

Industria 4.0

transformación empresarial
para la reactivación económica

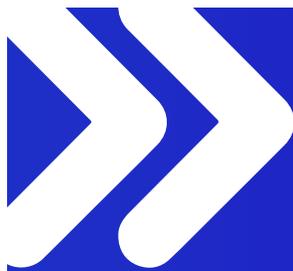


Confecámaras

Red de Cámaras de Comercio

Industria »» 4.0,

transformación empresarial
para la reactivación
económica



Industria

4.0



Julián Domínguez Rivera
Presidente

Clara Ramírez Barbosa
Vicepresidente de Asuntos Corporativos
y Comunicaciones

Mónica Lorena Ortiz Medina
Jefe de Análisis Económicos

Iván Andrés Noreña Salinas
Investigador Económico

María Camila Pradilla Viña
Investigadora Económica



Industria

4.0

Tabla de contenido

Índice de Tablas, Gráficos y Anexos	7
Presentación	8
Resumen Ejecutivo	10
Capítulo 1. Acercamiento a las Industrias 4.0 y su impacto	17
Origen del término "Industria 4.0"	18
Principales elementos de la Industria 4.0	19
Impacto de la Industria 4.0 en la producción	23
Capítulo 2. Industria 4.0 y su rol para afrontar la pandemia de COVID-19	27
Uso de las tecnologías de la Industria 4.0 en los servicios de salud	29
La Industria 4.0 como mecanismo para mitigar los efectos negativos de la pandemia sobre la producción	29
Capítulo 3. Identificación de las empresas de Industria 4.0 en Colombia	31
Capítulo 4. Demografía Empresarial e indicadores de crecimiento: Industria 4.0	35
Industria 4.0: Distribución por intervalos de edad	40
Distribución por segmento relacionado con la cuarta revolución industrial	41
Dinámica de Supervivencia Empresarial de las Empresas en la Industria 4.0	45
Empresas de alto crecimiento	47
Capítulo 5. Determinantes de la Supervivencia de las Empresas en la Industria 4.0	49
Datos	50
Funciones de supervivencia	51
Factores relevantes para la supervivencia de las empresas en la Industria 4.0	54
Anexos	61
Referencias	67



Industria

4.0

Índice de Tablas, Gráficos y Anexo

Tablas y Diagramas

Tabla 1 Principales elementos de la Industria 4.0 y su definición	20
Tabla 2. Número de empresas empleadoras por rangos, 2019	39
Tabla 3. Regresión de Cox	56

Diagrama 1 Proceso de construcción de la base de datos de empresas de Industria 4.0 (2013-2019)	34
--	----

Gráficos

Gráfico 1. Stock de Empresas en la Industria 4.0	37
Gráfico 2. Distribución del tamaño empresarial	37
Gráfico 3. Stock de Empresas Industria 4.0 por organización jurídica	38
Gráfico 4. Stock de Empresas Industria 4.0 empleadoras y no empleadoras	38
Gráfico 5. Distribución del tamaño empresarial de la Industria 4.0 según intervalos de edad (%), 2019	40
Gráfico 6. Distribución de los segmentos de la Industria 4.0 según intervalos de edad (%), 2019	41
Gráfico 7. Stock de empresas por segmento	42
Gráfico 8. Distribución de empresas empleadoras y no empleadoras por segmento, 2019	43
Gráfico 9. Dinámica de creación de empresas en la Industria 4.0	44
Gráfico 10. Dinámica de creación de empresas en la Industria 4.0 por segmento	44
Gráfico 11. Creación neta de empleo relativo al número de empresas que sobreviven	45
Gráfico 12. Supervivencia empresarial en la Industria 4.0 por segmento	47
Gráfico 13. Número de empresas de alto crecimiento y su participación en la creación neta de empleo	48
Gráfico 14. Funciones de supervivencia de Kaplan-Meier	53

Anexo

Anexo 1. Actividades económicas relacionadas con la Industria 4.0	62
Anexo 2. Palabras y frases utilizadas para la identificación de empresas de Industria 4.0	64
Anexo 3. Descripción de las Variables Incluidas en el Modelo de Cox	65

Presentación

La Industria 4.0 es un factor fundamental para dar un salto en la productividad, el empleo, la formalización laboral y empresarial, estimular el desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación, y el desarrollo de estrategias para la promoción de la competencia y la inversión.

En la coyuntura generada por la pandemia de la Covid-19, la tecnología ha permitido que un número importante de empresas continuaran operando debido a las medidas del distanciamiento y otras lograran reinventarse y aprovechar las ventajas de la virtualidad.

La tecnología se está utilizando para dar un salto en la demanda de bienes y servicios con el fin de atender las necesidades generadas por el actual estado de cosas e, incluso, para aliviar algunos de los efectos secundarios más difíciles del distanciamiento social.

Sin embargo, persisten algunas brechas digitales entre hogares, trabajadores y empresas que tienen un mayor impacto especialmente en los segmentos más vulnerables.

Dado que las tecnologías digitales desempeñan un papel crucial en la recuperación y futuro económico del país, garantizar las condiciones correctas para el acceso, cobertura y uso de medios digitales, y el fortalecimiento de habilidades del capital humano y las empresas requiere una agenda integral que permita su fortalecimiento.

Un importante avance lo constituye el Plan Nacional de Desarrollo 2018 – 2022, en el capítulo Pacto por el Emprendimiento, que propende por la “Transformación empresarial: desarrollo productivo, innovación y adopción tecnológica para la productividad”. La meta es que la base empresarial colombiana

esté conformada por empresas dinámicas que diversifiquen su producción, generen un mayor valor agregado y de alta tecnología y aumenten la complejidad de las exportaciones colombianas.

Teniendo en cuenta la rapidez que está tomando la expansión tecnológica, estudiar las industrias que se encuentran dentro de la segmentación de la cuarta revolución industrial es relevante para focalizar esfuerzos de política, para que sean estas industrias los eslabones determinantes en la transformación de la forma de producir y sirvan de soporte transversal a las actividades empresariales que requieran dar un salto hacia la transformación y adaptación digital para seguir operando, permitiendo una reactivación de la economía colombiana.

En este marco, este estudio pretende hacer un análisis de la dinámica empresarial en la Industria 4.0, así como una caracterización de los tipos de empresas

que se encuentran en esta clasificación y las oportunidades que representan bajo la nueva coyuntura económica y social.

Este análisis es posible pues el país cuenta con un gran activo representado en la información empresarial a partir de los registros que administran las Cámaras de Comercio y su renovación anual, que se consolidan en el Registro Único Empresarial y Social - RUES, que cuenta con una memoria histórica del sector empresarial colombiano, dan fe de este y brindan confianza a la actividad empresarial.

Esta fuente de información actualizada es el punto de partida para la toma de decisiones de calidad como insumo fundamental de estrategias públicas y privadas encaminadas hacia la reactivación económica.

Julián Domínguez Rivera
Presidente



Resumen Ejecutivo

La transformación digital ha tenido un papel fundamental para afrontar los desafíos ocasionados por la crisis de la Covid-19 y, en el largo plazo, su papel será crucial para impulsar mejoras en la productividad. Para las empresas que desean perdurar en el mercado, operar en las condiciones actuales y además ser más competitivas, es fundamental adoptar la digitalización para su reactivación y crecimiento.

La transformación digital no se refiere únicamente a procesos, software y tecnología de punta sino también a la promoción de una cultura que sea capaz de adoptar una transformación digital a través de la masificación de medios virtuales para la operación del mercado.

Para ello, es clave estudiar el estado de la revolución digital en Colombia y sus múltiples oportunidades en el marco de la reactivación económica, a través de identificar la base empresarial de nuestro país dentro de la Industria 4.0 y analizar dinámica, demografía y determinantes de su supervivencia.

Un reto que Confecámaras asumió con el presente estudio, dado que los efectos

devastadores de la pandemia no sólo en la esfera de la salud pública sino en el ámbito económico como consecuencia de las medidas de aislamiento para contener la propagación del virus, 'empujaron' un salto digital tanto en la vida cotidiana de las personas y su manera de relacionarse con el mundo, como en la gestión empresarial.

Se trata de un nuevo estado de cosas que se debe profundizar tanto por parte del sector productivo como en materia de políticas públicas, lo que podría marcar la manera como el país asuma los desafíos de la cuarta revolución industrial.

Es este un tema de enorme importancia dado que permite que la economía tradicional y los esquemas productivos coexistan y se fusionen con lo digital abriendo paso a innovaciones en los modelos de negocio, la forma de producir y la organización empresarial.

Dentro de la literatura, la Industria 4.0 se define como el proceso de la cuarta revolución industrial que se caracteriza por el uso de las nuevas tecnologías y entornos digitales y de la información. Entre ellos están los sistemas ciber-físicos, la realidad aumentada y virtual, la inte-

ligencia artificial y la computación en la nube a través de dispositivos comunes, como los teléfonos o los computadores, o dispositivos especializados para facilitar procesos dentro del desarrollo de una actividad económica indistinto de su naturaleza.

Sus aplicaciones se extienden hacia esferas como la manufactura, comercio, educación, la salud, el transporte, la agricultura, la seguridad y la administración pública, entre otras.

El valor de los bienes y servicios ha cambiado radicalmente en los últimos meses y ha llevado a diversas empresas a presentar efectos disruptivos gracias a la transformación digital. No obstante, previo a esta coyuntura en Colombia ya se había empezado a consolidar un segmento empresarial que, de acuerdo con los lineamientos OCDE, realizan actividades que se podrían atribuir a la Industria 4.0.

Es importante anotar que como punto de partida para la identificación de las empresas de Industria 4.0 se tomaron las industrias de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y la comunicación definidas por la OCDE (2017).

Esta identificación se hace con base en la Clasificación Internacional Industrial Uniforme revisión 4 (CIIU rev. 4) y en ella se clasifican 7 segmentos:

1. Industrias de manufactura de las TIC.
2. Industrias de comercialización de las TIC.
3. Industrias de servicios de las TIC.
4. Telecomunicaciones.
5. Programación.
6. Procesamiento de datos.

7. Reparación de computadores y equipos de comunicación.

Dinámica y supervivencia de la Industria 4.0 en Colombia

Utilizando el Registro Único Empresarial y Social – RUES de las Cámaras de Comercio se elaboró un análisis de dinámica y supervivencia de las empresas de este sector, gracias a que la información que consolida permite hacer trazabilidad en el tiempo a las empresas, por lo que la hace una base ideal para realizar análisis de supervivencia empresarial.

En el país, **el conjunto de empresas que conforman la Industria 4.0 tuvo un crecimiento de 7,7% en promedio entre 2014 y 2019**, al pasar de 17.625 empresas en 2014 a 27.431 en 2019, una dinámica de crecimiento superior en 4,2 puntos porcentuales (pps) a la del stock total de empresas formales del país.

Al igual que para el total nacional, el conjunto de empresas de este sector se compone principalmente de **microempresas**. Asimismo, **43 de cada 100 son startups**, es decir, llevan al menos 2 años operando en el mercado.

En su conjunto estas empresas **generan el 2,2% del empleo formal del país** y el 42% son empleadoras, las cuales han tenido un crecimiento del 8% en los últimos 7 años.

El comportamiento de estas empresas, que además **en su mayoría son sociedades**, indica que los siete segmentos productivos que conforman el sector **tienen un mayor nivel de formalidad** y sus negocios han surgido con una alta vocación de crecimiento en el mercado.

Por segmento, las empresas de programación representan un mayor número. Este segmento ha mostrado un crecimiento del 89% entre 2013 y 2019 al pasar de 5.613 empresas a 10.617. Por tamaño, siguen las industrias de servicios TIC que en el mismo periodo han tenido un crecimiento en su número del 38,6% al pasar de 5.507 en el año 2013 a 7.636 en 2019, seguida por reparación de computadores y equipos que ha mostrado un crecimiento del 15%.

