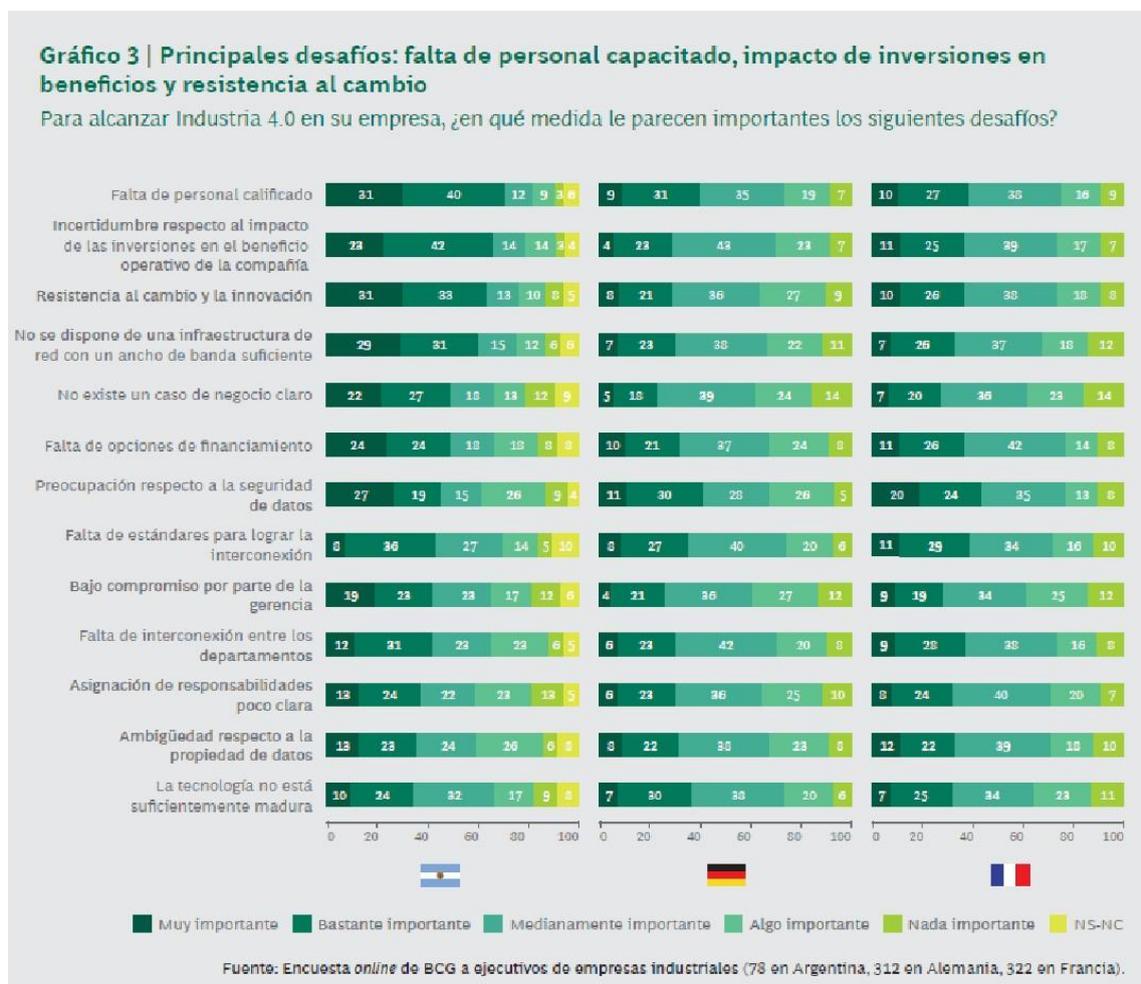
Si hacemos una mirada a futuro, las empresas industriales argentinas deberán esforzarse por lograr el desarrollo que han alcanzado otras empresas en los países más industrializados. Haciendo una comparación, más del 70% de las empresas de los países más industrializados cuentan con planes para incorporar todas las tecnologías de Industria 4.0, pero en los próximos cinco años, sólo el 34 % de las empresas argentinas cuentan con ello.