De otro lado, el emprendimiento 4.0 se caracteriza por su dinamismo. En el periodo 2014 - 2019 la creación de empresas en este sector tuvo un crecimiento promedio de 7,4%, superior en 4,5 pps al del total nacional, que se ubica en 2,9%.

Tomando como referencia las empresas nuevas matriculadas en el registro mercantil en el año 2014, se ha encontrado que para el total del país de cada 100 empresas sobreviven 34 al cabo de cinco años.

Ahora, tomando este mismo periodo de referencia, se ha encontrado que para el caso de las empresas de la Industria 4.0, al cabo de cinco años sobrevive el 40,2%, cifra superior en 6,2 pps a la del total de la base empresarial creada en 2014.

Dividiendo por segmentos, los de telecomunicaciones y comercialización de las TIC exhiben la tasa de supervivencia más alta.

Determinantes de supervivencia

Analizando en detalle los factores que explican una mayor perdurabilidad de estas empresas se encontró que **aquellas empresas que nacen creando empleos formales y que expanden su tamaño en**

sus primeros años tienen una probabilidad de sobrevivir mucho más alta.

Es así como al evaluar el desempeño de las empresas frente a la escala mínima de eficiencia de su mercado se encuentra que aquellas empresas que generan un nivel de empleo superior a la mediana de empleo generada por empresas dedicadas a su misma actividad económica tienen una mayor probabilidad de sobrevivir. Esto puede ser explicado porque las empresas que generan empleo logran desarrollar estructuras de producción competitivas y con un mayor nivel de eficiencia que favorecen su crecimiento frente a su competencia.

De otro lado, el **acceso a financiamiento** es clave. Aquellas empresas que acceden a mecanismos de financiamiento como las garantías mobiliarias, reducen su tasa de fracaso en 0,15 pps. En particular para estas empresas este factor es determinante puesto que requieren mayores inversiones en tecnología y en capital humano capacitado.

Asimismo, las **empresas que innovan** tienen una prima sobre su tasa de supervivencia que, consistente con los hallazgos de la literatura, resulta ser mayor para las empresas jóvenes y pequeñas que tradicionalmente tienen menos posibilidades de superar el denominado 'valle de la muerte'.

Los **clústers** proporcionan un entorno favorable para el desarrollo empresarial y contribuye de forma positiva a su supervivencia. El estudio muestra que aquellas empresas que se encuentran en sectores en los cuales existen iniciativas clúster tienen una tasa de supervivencia superior. En contraste, las empresas que ingresan a mercados

con una mayor tasa de entrada, es decir, mayor competencia, presentan un mayor riesgo.

En contraste, al evaluar el desempeño de las empresas frente a la **escala mínima de eficiencia** de su mercado se encuentra que aquellas empresas que tienen una escala superior a las que ya se encuentran establecidas tienen una mayor probabilidad de sobrevivir. Esto puede ser explicado porque estas empresas logran desarrollar estructuras de producción competitivas y con un mayor nivel de eficiencia que favorecen su crecimiento frente a su competencia.

Finalmente, las empresas ubicadas en departamentos más desarrollados, de acuerdo con el índice de la CEPAL, tienen una menor probabilidad de fracaso. Esto puede ser explicado por las condiciones favorables para el acceso a crédito o a programas de fortalecimiento empresarial del Gobierno Nacional o de los gobiernos locales que tienen una mayor fortaleza y cuentan con mayores recursos en los departamentos desarrollados, lo que facilita el alcance de los empresarios.

Retos de la transformación digital

Esta base empresarial es un soporte transversal para la transformación digital en Colombia. La experiencia que tienen en sus mercados es un modelo para las demás industrias que requieren de los bienes y servicios que estas empresas ofrecen para impulsar su digitalización o mejorar su uso tecnológico, lo que en el marco de la pandemia y de cara a la revolución industrial que está viviendo el mundo es relevante para que más empresas logren unirse a las cadenas de valor, en particular las mipymes.

La necesidad de las empresas por transformar su negocio fue analizada en la Encuesta Nacional de Medición de Impacto de la COVID-19 realizada por las Cámaras de Comercio. El 30,2% de los empresarios encuestados demandan capacitaciones en ventas digitales y servicio al cliente a través del teletrabajo, 21,5% en marketing digital y manejo de redes y 12% en uso de TICs.

La velocidad del cambio debido a la naturaleza exponencial de los avances tecnológicos, su utilidad en todos los sectores e industrias y su gran capacidad para transformar sistemas enteros de producción, son fundamentales para brindar oportunidades a los empresarios ante las nuevas dinámicas del mercado.

El uso de plataformas digitales ha hecho importantes contribuciones a la reactivación de las empresas al crear nuevas conexiones entre la oferta y la demanda en varios mercados. A su vez, reduce los costos de transacción e intermediación, y permite producción ágil y segmentaciones de mercado gracias a la facilidad para personalizar productos y servicios, que atraen más clientes y los fidelizan (OCDE, 2020).

En conjunto, esto se traduce en mejoras en eficiencia y ha permitido ampliar los modelos comerciales de las empresas de todos los tamaños y amplía el flujo de negocios realizados digitalmente.

En todo caso, esta revolución trae consigo la exigencia de mejores habilidades y capacidades de la fuerza laboral que en conjunto suman una amplia variedad de funciones y profesiones con distintos requisitos educativos y de habilidades blandas.

Por esta razón, las políticas que se diseñen deben garantizar que las habilidades del capital humano del país coincidan con las requeridas por estos nuevos sectores que están avanzando hacia la modernización de su actividad productiva buscando estar a la vanguardia y mantenerse en el mercado.

Teniendo en cuenta los grandes retos que implica la digitalización, la articulación público - privada debe reflejarse en la toma de decisiones que promuevan el uso de las TICs y que innoven los diferentes entornos bajo los cuales el tejido empresarial y social se desenvuelve, puesto que las tecnologías digitales no son independientes del sector, ni de la región.

Esto se verá reflejado en la generación de acciones que promueven un crecimiento sostenido y eficaz que impacta a todos los miembros de la sociedad, a los sectores económicos y a las regiones, adaptándose a las condiciones heterogéneas del país y en particular a las mipymes.

Asimismo, tal como vienen avanzando de manera importante el Gobierno Nacional a través del Ministerio de Tecnología de la Información y las Comunicaciones, garantizar las condiciones correctas para el acceso, cobertura y uso de medios digitales y fortalecimiento de habilidades de personas y empresas.

Lo anterior implica una agenda ambiciosa que requiere una implementación con un enfoque integral que alinee las estrategias de política pública ya demarcadas en el Plan Nacional de Desarrollo con estrategias de desarrollo con amplias agendas digitales, con el fin de posibilitar que la base empresarial 4.0 sea la palanca transversal para que

empresas en otros sectores e industrias logren transformarse.

En ese marco, deben priorizarse las estrategias del CONPES 3975 "Política Nacional para la Transformación Digital e Inteligencia Artificial". Esta iniciativa plantea convertir a Colombia en un laboratorio para la creación de un mercado propio de Inteligencia Artificial donde tengan la posibilidad de interactuar diseñadores, proveedores, intermediarios y usuarios de este tipo de tecnología.

A su vez, el documento de política plantea este segmento de la Industria 4.0 como el componente dinamizador de la Cuarta Revolución Industrial (4RI), y para lograrlo es fundamental fortalecer su base empresarial.

De la mano con estas agendas digitales debe priorizarse una agenda de inversión contra-cíclica que trae réditos sobre la tasa de crecimiento económico del país a la vez que contribuye a mitigar efectos sobre el mercado laboral. La infraestructura y los incrementos en la eficiencia en la cadena logística son habilitadores centrales en la era digital.

Cámaras de Comercio, aliadas de la transformación digital

En estos grandes retos, las Cámaras de Comercio son aliadas de los empresarios y del Gobierno Nacional. Durante esta coyuntura han liderado más de 200 acciones estratégicas con el objetivo de acompañar y apoyar a las empresas de todas las regiones del país durante el aislamiento obligatorio nacional a causa del coronavirus.

En su rol de agencias de desarrollo productivo, las Cámaras de Comercio del país han enfocado sus esfuerzos en

la promoción de iniciativas que buscan mantener activas las ventas de las empresas a través de la promoción de sus productos y servicios, el aprovechamiento de las ventajas de nuevas modalidades para operar como el teletrabajo y el fortalecimiento de sus competencias comerciales en una nueva dinámica de negocios a través del marketing digital y el uso de nuevas plataformas como Marketplaces.

360.903 empresarios han accedido a capacitaciones y asesorías en temas como transformación y marketing digital, beneficios y oportunidades en época de pandemia, temas fiscales y tributarios, innovación, protocolos de bioseguridad, nuevos modelos de negocio, ventas en línea y pagos electrónicos, gestión en tiempos de crisis, emprendimiento y mercadeo.

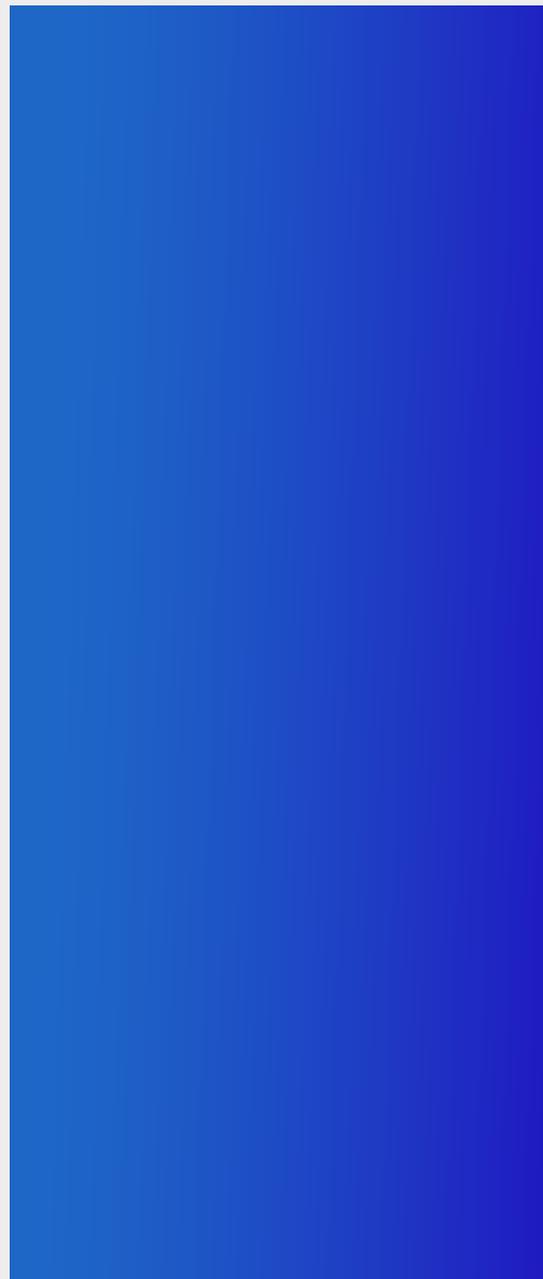
Asimismo, el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones y Confecámaras firmaron un convenio para ofrecer a los empresarios de todo el país a través de las Cámaras de Comercio cursos certificados en comercio electrónico, productividad y operaciones, administración y planeación estratégica, con contenidos de alto valor agregado sobre temas empresariales y de fortalecimiento de habilidades digitales y acceso prioritario al programa Tiendas Virtuales para 4.000 microempresarios.

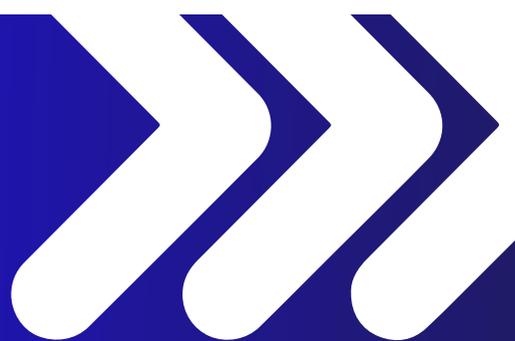
Asimismo, implementan del programa Co-Innova en conjunto con el Ministerio de para apoyar iniciativas de innovación colaborativa en departamentos del país con índices de innovación en niveles medio, medio-bajos y bajos, a través de sus Cámaras de Comercio.

Lo anterior evidencia el rol institucional y funcional de las Cámaras de Comercio y su impacto en el desarrollo productivo del país. Las Cámaras son aliadas naturales del Gobierno Nacional que permiten consolidar el sector empresarial y, sin duda, su conocimiento sobre las regiones y capacidades de intervención permiten avanzar en la transformación digital en el país y lograr un exitoso proceso de reactivación económica.

La crisis sanitaria actual representa una oportunidad para disminuir las disparidades entre las capacidades de las empresas indistinto de su sector y cerrar la brecha de productividad.

La adopción adecuada de tecnología permite consolidar nuevos motores de desarrollo y lograr un crecimiento sostenible y diversificación productiva, así como convertir al país en un imán de inversión extranjera. Para ello se requieren distintos esfuerzos de los sectores público y privado para asegurar la consolidación de un ecosistema digital.





Capítulo

01

Acercamiento a las
Industrias 4.0
y su impacto

Origen del término “Industria 4.0”

La Industria 4.0 es una idea reciente estrechamente relacionada con la cuarta revolución industrial, al punto de convertirse en la denominación más común de este fenómeno. La idea de una nueva revolución en la industria surgió para describir el impacto que tienen las nuevas tecnologías sobre los procesos de producción en un contexto en el cual la línea entre bienes y servicios se diluye por la existencia de productos inteligentes.

Adicionalmente, este fenómeno viene acompañado de cambios en el comportamiento de los consumidores, pues las plataformas digitales, los dispositivos inteligentes y la mayor disponibilidad de tecnologías de manufactura aditiva, que se refiere a la producción de bienes a través de capas de diversos materiales, permiten una mayor interacción de los consumidores en la producción de los bienes y servicios que adquieren. (Culot et al. 2020).

El primer motor de esta revolución, que permitieron la mecanización de la manufactura, además de la introducción de máquinas motrices como la máquina de vapor que se considera el primer motor de esta revolución.

Para el siglo XIX y hasta el XX, la segunda revolución tuvo lugar. Esta se caracterizó por la introducción de procesos de producción en masa gracias al mecanismo de la cinta transportadora y haciendo uso de la energía eléctrica y la estructuración de labores con base en la división del trabajo.

Por su parte, la tercera revolución industrial inicio durante la década de 1970 y continua hasta la actualidad, y está marcada por la utilización de la electrónica y las tecnologías de la información para lograr la automatización de procesos. Esta revolución marcó el inicio de la era de la información.

El origen del término 4.0 proviene de una iniciativa del gobierno alemán dentro de su plan de desarrollo económico. De acuerdo con Sommer (2015, citado en Ynzunza et al., 2017, p. 4) esta iniciativa se basa en “la automatización,

la digitalización de procesos y el uso de las tecnologías de la electrónica y de la información en la manufactura”.

A lo largo de los años, el término ha sido ampliamente utilizado en la literatura para hacer referencia al proceso de transformación industrial basado en la incorporación de nuevas tecnologías digitales en la manufactura para dar lugar a nuevas formas de producción, nuevos bienes y servicios y nuevas cadenas de valor.

Sin embargo, de manera contemporánea al surgimiento de la iniciativa en Alemania, otros países del mundo incorporaban en sus planes de gobierno el componente tecnológico para promover el desarrollo de sus industrias bajo otras denominaciones.

En 2011, el gobierno de Estados Unidos estableció una serie de iniciativas para garantizar que las empresas del país estuvieran listas para invertir en tecnología avanzada. En 2013 el gobierno francés lanzó un programa de política industrial mediante el cual introdujo herramientas para ayudar a las empresas a implementar las tecnologías que caracterizan a la Industria 4.0 (Tay et al, 2018). Posteriormente, muchos países se han sumado a las iniciativas de desarrollo industrial basados en tecnologías digitales para afrontar el futuro de la producción.

Todas estas iniciativas para la incorporación de las nuevas tecnologías en la producción manufacturera de distintos países del mundo comparten elementos comunes que han llevado a que muchos autores las engloben en el marco de la Industria 4.0, por lo que este término ha evolucionado desde su origen en el plan de desarrollo particular de Alemania para identificar todo el fenómeno de

transformación tecnológica a nivel mundial que abre paso a su vez a una nueva división del trabajo entre el ser humano y las máquinas.

Principales elementos de la Industria 4.0

A lo largo de los últimos años el fenómeno asociado a la cuarta revolución industrial ha cobrado una mayor relevancia en la literatura, académica y no académica, por lo que diferentes autores han hecho su contribución a la caracterización del fenómeno por medio de una definición de la Industria 4.0, así como de los principales elementos y tecnologías asociados. Sin embargo, todavía no existe una definición única y ampliamente aceptada, pues el uso del término ha cambiado desde su origen.

Beier et al. (2020) también hacen referencia a la ambigüedad existente al hablar de Industria 4.0, pues si bien las diferentes definiciones que se han dado coinciden en muchos elementos, todavía no hay una definición única y ampliamente aceptada. Esto se puede deber al hecho de que el término tiene un origen que no es exclusivamente científico, sino que está ligado a elementos de política pública. Por esta razón se hace necesario hacer una revisión de distintas definiciones del término a las que se hace referencia en la literatura para identificar los elementos comunes que lo caracterizan y así adoptar una definición sobre lo que se entiende como Industria 4.0 en este estudio.

Tay et al. (2018) definen la Industria 4.0 como los medios de automatización e intercambio de datos aplicados a la manufactura por medio de tecnologías como los sistemas ciber-físicos,

el internet de las cosas, el análisis de *big data*, la realidad aumentada, la manufactura aditiva, la robótica y la computación en la nube, entre otros, con el fin de crear nuevos tipos de cadenas de valor ágiles y sistemáticas.

Por otra parte, Roblek et al. (2016) definen la Industria 4.0 como la cuarta revolución industrial basada en los conceptos y tecnologías que incluyen los sistemas ciber-físicos, el internet de las cosas y el internet de los servicios, con base en una comunicación perpetua vía internet entre personas, máquinas y personas, y entre máquinas sin intervención humana.

Kaggerman et al. (2013) señalan que la Industria 4.0 da lugar a plataformas de sistemas ciber-físicos, diseñadas para

apoyar procesos colaborativos en las fábricas inteligentes, y apoyar las redes de negocio asociadas a estas industrias, así como a todo el ciclo de vida de los bienes producidos. Los servicios y aplicaciones provistos por estas plataformas pueden conectar a las personas, los objetos y los sistemas entre sí.

Para entender con claridad el concepto de Industria 4.0 y cuáles son sus principales implicaciones sobre la producción, es útil entender cada uno de los elementos y tecnologías que caracterizan el fenómeno. En la Tabla 1 se hace una definición de los siguientes elementos y tecnologías: Internet de las cosas, sistemas ciber-físicos, fábricas inteligentes, *big data*, inteligencia artificial, realidad aumentada, realidad virtual, computación en la nube y manufactura aditiva.

Tabla 1 Principales elementos de la Industria 4.0 y su definición

Elemento	Definición
<p>Internet de las cosas</p> 	<p>Hace referencia al conjunto de dispositivos interconectados que, haciendo uso de diferentes tácticas de computación, poseen la capacidad de transmitir información a otros dispositivos por medio de la red a la cual se encuentran conectados sin necesidad de que haya intervención humana en ningún nivel del proceso de transmisión (Pratap et al., 2020).</p>
<p>Sistemas ciber-físicos</p> 	<p>Son sistemas computacionales que son capaces de conectar el mundo físico que los rodea con el mundo virtual construido a partir de las tecnologías de la información y la comunicación. Por medio de estos sistemas es que las máquinas son capaces de comunicarse entre sí y los sistemas de control son capaces de optimizar la producción (Beier et al., 2020).</p>

Las máquinas, robots y sensores que interactúan por medio de redes son sistemas ciber-físicos. Esto incluye dispositivos inteligentes, sistemas de almacenamiento e instalaciones de producción que pueden intercambiar información de manera inteligente y autónoma, son capaces de tomar decisiones e iniciar acciones que consideren necesarias para los procesos y son capaces de controlarse entre sí de manera independiente (Dalmarco et al, 2019).

Fábricas inteligentes



Son fábricas que utilizan los sistemas ciber-físicos para llevar a cabo las tareas de producción, con base en la información recolectada por sensores acerca del ambiente en el cual se lleva a cabo la producción (Bertoncel et al, 2020). Estas fábricas están "totalmente integradas a lo largo de la cadena de valor y propician nuevas formas de colaboración e infraestructuras sociales" (Ynzunza, 2017, p. 5).

Big data



Hace referencia al almacenamiento, procesamiento y análisis de grandes cantidades de datos derivados de los procesos de producción, los productos, las máquinas e incluso las personas que se encuentran interconectadas a una compañía y a su entorno (Büchi et al., 2020).

El análisis de *big data* se hace por medio de tecnologías y herramientas capaces de realizar ese análisis a gran escala y tiene como utilidad el poder identificar fallos en el proceso de producción y recolectar información sobre los hábitos de los clientes, entre otros usos (Dalmarco et al., 2019).

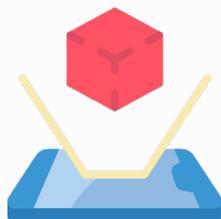
Inteligencia artificial



Las inteligencias artificiales (IAs) son herramientas inteligentes basadas en simulaciones de la inteligencia humana con el fin de remplazar a los seres humanos en algunas tareas complejas como tomar decisiones (Yang, 2020).

En general, el concepto hace referencia a la habilidad que tienen las máquinas de aprender de la experiencia, ajustarse a nuevas instrucciones y llevar a cabo tareas que tradicionalmente estaban a cargo de una o más personas (Sipior, 2020).

Realidad aumentada



La realidad aumentada involucra el uso de dispositivos que enriquecen la percepción sensorial de las personas a través del acceso a ambientes virtuales. Los elementos que permiten la realidad aumentada pueden funcionar a través de dispositivos comunes como los teléfonos inteligentes o computadores, o por medio de otros dispositivos especializados como anteojos de realidad aumentada, audífonos, auriculares y guantes, de manera que enriquecen la percepción por medio de la vista, el oído, el olfato o el tacto (Büchi et al., 2020).

Realidad virtual



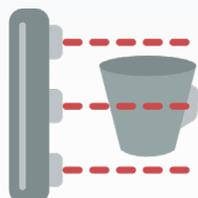
La realidad virtual es una tecnología digital que consiste en la simulación de experiencias, que pueden ser iguales o diferir del mundo real. Tiene aplicaciones en la medicina, los videojuegos, la educación, la capacitación de personal, el entrenamiento militar, entre otros. Los contenidos simulados por medio de la realidad virtual ofrecen el beneficio de poder ser utilizados varias veces y ser grabados para análisis futuros (Javaid et al., 2020).

Computación en la nube



Son los servicios que permiten que las máquinas, sensores, robots, y otras tecnologías físicas interactúen a través de redes virtuales como internet. Al hacer uso de estos servicios se reemplaza la necesidad de adquirir productos, conocimientos e infraestructura que puede ser muy costosa para una empresa. (Dalmarco et al, 2019) Adicionalmente, la computación en la nube facilita el almacenamiento y procesamiento de grandes cantidades de datos con un alto rendimiento en términos de flexibilidad, velocidad y eficiencia. Además, facilitan los procesos de monitoreo y control para lograr una mayor calidad en la operación y la producción (Büchi et al., 2020).