Haciendo un análisis comparativo entre las respuestas de los Ejecutivos de países como Francia, Alemania y Argentina, respecto a los beneficios que en términos de productividad trae aparejado la adopción de Industria 4.0, se percibe una coincidencia en las respuestas, concretamente el 72% de los ejecutivos argentinos, el 75% de los alemanes y el 70% de los franceses, tienen la misma idea sobre el impacto que provoca.

Respecto al impacto de la Industria 4.0 en cuanto al crecimiento de los ingresos, los resultados muestran que el 48% de las empresas de Alemania, el 46% de las empresas de Francia y solo el 28% de las empresas de Argentina, coinciden con esta idea.

Desafíos que las empresas argentinas deberán resolver

Los desafíos a los que deberá hacer frente la Argentina según los encuestados será resolver la falta de personal calificado, la incertidumbre respecto al impacto de las inversiones en las ganancias de la compañía y la resistencia al cambio y a la innovación, según se puede observar en el Gráfico N°3 del estudio.



Del estudio se desprende que no todos los desafíos planteados a nivel global son percibidos como tal en la Argentina. El caso de la ciberseguridad y la madurez de la tecnología y los estándares para la interconexión, para los empresarios argentinos no

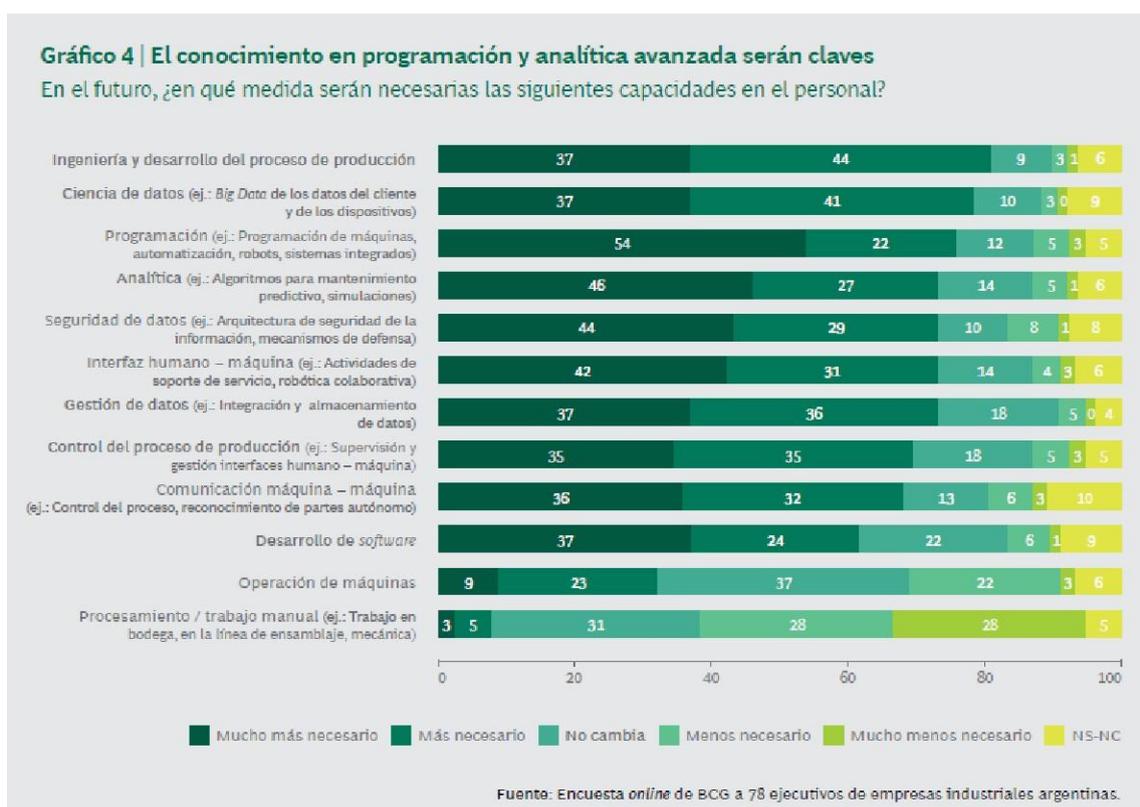
resultan de primera importancia a resolver, debido al escaso avance en la absorción de tecnología.