Manufactura Aditiva



La manufactura aditiva consiste en la producción por medio de procesos complejos que permiten la creación de capas de materiales, ya sea plástico, cerámica, metal, entre otros, eliminando la necesidad de ensamblar los distintos materiales en un producto. Un ejemplo de manufactura aditiva es la producción por medio de impresión 3D (Büchi et al., 2020).

A la luz de las definiciones revisadas, y de los elementos y tecnologías que caracterizan a la Industria 4.0 según los hallazgos hechos en la literatura, se define a la Industria 4.0 como el proceso de la cuarta revolución industrial que se caracteriza por el uso de las nuevas tecnologías y entornos digitales y de la información como los sistemas ciber-físicos, la realidad aumentada, la realidad virtual, la inteligencia artificial y la computación en la nube a través de dispositivos comunes, como los teléfonos o los computadores, o dispositivos especializados para facilitar alguna de las tecnologías anteriormente descritas, y que son claves para la utilización del internet de las cosas, la manufactura aditiva, las fábricas inteligentes y el análisis de *big data* principalmente en el entorno de la producción manufacturera, aunque sin limitarse a esta, pues sus aplicaciones se extienden hacia la esfera de la educación, la salud, el transporte, la agricultura, la seguridad y la administración pública, entre otros.

Impacto de la Industria 4.0 en la producción

Debido a la constante innovación tecnológica de los últimos años, la Industria 4.0 ha despertado un creciente interés en la comunidad académica y empresarial y se ha convertido en un componente importante de los programas de desarrollo de diferentes países del mundo. El proceso de cambio que implica la Industria 4.0 conlleva una transformación de cada parte del proceso de manufactura, e incluso, de cada parte de las empresas que incorporan la digitalización y la automatización en sus estructuras productivas (Tay et al., 2018).

Kagermann et al. (2013) destacan cómo la Industria 4.0 se caracteriza por permitir una mayor flexibilidad y robustez, así como mejores estándares de calidad en los procesos de planeación, operación, ingeniería, manufactura y logística. Esto conlleva al surgimiento de cadenas de valor dinámicas, autónomas y optimizadas en tiempo real con base en criterios como el costo, la disponibilidad y el consumo de recursos.

La transformación estará caracterizada por nuevas formas de interacción, a nivel técnico y social, entre todos los agentes y recursos involucrados en la producción. Por otra parte, las nuevas estructuras de la manufactura permitirán una mayor participación de los consumidores y permitirán producir bienes personalizados de manera rentable. Finalmente, se dará un cambio en el rol de los trabajadores en la producción, pues disminuirá su implicación en tareas rutinarias dirigiendo su atención hacia tareas que requieren mayor creatividad y que tienen más potencial para generar valor (Kagermann et al., 2013).

La implementación de las tecnologías que caracterizan a la Industria 4.0 permite distintas aplicaciones que pueden ir más allá del proceso de producción. Una aplicación se da mediante la aparición de fábricas inteligentes caracterizadas por el uso de tecnologías que permiten un alto grado de automatización, optimización y autonomía en las máquinas y equipos utilizados para una mayor eficiencia en la producción. Los productos inteligentes son otra aplicación de la Industria 4.0; estos se caracterizan por permitir un alto grado de interacción y comunicación con los consumidores por medio de interfaces digitales y sistemas

de asistencia al usuario. Finalmente, la aplicación de las tecnologías a los modelos de ciudad da paso a las ciudades inteligentes, caracterizadas por ser economías basadas en el conocimiento y las tecnologías de información para su desarrollo (Lu, 2017).

Uno de los elementos característicos de la Industria 4.0, la inteligencia artificial, también juega un rol importante por su impacto en muchas áreas de la sociedad. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE, 2019) describe diferentes sectores en los cuales esta tecnología tiene aplicaciones y por lo tanto tiene la capacidad de revolucionar la forma en la que funcionan.

La primera aplicación descrita por la OCDE es el uso de vehículos autónomos en el transporte, lo que permitiría disminuir el número de accidentes de tránsito y la congestión vehicular. Otro uso posible de las inteligencias artificiales se da en la agricultura por medio de máquinas de recolección equipadas con tecnología que les permita identificar, de manera autónoma, los cultivos que están listos para su recolección, adicionalmente, se puede hacer uso de la inteligencia artificial para hacer predicciones de las condiciones climáticas o para monitorear cultivos e identificar problemas en zonas específicas del área cultivada.

Los servicios financieros también se pueden beneficiar del uso de la inteligencia artificial pues la tecnología puede ser utilizada para facilitar el proceso de evaluación crediticia de los clientes de las entidades financieras, además de ser un elemento importante, junto a otras herramientas tecnológicas como el *big data*, para la prestación de servicios

de tecnología financiera (Fintech) para ofrecer nuevas líneas de productos financieros por medio de herramientas digitales. Adicionalmente, se pueden usar las tecnologías para facilitar el monitoreo de las cuentas que poseen los clientes de las entidades de ahorro y de esta manera detectar conductas sospechosas y así disminuir el riesgo de fraude (OCDE, 2017).

Adicionalmente, las aplicaciones descritas por la OCDE se dan en el marketing, pues permiten la personalización de las experiencias online de los usuarios. En la ciencia e investigación, debido a que las IAs permiten incrementar la productividad en la revisión y producción de contenido científico. En la salud, ya que las IAs se pueden utilizar para facilitar la recolección de información y para la detección temprana de riesgos en la salud de las personas. En los sistemas de seguridad por medio del uso de IAs que facilitan el reconocimiento facial en condiciones en las cuales los sistemas de vigilancia tradicionales pueden fallar. Finalmente, se pueden utilizar las IAs para mejorar la eficiencia y la calidad en muchos de los procedimientos que se llevan a cabo en el sector público, de manera que se facilite la interacción con los ciudadanos (OCDE, 2017).

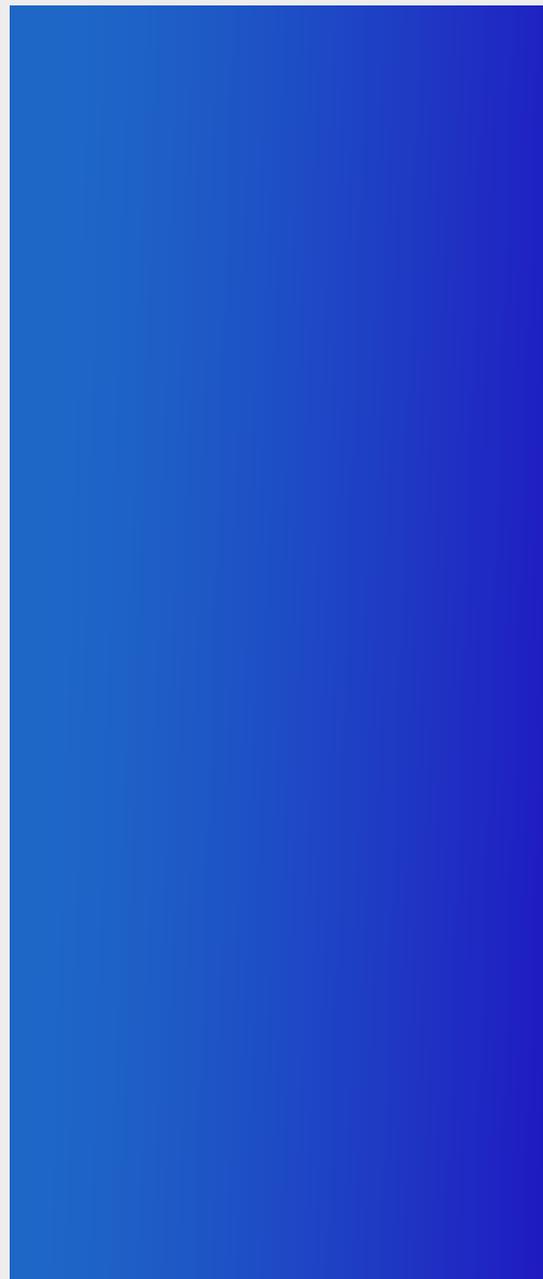
Todas estas aplicaciones de las inteligencias artificiales requieren del uso complementario de otras tecnologías y elementos característicos de la Industria 4.0 para una correcta implementación. En general, las máquinas equipadas con inteligencias artificiales, como los vehículos autónomos o las máquinas de recolección de cultivos, forman parte del internet de las cosas al estar interconectados con otros sistemas y tener la

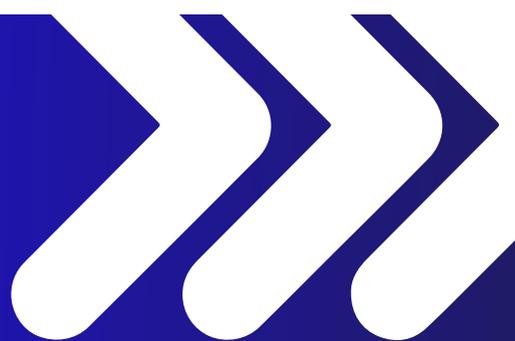
capacidad de operar de manera autónoma y sin intervención, además pueden hacer uso de otras herramientas, como la realidad virtual o la realidad aumentada, para fortalecer sus procesos de simulación y de aprendizaje.

Por otra parte, la incorporación de las nuevas tecnologías y los cambios que estas generan en la forma de producción también tienen un impacto en las competencias y capacidades necesarias por parte de los trabajadores. Con la digitalización, muchos procesos se verán simplificados y son susceptibles a ser completamente automatizados, mientras que otros procesos se harán más complejos. Esto llevará a un incremento en el número de puestos de trabajo de alta calificación y una disminución de los

puestos de trabajo de baja calificación (Horváth & Szabó, 2019).

Lorenz et al. (2015, citado en Bertonecel et al., 2020, p. 417) hacen una investigación sobre diferentes tipos de empleo en distintos sectores de la industria y encuentran que como consecuencia de la incorporación de tecnologías de Industria 4.0 en la producción se generarán más puestos de trabajo en manejo de datos y tecnología de la información que los que se perderán en labores de ensamblaje y producción. En este sentido, la incorporación de tecnologías de Industria 4.0 también requiere de una transformación de los programas educativos para capacitar a la fuerza de trabajo según las habilidades que serán requeridas en el futuro.





Capítulo

02

Industria 4.0
y su rol para afrontar la
pandemia de COVID-19



La pandemia por coronavirus o COVID-19 ha afectado a muchos de los países del mundo. Sus efectos negativos no se limitan a la esfera de la salud pública, sino que además se extienden al ámbito económico como consecuencia de las medidas de aislamiento que muchos de los países del mundo han impulsado para contener la propagación del virus y así evitar el colapso de los sistemas de salud y disminuir los efectos negativos sobre la población.

En el caso de Colombia, el aislamiento implicó la interrupción en la operación de la mayoría de las actividades económicas, siendo las únicas excepciones los servicios de salud, el abastecimiento de bienes esenciales y la prestación de servicios notariales y bancarios.

En los meses siguientes al inicio de la cuarentena se flexibilizaron algunas de las restricciones para permitir que otros sectores de la economía operaran. De esta manera, la industria manufacturera, la construcción y el comercio, entre otros, han reanudado sus operaciones bajo protocolos de bioseguridad para

disminuir el riesgo de contagio de sus trabajadores.

Durante el primer trimestre del año, según datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2020), el Producto Interno Bruto (PIB) del país presentó un crecimiento de tan solo 1,4% y a julio ha mostrado una caída de 9,5%.

El Fondo Monetario Internacional (FMI), al igual que muchas entidades a nivel nacional e internacional, espera una fuerte caída de la actividad económica de Colombia cercana al 7,8% del PIB, seguida de una recuperación del 4,0% en 2021 si la situación sanitaria se logra estabilizar (FMI, 2020).

En este contexto, las tecnologías asociadas a la Industria 4.0 representan una oportunidad para el país como herramientas para facilitar el control de la pandemia y para disminuir los efectos negativos del aislamiento sobre la actividad productiva.

Promover la implementación de tecnologías digitales en la prestación de servicios de salud y en la producción también

es importante para mitigar las consecuencias de un rebrote de la pandemia si se presenta una nueva escalada en el número de contagios que lleve a establecer nuevas restricciones que puedan afectar a la economía del país.

Asimismo, aquellas empresas que se dedican a prestar servicios como plataformas de comercio electrónico y que facilitan la banca virtual son de gran relevancia para un proceso de reactivación económica y posibilita continuar la operación a pesar de las restricciones que traen las medidas como el distanciamiento social.

Uso de las tecnologías de la Industria 4.0 en los servicios de salud

Las tecnologías asociadas a la Industria 4.0 tienen diversas aplicaciones potenciales en los servicios de salud en medio de la pandemia de COVID-19. Javaid et al. (2020) describen muchas de estas aplicaciones y los beneficios que aportan en el manejo de la emergencia sanitaria a escala mundial.

Por un lado, el uso de dispositivos inteligentes, por medio del internet de las cosas, es útil para monitorear el cumplimiento de las medidas de aislamiento y el uso de tapabocas por parte de la población. Adicionalmente, permiten reconocer focos de contagio y facilitan la tarea de identificar a las personas que entran en contacto con pacientes confirmados de COVID-19. Finalmente, por medio de estos dispositivos se facilita la tarea de los profesionales de la salud encargados de monitorear de manera remota el estado de los pacientes que se encuentran en confinamiento en sus hogares.

Otra tecnología con un gran potencial en el control de la pandemia es el uso de herramientas con inteligencia artificial (IAs). Estas pueden ser utilizadas para reconocer y predecir el patrón de contagios del país; además, pueden ser entrenadas para identificar información falsa sobre el virus que sea difundida por medios virtuales, como internet, de manera que facilita la toma de decisiones a las administraciones locales y al Gobierno Nacional y permite mejorar el flujo de información, pues estas tecnologías pueden ser utilizadas para controlar la dispersión de información falsa sobre el virus y facilita la comunicación con los ciudadanos para que obtengan información de fuentes confiables.

Por otra parte, las IAs pueden ser entrenadas para detectar, por medio de escaneos, algunas condiciones negativas sobre la salud de las personas, como la neumonía, por lo que pueden ser utilizadas para realizar exámenes médicos y aligerar la carga de los profesionales de la salud (Javaid et al, 2020).

La Industria 4.0 como mecanismo para mitigar los efectos negativos de la pandemia sobre la producción

Con las medidas de aislamiento decretadas se interrumpió la operación de manera presencial en muchas empresas cuya actividad no era de carácter esencial para atender la emergencia sanitaria. Si bien se han establecido nuevas excepciones a las medidas de aislamiento, aún existen empresas en diversos sectores cuya operación sigue restringida en sus instalaciones y que se encuentran en alto riesgo porque la característica de su negocio le impide funcionar de manera remota. De igual manera, existe la posibilidad de que se implementen nuevas

cuarentenas estrictas si el avance de la pandemia compromete la capacidad del sistema de salud del país.

Esta coyuntura puso de manifiesto la necesidad de encontrar alternativas para disminuir los efectos negativos a los que se exponen las empresas ante restricciones a la operación presencial. En este sentido, la Industria 4.0 representa una oportunidad para fortalecer la capacidad de las empresas para operar de manera remota, y de esta manera reducir el impacto económico que tienen las medidas de aislamiento obligatorio y distanciamiento social.

Por un lado, la implementación de sistemas ciber-físicos interconectados por medio del internet de las cosas en la producción es útil para mantener el ritmo de operación constante sin que sea necesaria la intervención humana. Únicamente sería requerida en algunos procesos de toma de decisiones que pueden ser llevados a cabo de manera remota.

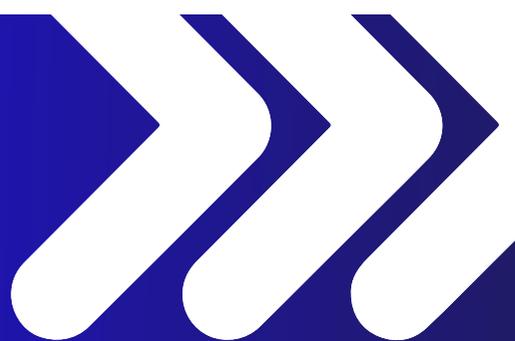
De manera alternativa, las IAs son útiles para establecer controles en las instalaciones de las empresas y así monitorear con facilidad los riesgos a los que se exponen los trabajadores, sus condiciones de salud e identificar posibles focos de contagio, todo esto con el fin de cumplir con los protocolos de reactivación que ha establecido el gobierno nacional (Sipior, 2020).

Adicionalmente, el uso de herramientas digitales por parte de las empresas facilita implementar medidas como el teletrabajo que permitan a sus trabajadores seguir llevando a cabo sus labores desde su hogar.

Sin embargo, las medidas de aislamiento limitan la capacidad de las empresas para ofertar sus bienes o servicios, pues muchos canales de venta presenciales no pueden operar o los consumidores no acuden a ellos para evitar la exposición al contagio del virus. En este sentido, otra oportunidad se presenta en el ámbito del comercio electrónico (E-commerce).

De acuerdo con la Organización Mundial del Comercio (OMC), los consumidores han acudido a las compras por medio de internet para satisfacer sus necesidades, lo que ha llevado a un gran crecimiento del comercio electrónico en todo el mundo.

Este cambio de costumbres puede llevar a que en el futuro una mayor parte de la demanda de bienes y servicios se haga de manera virtual, por lo que el fortalecimiento de la infraestructura tecnológica en las empresas, además de permitir el acceso a nuevos canales de venta y a nuevas formas de estar en contacto con los clientes para ofertar bienes y servicios, también es necesaria para adaptarse a las condiciones futuras.



Capítulo

03

Identificación de
las empresas
de **Industria 4.0**
en **Colombia**



Dentro del conjunto de empresas del país existe un grupo de gran relevancia dentro del fenómeno de la Industria 4.0. Estas empresas, denominadas empresas de Industria 4.0, tienen la propiedad de ser un eje fundamental en el proceso de transformación tecnológica pues son facilitadores de los bienes y servicios que caracterizan a esta industria.

Ubicar a estas empresas en el foco de políticas de desarrollo empresarial es importante para el desarrollo tecnológico de la industria nacional. En este marco, es necesario identificar a estas empresas con el fin de entender sus fortalezas y las oportunidades que ofrecen al país en su proceso de adaptación hacia las formas de producción del futuro.

Como punto de partida para la identificación de las empresas de Industria 4.0 se tomaron las industrias de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y la comunicación definidas por la OCDE (2017). Esta identificación se hace con base en la Clasificación Internacional In-

dustrial Uniforme revisión 4 (CIIU rev. 4) y en ella se clasifican 7 grupos:

1. Las industrias de manufactura de las TIC.
2. Industrias de comercialización de las TIC.
3. Industrias de servicios de las TIC.
4. Telecomunicaciones.
5. Programación.
6. Procesamiento de datos.
7. Reparación de computadores y equipos de comunicación.

Adicionalmente, se estudiaron las actividades económicas descritas en la CIIU rev. 4 para identificar cuáles de estas tenían el potencial de estar relacionadas con la Industria 4.0.

Las actividades identificadas fueron: las actividades de impresión y de servicios relacionados con la impresión y que pueden ser relevantes si las empresas que registran estas actividades se dedican a la impresión 3D. Por otra parte, se incluye el mantenimiento y reparación de aparatos electrónicos de consumo.

También se consideran las actividades de administración empresarial y la consultoría de gestión, y pueden estar asociadas a empresas que se dediquen a brindar servicios de asesoría sobre la implementación de tecnologías, la investigación y el desarrollo en el campo de las ciencias naturales y la ingeniería y, finalmente, algunas actividades relacionadas con la educación, y que son consideradas debido a la importancia de la educación dentro del proceso de formación de la fuerza laboral en el contexto de la Industria 4.0.

La clasificación hecha por la OCDE agrupa a muchas de las actividades económicas que facilitan el proceso de transformación tecnológica por ser proveedores de los bienes y/o servicios que caracterizan a la Industria 4.0. Sin embargo, hay actividades en las cuales se encuentran empresas que no están inmersas en el fenómeno por medio de la producción de los bienes que ofrecen o los servicios que prestan al mercado.

El siguiente paso es identificar las actividades de inclusión completa, es decir, aquellas actividades para las cuales se considera que todas las empresas son de Industria 4.0, y las actividades de inclusión parcial, es decir, aquellas actividades en las cuales solo un grupo de empresas es de Industria 4.0.

En el Anexo 1 de este documento, se encuentran clasificadas las actividades consideradas, segmentadas según las categorías propuestas por la OCDE (2017) y según su grado de inclusión. Este se determinó siguiendo las definiciones hechas por la OCDE del sector de las TIC y según las descripciones detalladas de las actividades económicas según

lo contenido en la Clasificación Internacional Industrial Uniforme Revisión 4 adaptada para Colombia hecha por el DANE (2020) y la información disponible en el Registro Único Empresarial y Social - RUES.

Una vez se han identificado las actividades de Industria 4.0 y su grado de inclusión, se procede a hacer la identificación de las empresas de Industria 4.0. La base de datos de estas empresas se construye con base en la información registrada en el Registro Único Empresarial y Social (RUES) para los años 2013 a 2019. Dado que en el RUES se encuentran cuatro campos a diligenciar correspondientes a la actividad económica según la CIIU rev. 4, la actividad principal y otras tres actividades relacionadas a la operación de la empresa, se utiliza esta información para decidir sobre la inclusión de las empresas.

Inicialmente, se incluyen todas las empresas cuya actividad económica principal corresponde a una de las clases CIIU de inclusión completa. Posteriormente, se consideran las empresas cuya actividad principal es una de las actividades de inclusión parcial, pero dado que no todas estas empresas son de Industria 4.0 se utilizan 2 criterios adicionales para determinar su inclusión.