Finalmente, las empresas argentinas tienen que hacer frente a desafíos particulares como lo son el mercado laboral, la oferta limitada de proveedores locales y los precios elevados que dificultan su adopción.

El capital humano, el principal desafío

Dado que dicha transformación requiere nuevas capacidades, el capital humano aparece como uno de los factores más relevantes para alcanzar la digitalización en Argentina según los datos recabados en la encuesta.

Las capacidades que serán más demandadas en los próximos años son: por un lado la ingeniería y el desarrollo del proceso de producción y, por otro, la ciencia de datos. Esto se puede ver claramente en el Gráfico N° 4 del estudio.



El 74% de los empresarios argentinos expresan que la capacitación y la formación continua son las medidas fundamentales para gestionar el cambio apoyado en el desarrollo de las nuevas capacidades. Debido a ello, los ejecutivos ponen en relieve la importancia de tener convenios con las universidades, para lograr tener un personal más calificado.

CONCLUSIONES

MEDIDAS IMPLEMENTADAS: LOS GOBIERNOS DE DISTINTOS PAÍSES POTENCIAN LA TRANSFORMACIÓN

Dados los potenciales beneficios que implica la incorporación de tecnologías de Industria 4.0 y el nivel de los desafíos a los que se enfrentan las empresas para implementarlas, diferentes gobiernos de todo el mundo han lanzado medidas para estimular esta transformación y acompañar a las empresas en este proceso.

Alemania es el país pionero: en 2011 comenzó a plantear su estrategia de implementación de Industria 4.0. Entre las iniciativas más relevantes se encuentra la creación de una plataforma colaborativa denominada PlattformPa Industrie 4.0 (Plataforma Industria 4.0) que cuenta con más de 250 participantes entre compañías, asociaciones, sindicatos, organismos académicos e instituciones políticas. A través de los hallazgos y las experiencias compartidas por los participantes en esta plataforma, se identifican áreas de acción y se realizan recomendaciones para adaptar el marco político y regulatorio para impulsar la transformación. Los principales desafíos en los que se enfocan son los aspectos relacionados con la estandarización, la seguridad de los sistemas interconectados, el marco legal, la investigación para el desarrollo de nuevas tecnologías, la organización del trabajo y las capacitaciones.

La plataforma brinda ejemplos sobre innovaciones tecnológicas que ya se encuentran en uso, información sobre estas tecnologías y contactos para obtener servicios de asesoramiento. Incluso organiza eventos cuyo principal objetivo es invitar a las pymes para brindarles ayuda sobre cómo avanzar en el mundo de Industria 4.0 y comentarles ejemplos prácticos de la implementación de estas nuevas tecnologías en otras empresas. La financiación de la plataforma proviene principalmente del Estado, quien anualmente asigna un presupuesto para promover iniciativas relacionadas con Industria 4.0; en 2015 se asignaron 200 millones de euros a este programa.

Francia, por su parte, empezó a tomar medidas para acelerar la adopción de estas nuevas tecnologías en el año 2013 y hoy cuenta con el programa denominado Industrie du futur (Industria del futuro), cuyo objetivo es modernizar la industria francesa. Este programa define e impulsa una serie de tecnologías clave que sirven de guía a las empresas francesas para priorizar su implementación y acelerar la transformación, tales como sensores, Big Data, simulación e internet de las cosas, entre otras. Como parte del programa, el Gobierno creó una alianza que involucra a industrias, universidades, centros de investigación e instituciones del Estado para compartir experiencias y dar ejemplos concretos de la aplicación de estas tecnologías como manera de expandir las actividades de innovación. Adicionalmente, Francia impulsó una asociación con la Plataforma Industria 4.0 alemana para aprovechar el conocimiento más avanzado de la industria de ese país.

El diseño de las políticas francesas tiene como eje la importancia de apoyar el proceso de Industria 4.0 en las pymes. Por eso, las políticas plantean iniciativas que fomentan la formación de nuevas capacidades del personal y brindan apoyo financiero en forma de subsidios, beneficios fiscales, préstamos y fondos que tienen como principal objetivo dar apoyo a proyectos transformacionales con foco digital.