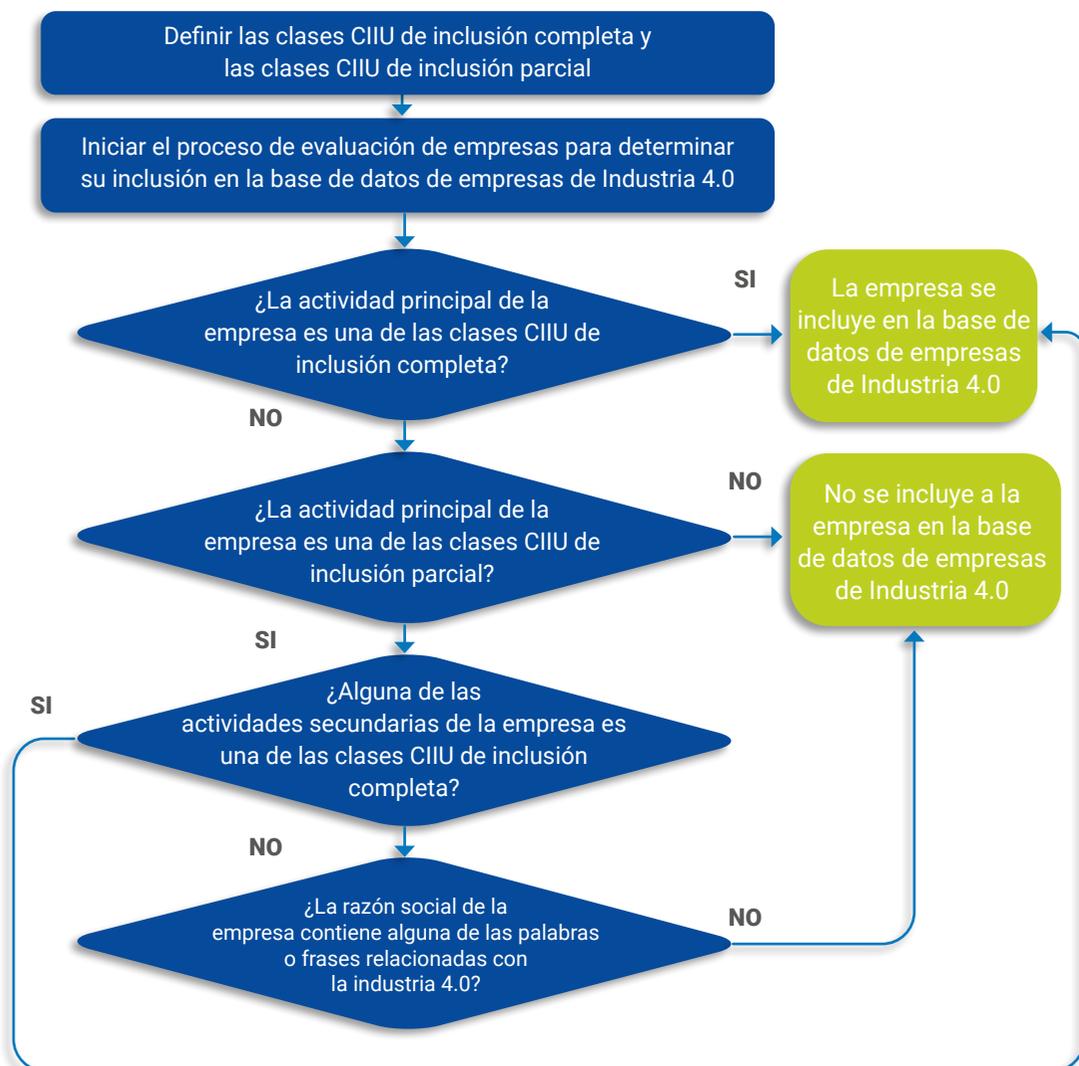
El primer criterio para incluir estas empresas es si alguna de sus actividades económicas secundarias corresponde con alguna de las actividades identificadas de inclusión completa. De ser así, estas empresas son consideradas de Industria 4.0 y se incluyen en la base.

El segundo criterio se utiliza para empresas que no cumplen con el primer criterio, y consiste en un análisis de texto sobre las razones sociales de estas

empresas con base en algunas palabras y frases comunes en la literatura sobre Industria 4.0 que es contrastado con la información disponible del objeto social de la misma. Toda empresa que contenga en su razón social alguna de estas palabras o frases es incluida (el listado completo de palabras y frases se puede encontrar en el Anexo 2).

Las empresas que cumplan con alguna de las condiciones descritas anteriormente son las empresas de Industria 4.0 y sobre estas se llevará a cabo el análisis de demografía para determinar sus principales características y su evolución durante los últimos años. El proceso de construcción de la base de datos se resume en el Diagrama 1.

Diagrama 1 Proceso de construcción de la base de datos de empresas de Industria 4.0 (2013-2019)





Capítulo

04

**Demografía
Empresarial**
e indicadores
de crecimiento:
Industria 4.0



La dinámica y consolidación de la base empresarial de Colombia es un indicativo de crecimiento económico pues a través de la generación de empleo, innovación y mejoras en la productividad a través de la innovación, han creado sólidas bases para el desarrollo de las regiones en el país.

La medición que da cuenta del estado de la economía con respecto al comportamiento y evolución de la base empresarial es el punto de partida para realizar análisis y tomar decisiones de política pública de desarrollo empresarial.

Cumpliendo con este objetivo, el Registro Único Empresarial y Social (RUES) de las Cámaras de Comercio del país y su actualización periódica, ha permitido hacerle seguimiento a la trayectoria de vida de las empresas y capturar cada uno de los eventos demográficos de la base empresarial del país siguiendo la metodología armonizada para Colombia de la OCDE y Eurostat.

Tomando este marco como referencia, se hizo un análisis de demografía empresarial detallado de la Industria 4.0 dada

su gran capacidad para potenciar la generación de valor agregado a través del uso estratégico de tecnologías digitales.

A su vez, esta industria representa una oportunidad para impulsar la productividad, favorecer el desarrollo regional e impactar positivamente en su bienestar a través de la generación de habilitadores para la transformación digital y la reactivación económica.

De acuerdo con el registro estadístico construido a partir de la información del RUES, entre 2013 y 2019 la base empresarial del país ha crecido en promedio anualmente 3,5%. En el año 2013 la base empresarial se componía de 1.342.921 y para el 2019 esta cifra ascendió a 1.643.849 unidades productivas.

Tomando como referencia la identificación de empresas de la industria 4.0 expuesta en el capítulo anterior se encontró que el stock de empresas en los segmentos de la Industria 4.0 han tenido un crecimiento de 7,7% en promedio entre 2014-2019, al pasar de 17.625 empresas en 2014 a 27.431 en 2019. Este crecimiento es 4,2 pps superior al del stock de empresas formales del país (Gráfico 1).

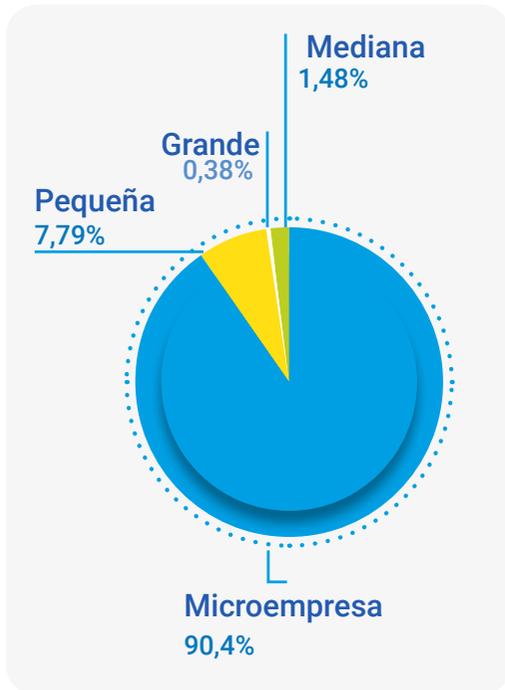
Gráfico 1. Stock de Empresas en la Industria 4.0



Fuente: RUES – Cálculos propios.

La base empresarial de las empresas agrupadas en segmentos 4.0 está constituida principalmente por microempresas, las cuales participan con el 90,4%

Gráfico 2. Distribución del tamaño empresarial (2014-2019)



Fuente: RUES – Cálculos propios.

del total. En contraste, las pequeñas representan el 7,8% y las medianas y grandes el restante 1,86% (Gráfico 2).

Esta distribución de tamaño es similar a la del total nacional, en donde las microempresas son el 92%, las pequeñas el 6% y las medianas y grandes el 2%.

Dividiendo el stock de empresas por organización jurídica, se observa que para el año 2019, 19.219 empresas son sociedades, en tanto, 8.212 son personas naturales (Gráfico 3). En promedio, durante el periodo estudiado esta proporción se mantiene, siendo cerca del 66% sociedades y el 34% restante son personas naturales.

En contraste, en el total de la base empresarial del país se tiene que el 71% son personas naturales, esto muestra que las empresas de la Industria 4.0 tienen una tendencia superior a constituirse como sociedades, lo que refleja que las empresas en estos segmentos han venido apostando a negocios más sólidos buscando ganar presencia en el mercado.

Gráfico 3. Stock de Empresas Industria 4.0 por organización jurídica



Fuente: RUES – Cálculos propios.

De acuerdo con las recomendaciones de la OCDE-Eurostat es importante hacer una diferenciación de los emprendimientos probablemente creados por subsistencia de los de oportunidad, además de hacer seguimiento a su trayectoria de vida y crecimiento de su productividad. Esta distinción permite hacer comparabilidad internacional.

El 42% de las empresas de la Industria 4.0 son empleadoras y han tenido un crecimiento del 8% en los últimos 7 años (Gráfico 4). El comportamiento de estas empresas, que además en su mayoría son sociedades, indica que estos segmentos tienen un mayor nivel de formalidad y sus negocios han surgido para su crecimiento en el mercado (Confecámaras, 2019).

Gráfico 4. Stock de Empresas Industria 4.0 empleadoras y no empleadoras



Fuente: RUES – Cálculos propios con base RUES-PILA, Cámaras de Comercio y Ministerio del Trabajo.

En general las empresas no empleadoras podrían indicar una estrecha relación de la clasificación de empleo por cuenta propia o independiente. De acuerdo con estudios realizados por Confecámaras del stock de empresas cerca del 30% son empresas empleadoras. Es decir, que el comportamiento mostrado por el segmento de las empresas 4.0 tienen un mayor nivel de formalidad comparado con el total nacional.

Las empresas en la Industria 4.0 crean el 2,2% del empleo formal. Estudiando la distribución de empresas y su número de empleados de acuerdo con las categorías indicadas por la OCDE, se encuentra que el 82,6% de las empresas que

tienen entre 1 y 9 trabajadores agrupan el 14,8% del empleo formal total generado por la Industria 4.0 en el año 2019. Este segmento de pequeñas empresas es denominado micronegocios.

De otro lado, el 0,7% de las empresas que tienen más de 250 trabajadores formales crean el 39,3% del empleo. Es importante destacar que, para el total nacional, el 0,2% de las empresas que tienen más de 250 trabajadores agrupan el 45% del empleo formal del país. Resulta favorable para el caso de las industrias tecnológicas que a pesar de ser en su mayoría microempresas concentran una mayor cantidad de empleo formal comparado con otras industrias.

Tabla 2. Número de empresas empleadoras por rangos, 2019

» Rangos	1-9	10-19	20-49	50-249	>250
Número de empresas	9,335	848	642	397	79
%	82.6	7.5	5.7	3.5	0.7
Número de empleados	22,849	11,373	19,602	39,800	60,514
%	14.8	7.4	12.7	25.8	39.3

Fuente: RUES – Cálculos propios con base RUES-PILA, Cámaras de Comercio y Ministerio del Trabajo.

Si bien las empresas empleadoras en número son menos que las no empleadoras, para el fortalecimiento de la industria es necesario que las empresas, en particular las de menor tamaño, puedan seguir generando ingresos para sostenerse en el mercado y continuar creando empleo formal y ampliar esta contribución de empresas que aún no lo hacen.

La digitalización, que antes era una herramienta adicional para aumentar la productividad y las ganancias, actualmente

se ha convertido en un requisito para que las empresas sobrevivan en la coyuntura actual (BID, 2020) y los avances en esta materia se debe presentar con mayor premura que en condiciones planeadas anteriormente.

Las MiPymes, que ya han comenzado una ruta de transformación digital, requieren condiciones para continuar creciendo de manera sostenible y ser agentes transversales de esta transformación en MiPymes de otros sectores de la actividad productiva.

Estas firmas son proveedoras de dispositivos tecnológicos, soluciones digitales, incluyendo sistemas informáticos para ventas, marketing y gestión de clientes adaptables a las necesidades del mercado. Estas herramientas les permiten potenciar sus oportunidades de negocio.

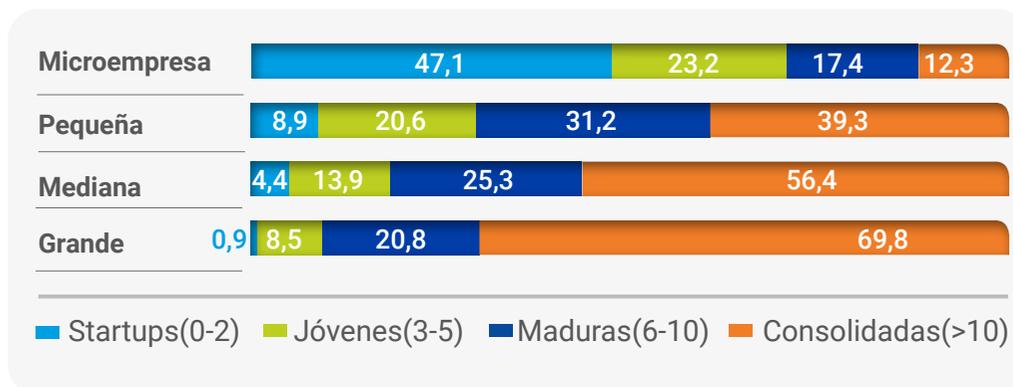
Industria 4.0: Distribución por intervalos de edad

En Colombia, 43 de cada 100 empresas en la industria 4.0 son startups, es decir que llevan al menos 2 años operando en el mercado. Esta distribución etaria se concentra en su mayoría en las

empresas de menor tamaño. El 41,4% de las empresas son jóvenes y maduras, es decir, que han operado entre 3 y hasta 10 años; y 15,2% restante han operado más de 10 años.

Como se puede observar en el gráfico a continuación, las microempresas presentan una distribución de edades mayormente concentrada en start-ups y empresas jóvenes. A medida que el tamaño de las empresas se incrementa su edad lo hace también, mostrando un patrón de consolidación empresarial que se mueve en la misma dirección a su expansión.

Gráfico 5. Distribución del tamaño empresarial de la Industria 4.0 según intervalos de edad (%), 2019

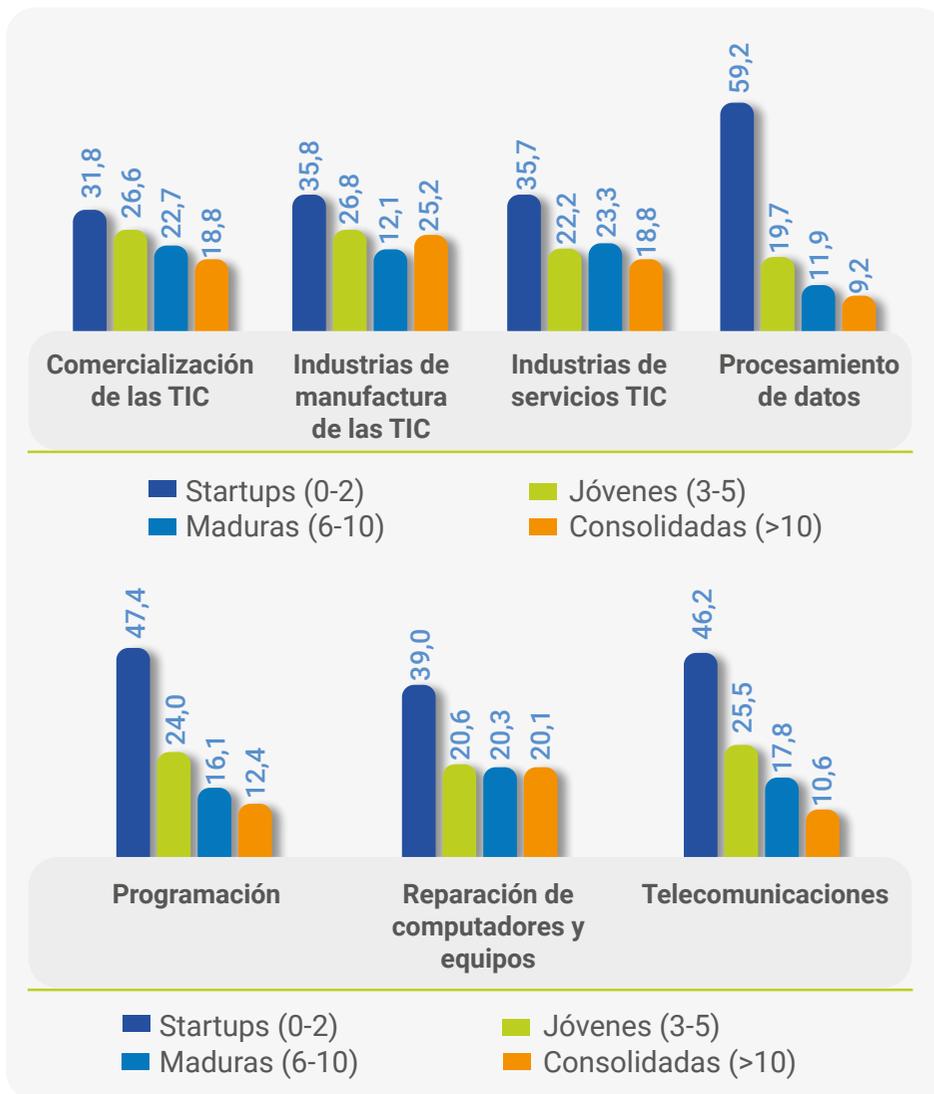


Fuente: RUES – Cálculos propios.

Analizando la distribución de edad por segmento de la Industria 4.0 se encuentra que los startups son la mayor proporción en cada segmento. Esta tendencia se encuentra más marcada en las empresas que se dedican al procesamiento de datos, en donde el 59,2% han operado por un máximo de 2 años, seguido de las empresas de programación en donde el 47,4% se ubica en este rango de edad.

Estos emprendimientos representan una gran oportunidad para la creación de condiciones habilitantes para la innovación digital, el fortalecimiento de competencias del capital humano y preparar al país para los cambios económicos y sociales que conlleva el desarrollo de esta industria, tal como lo plantea el CONPES 3975 de finales del año 2019 que formula una política nacional para la transformación digital e inteligencia artificial.

Gráfico 6. Distribución de los segmentos de la Industria 4.0 según intervalos de edad (%), 2019



Fuente: RUES – Cálculos propios.

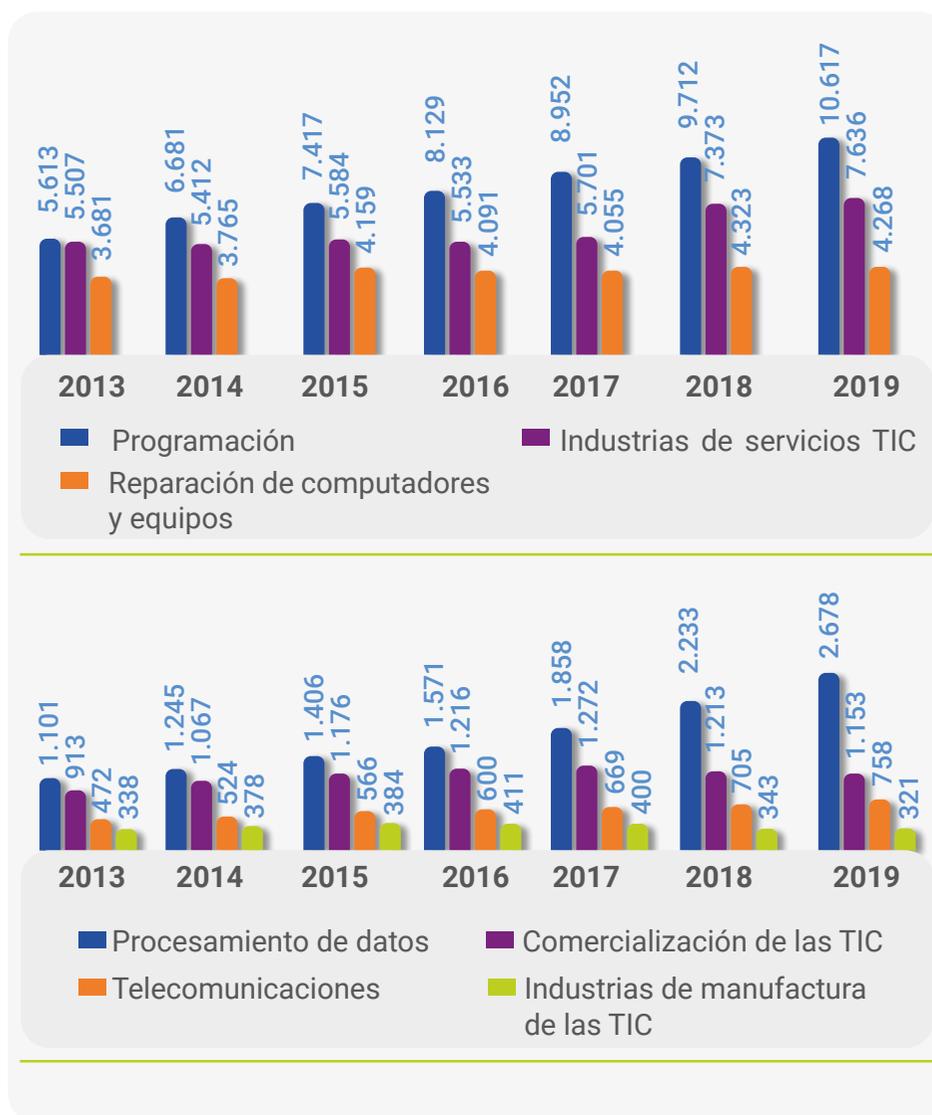
Por su parte, los segmentos de industrias de manufactura de las TIC y reparación de computadores y equipos concentran una mayor cantidad de empresas consolidadas en comparación con los demás subsectores.

Distribución por segmento relacionado con la cuarta revolución industrial

Por segmento, las empresas de programación representan un mayor número.

Este segmento ha mostrado un crecimiento del 89% entre 2013 y 2019 al pasar de 5.613 empresas a 10.617. Por mayor tamaño, siguen las industrias de servicios TIC que en el mismo periodo han tenido un crecimiento en su número del 38,6% al pasar de 5.507 en el año 2013 a 7.636 en 2019, seguida por reparación de computadores y equipos que ha mostrado un crecimiento del 15%.

Gráfico 7. Stock de empresas por segmento

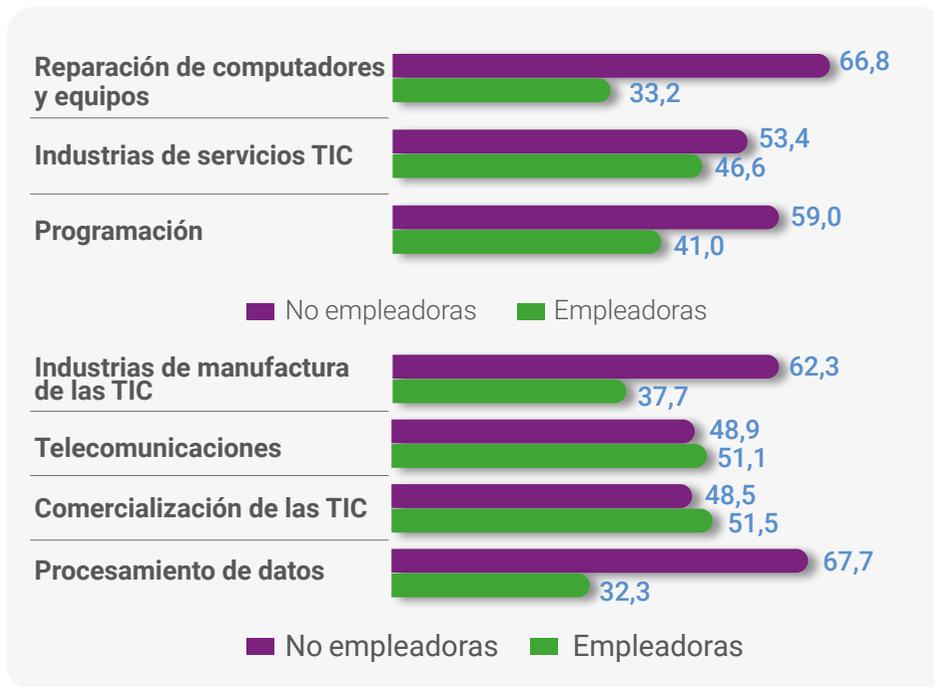


Fuente: RUES – Cálculos propios.