España también se suma a los países que buscan impulsar la Industria 4.0. En 2014, lanzó una iniciativa conjunta del sector público-privado llamada Industria Conectada 4.0. A partir de esta iniciativa, se determinaron líneas generales de acción, un modelo de gobierno que facilita la implementación y habilitadores digitales que las compañías deben incorporar como una prioridad tales como robótica avanzada, ciberseguridad, Big Data y analítica, entre otras. Con esto, el estado español apunta a garantizar el desarrollo de capacidades necesarias para la transformación, fomentar la colaboración multidisciplinaria a través de plataformas estandarizadas, impulsar el desarrollo de una oferta de estos habilitadores tecnológicos y promover las acciones requeridas para la puesta en marcha de Industria 4.0. Esta iniciativa hace hincapié en la importancia de ayudar a las pymes en el avance en Industria 4.0 a través de apoyo financiero y de la definición de una hoja de ruta estándar para guiarlas en el proceso.

El Gobierno argentino comenzó a promover la innovación, el desarrollo y la adopción de nuevas tecnologías a través de diferentes políticas, entendiendo que estas nuevas tecnologías son la base para modernizar su economía. Las iniciativas tienen como objetivo dar un salto de productividad y aumentar la competitividad de las empresas potenciando su posicionamiento global, mejorando y adaptando la infraestructura y la conectividad, capacitando al capital humano y generando un marco tributario y regulatorio acorde a los requerimientos de la economía del futuro.

El desarrollo de las habilidades y la formación en los nuevos roles requeridos por las tecnologías resultan clave para promover la Industria 4.0 en nuestro país. Programas de formación de capital humano, como el Plan 111 mil, apuntan a formar profesionales en el desarrollo de software, incrementar la cantidad de ingenieros y brindar capacitaciones específicas en nuevos oficios digitales.

Por otro lado, lograr la transformación tecnológica requiere adaptar la infraestructura, la conectividad y el marco regulatorio. La Ley de Software, el Programa de Desarrollo de Proveedores, el Fondo Tecnológico Argentino y la reglamentación de la Ley de Biotecnología sientan las condiciones iniciales para el despegue de las empresas de base tecnológica. El plan de mejora en la calidad de las comunicaciones y la extensión de la red de internet, por su parte, promueven una mayor adopción de estas tecnologías. En esta misma dirección, la creación de la Agencia Argentina de Inversiones y Comercio Internacional y la Ventanilla Única de Comercio Exterior buscan atraer inversiones en sectores y tecnologías estratégicas, logrando así posicionar a las empresas argentinas a nivel mundial. A su vez, se está trabajando en un nuevo marco regulatorio en materia de protección de datos personales, que impulse el desarrollo y la innovación garantizando la seguridad y los derechos de los ciudadanos.

Para el futuro en la agenda de política pública figura multiplicar el impacto de estos programas generando e implementando nuevos instrumentos, directamente dirigidos a favorecer la incorporación de tecnologías.

Para gestionar estos desafíos, se deben diseñar una estrategia holística de transformación y elaborar una hoja de ruta con iniciativas concretas. En el corto plazo, las empresas argentinas deberán enfocar sus esfuerzos en preparar los casos de negocio que sustente la adopción de tecnologías y generar el compromiso interno hacia el cambio para pensar cómo incorporar, en el mediano plazo, las capacidades, políticas e infraestructura necesaria.

En primer lugar, es importante que las empresas identifiquen las oportunidades de mejora. Para definir dónde se pueden implementar las soluciones de Industria 4.0 es fundamental identificar los desafíos clave en las operaciones de la empresa. Al mismo tiempo, deben evaluar su progreso en Industria 4.0 y compararlo con las mejores prácticas internacionales para conocer su nivel de madurez.

En segundo lugar, apoyándose en casos de éxito de aplicaciones de Industria 4.0, las empresas pueden identificar oportunidades específicas relacionadas con la implementación de nuevas tecnologías. Luego, deben evaluar las inversiones requeridas, los costos de implementación y los beneficios esperados de cada una de esas oportunidades (tanto financieros como no financieros), para seleccionar las iniciativas prioritarias y distinguir entre las oportunidades de corto, mediano y largo plazo.

Una vez determinada la hoja de ruta, las empresas deben enfocarse en la implementación. Para ello, tienen que identificar los proveedores y evaluar la brecha existente entre las capacidades actuales de su personal y las necesarias para lograr sus objetivos. Finalmente, deben determinar cómo llevar a cabo la capacitación, pensando en preparar a su personal actual o en contratar nuevos talentos en caso de que sea necesario.

Este estudio muestra que las empresas reconocen los potenciales beneficios de la Industria 4.0 y que este tema recién comienza a formar parte de las agendas de los ejecutivos argentinos. Sin embargo, su implementación se encuentra en una etapa inicial y la industria reconoce que existen desafíos puntuales que necesitan afrontar para impulsar Industria 4.0, especialmente la falta de personal calificado y la incertidumbre respecto al caso de negocio. Las compañías argentinas ya comenzaron a tomar medidas concretas para superar estos desafíos. No obstante, para liderar la carrera hacia la implementación completa de Industria 4.0, necesitan ampliar y profundizar su conocimiento práctico sobre tecnologías digitales y sobre sus casos de uso. Este conocimiento proporcionará la base para armar un caso de negocio robusto y desarrollar e implementar estrategias que les permitan avanzar en la transformación, y traducirse todo ello en una hoja de ruta con hitos e iniciativas concretas.

La Industria 4.0 aumenta la productividad y competitividad tanto en los mercados locales, regionales como internacionales, ya que permite hacer eficientes los procesos,

generando nuevos negocios para las empresas y creando puestos de trabajo. Esta es la gran razón por la que los gobiernos de todos los países buscan de diferentes maneras potenciar la economía del conocimiento y acompañar las empresas para que adopten las nuevas tecnologías.

BIBLIOGRAFÍA

Aranguren, M. J., S. Franco, R. Horta y L. Silveria (2016), “Retos y aprendizajes de institutos de investigación transformadora”, *Journal of Technology Management & Innovation*, vol. 11, núm. 1, pp. 69-79.

Arocena, R. y Sutz, J. (2014) “Innovación y democratización del conocimiento como contribución al desarrollo inclusivo”. *Sistemas de innovación para un desarrollo inclusivo. La experiencia latinoamericana*. México: Foro Consultivo Científico y Tecnológico.

Bascon et al (2018). *Industria 4.0: fabricando el futuro*, Buenos Aires: BID-INTAL.

Boston Consulting Group (2020). *Hoja de ruta de la estrategia digital*.

Brettel, M., N. Friederichsen, M. Keller, M. Rosenberg (2014), *How virtualization, decentralization and network building change the manufacturing landscape: An Industry 4.0 perspective*”, *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*, vol. 8, núm. 1, pp. 37-44.

Brettel, M., M. Klein y N. Friederichsen (2016), “The relevance of manufacturing flexibility in the context of Industrie 4.0”, *48th CIRP Conference on MANUFACTURING SYSTEMS-CIRP CMS 2015*, vol. 41, pp. 105-110.

Brettel, M., Fischer, F. G., Bendig, D., Weber, A. R., Wolff, B. (2016), “Enablers for self-optimizing production systems in the context of Industrie 4.0”, *48th CIRP Conference on Manufacturing Systems-CIRP CMS 2015*, pp. 93-98.

Brixner et al (2019). *Industria 4.0: ¿intensificación del paradigma tic o nuevo paradigma tecnoorganizacional?* Buenos Aires: CIECTI.

Canals, C. (2016). *Automatització: La Por del treballador*. Informe Mensual de Febrer de 2016. CaixaBank research.

Carbajosa, A. (2017). “A la caza del trabajador en el paraíso del pleno empleo”. En *Diario El País*.
https://elpais.com/internacional/2017/09/14/actualidad/1505387360_117506.html

Casalet, M. (2017) La Digitalización Industrial: un camino hacia la gobernanza colaborativa. Estudios de Casos. Cepal.

Casas, R. y Luna, M. (2011). "De redes y espacios de conocimiento: Significados conceptuales y de política". Estudio Social de la Ciencia y la Tecnología desde América Latina. Bogotá: Siglo del Hombre Editores.

Castillo et al. (2017). La política industrial 4.0 en América Latina. Políticas industriales y tecnológicas en América Latina. Santiago de Chile; CEPAL.

Deloitte (2017), "Manufacturing USA. A third-party evaluation of Program Design and Progress"[en línea]<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/manufacturing/us-mfg-manufacturing-USA-program-and-process.pdf>.

Ezell, S. y R. Atkinson, (2011), "The case of a national manufacturing strategy", The Information Technology & Innovation Foundation.

Fraunhofer Institute For Systems and Innovation Researche (2015). Analysis of the Impact of Robotic System on Employment in the European Union. European Commission. DG Communications Networks, Content & Technology.

Feldman, P. y Girolimo, U. (2021). La Industria 4.0 en perspectiva latinoamericana: limitaciones, oportunidades, y desafíos para su desarrollo. Revista Perspectivas de Políticas Públicas Vol. 10 Nº20. Págs. 459-491.

Gobierno Vasco (2015), PCTI Euskadi 2020. Una estrategia de especialización inteligente https://www.irekia.euskadi.eus/uploads/attachments/5585/PCTI_Euskadi_2020.pdf.

Gobierno Vasco (2017), Plan de Industrialización 2017-2020. "Basque Industry 4.0 https://www.irekia.euskadi.eus/uploads/attachments/10018/Plan_de_Industrializacio_n.pdf?1500453186.

Gutman, et al. (2018). Territorios y nuevas tecnologías. Desafíos y oportunidades en Argentina. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Punto Libro.

Kshetri, N. (2016a), "Cybercrime and Cybersecurity in India: Causes, Consequences and Implications for the Future," Crime, Law and Social Change, 66 (3), 313-338.

Lan, X. y M. Hao (2015), China and intellectual property rights since joining the WTO, en W. Luolin (ed.), China's WTO accession reassessed, China, Development Research Foundation.

Li, L. (2017), "China's manufacturing locus in 2025: With a comparison of 'Made-in-China 2025' and 'Industry 4.0' ", Technological Forecasting & Social Change, pp. 1-9.

Lorenz et al. (2015). Man and Machine in Industry 4.0. How Will Technology Transform the Industrial Workforce Through 2025? The Boston Consulting Group.

Maiedah, J. (2018). Industria 4.0, competencia digital y el nuevo Sistema de Formación Profesional para el empleo. Revista Internacional y Comparada de Relaciones LABORALES Y DERECHO DEL EMPLEO Volumen 6, núm. 1, enero-marzo de 2018 @ 2018 ADAPT University Press - ISSN 2282-2313.

Meller, P. (2020) INDUSTRIA 4.0-Diseñando el Chile del Futuro.

Petrillo, et al. (2018). Fourth industrial revolution: Current practices, challenges, and opportunities. Digital Transformation in Smart Manufacturing, 1-20.

PCAST (2011), Report on the intersection of the nation's ecosystems and the economy, The White House [en línea] http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast_sustaining_environmental_capital_report.pdf. SMIT, Jan et al. (2016). Industry 4.0. Directorate General for Internal Policies. European Parliament.

Ramírez Gallegos, R. y Sztulwark, S. (2018). América Latina: De la inmovilidad estructural al cambio en la matriz cognitiva. Revista Estado y Políticas Públicas, 6(10); Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, 21-38.

Shuo, H. (2015), Exploring the New Future of Chinese Manufacturing-The Enlightenment of German Industry 4.0 to the Development of Chinese Manufacturing Industry", Journal of China Collective Economy, vol. 6.

Sztulwark, S. (2019). "La condición periférica en el nuevo capitalismo". Problemas del Desarrollo, Revista Latinoamericana de Economía, 51(200), DOI <<https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2020.200.68283>>

WORLD ECONOMIC FORUM (2016). The Future of Jobs. Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution. Global Challenge Insight Report. Wübbecke, J. y B. Conrad (2015), "'Industrie 4.0': Will German technology help China catch up with the West?", China Monitor, vol. 23, pp. 1-10.

Xia, J. (2016). "Convergence and liberalization in China's ICT sector: New market and new ecosystem", Telecommunications Policy, vol. 40, pp. 81-88.

Zhang, X., W. Peek, B. Pikas y T. Lee (2016), "The transformation and upgrading of the Chinese manufacturing industry based on German Industry 4.0", Journal of Applied Business Economics, vol. 18, núm. 5, pp. 97-105.