De otro lado, las empresas de procesamiento de datos, comercialización de las TIC, telecomunicaciones y manufactura de TIC tienen un menor stock de empresas comparado con los sectores mencionados anteriormente. En promedio, estos sectores han exhibido crecimientos destacables, en particular procesamiento de datos que casi duplica su tamaño en el periodo de estudio.

Haciendo una división entre empresas empleadoras y no empleadoras, se tiene que los segmentos que tienen una mayor concentración de empresas que crean empleo formal en el país, de acuerdo con el cruce RUES-PILA, son telecomunicaciones, comercialización de las TIC e industrias de servicios TIC. De cada 100 empresas, la mitad generan empleo formal.

Gráfico 8. Distribución de empresas empleadoras y no empleadoras por segmento, 2019



Fuente: RUES – Cálculos propios con base RUES-PILA, Cámaras de Comercio y Ministerio del Trabajo.

Ahora bien, si se analiza la participación de empresas en la Industria 4.0 empleadoras, el 38,5% de estas son del segmento de programación y el 31,5% son industrias de servicios TIC, en línea con su mayor proporción sobre el stock total de empresas. Estas empresas crearon 154 mil empleos formales en 2019. De los cuales el 40,9% pertenecen al segmento programación, 36,2% a industrias de servicios TIC y 10% a procesamiento de datos.

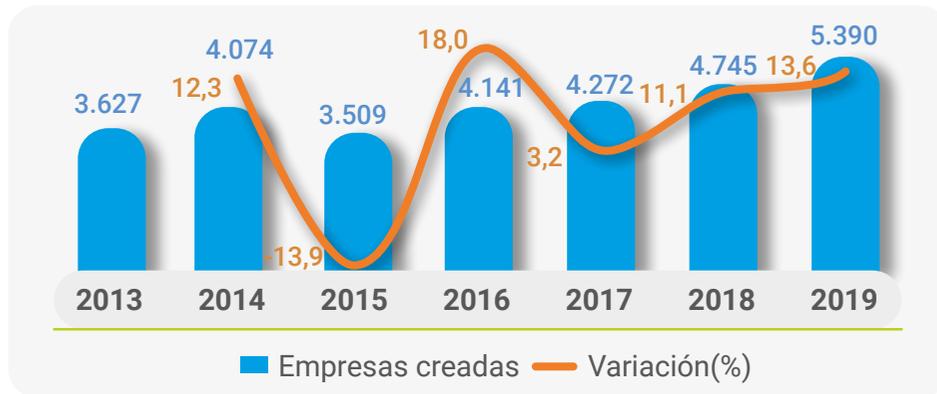
Estas empresas además se caracterizan por tener procesos de innovación, es decir, que el conocimiento es uno de sus recursos más estratégicos. La innovación es vital pues conduce a crecimiento económico, más empleo, mayores ingresos, mejoras en la calidad de vida de la población y competitividad de los países al tener un impacto significativo en los niveles de productividad.

En la actualidad, la invención empresarial está cada vez más basada en datos, habilitada por las TIC y el despliegue del Internet de las cosas (IoT), lo que ha permitido que estos productos, servicios y procesos estén en el centro de la innovación (DNP, 2019).

La forma como las nuevas empresas afectan el desarrollo de las regiones y la dinámica de los sectores lleva a procesos de mejoras en innovación y promueve la competencia que pueden llevar a mejoras del lado de la oferta.

Es por esta razón que resulta relevante analizar el comportamiento en la creación de empresas en las actividades relacionadas a la industria 4.0: En el periodo 2013-2019 la creación de empresas ha tenido un crecimiento promedio de 7,4%, superior en 4,5 pps al del total nacional que se ubica en 2,9%.

Gráfico 9. Dinámica de creación de empresas en la Industria 4.0

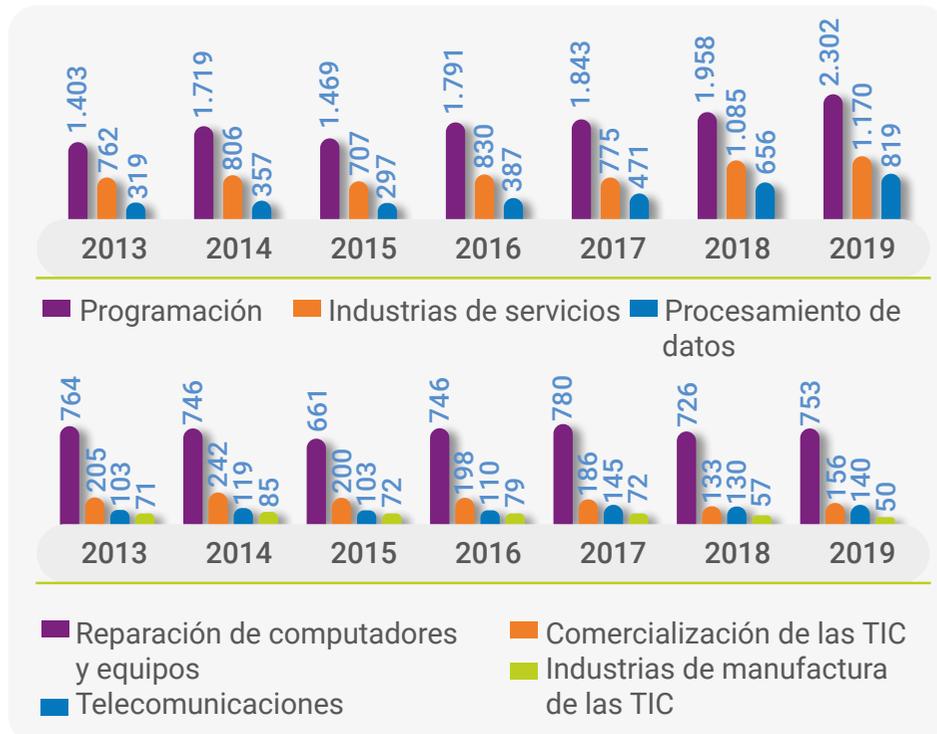


Fuente: RUES – Cálculos propios.

El único periodo negativo que ha tenido la creación de empresas de estas industrias es en el año 2015, que tras el choque que sufrió la economía colombiana en el 2014, presentó una mayor afectación, inclusive muy por encima del total nacional. Con todo, su extraordinaria recuperación en el 2016 triplicó el comportamiento del total.

Dividiendo la creación de empresas por segmento se puede observar que los segmentos que lideran son programación, industrias de servicios TIC y procesamiento de datos que en conjunto han representado entre el 68%-80% de la creación total de empresas en la Industria 4.0 en el periodo de estudio (Gráfico 10).

Gráfico 10. Dinámica de creación de empresas en la Industria 4.0 por segmento

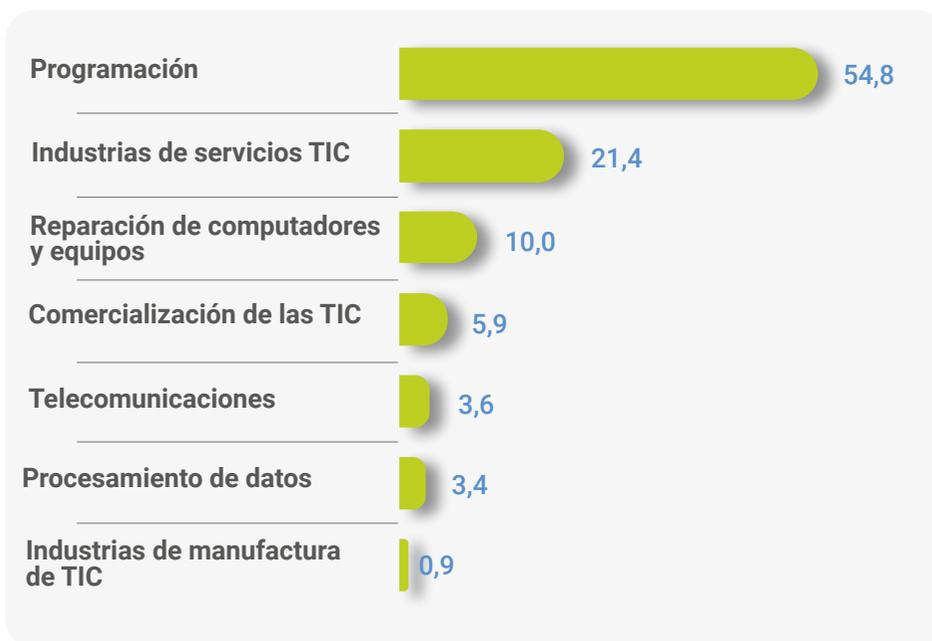


Fuente: RUES – Cálculos propios.

Las empresas creadas en el periodo de análisis iniciaron sus operaciones creando en promedio 3.200 empleos cada año, principalmente explicados por las empresas en segmentos de programación e industrias de servicios TIC. En promedio cada año el 22,3% de las empresas nacieron creando al menos un empleo formal.

Las empresas de programación representan el 55% de la creación de empresas neta de empleo en el año 2019 en promedio, seguido por industrias de servicios TIC que han participado con el 21,4% y la reparación de computadores con el 10% en el mismo periodo (Gráfico 11).

Gráfico 11. Creación neta de empleo relativo al número de empresas que sobreviven



Fuente: RUES – Cálculos propios con base RUES-PILA, Cámaras de Comercio y Ministerio del Trabajo

Dinámica de Supervivencia Empresarial de las Empresas en la Industria 4.0

Como se ha indicado en estudios anteriores, la dinámica de creación de empresas es un índice de dinámica empresarial de entrada. No obstante, es valioso tener el contraste de supervivencia de

las empresas años después de su creación. Los patrones de mortalidad empresarial son un indicativo complementario que da una buena señal del comportamiento del mercado en los segmentos en los cuales estas empresas inician sus operaciones: si la tasa de supervivencia es baja puede representar un desincentivo para nuevas empresas de

iniciar sus operaciones en el sector, bien sea porque puede implicar una competencia fuerte o que el mercado está muy concentrado en las empresas que ya se encuentran operando en el sector.

De otro lado, la tasa de supervivencia es un buen indicativo para movilizar recursos financieros a las empresas al iniciar sus operaciones. Aquellos sectores con menos supervivencia implicarán un mayor riesgo y por consiguiente las empresas que inician sus actividades en estos segmentos encontrarán encarecimiento de medios de financiamiento a su entrada al mercado.

De acuerdo con lo encontrado en estadísticas internacionales, más de la mitad de las empresas que se crean no logran sobrevivir en el mercado al cabo de cinco años (OCDE, 2016). Tomando como referencia las empresas nuevas matriculadas en el registro mercantil en el año 2014, se ha encontrado que para el total del país de cada 100 empresas sobreviven 34 al cabo de cinco años.

Ahora, tomando este mismo periodo de referencia, se ha encontrado que para el caso de las empresas de la Industria 4.0, al cabo de cinco años sobrevive el 40,2%, cifra superior en 6,2 pps a la del total de la base empresarial creada en 2014.

Las tasas de supervivencia difieren según la organización jurídica. Para el caso de las personas naturales, se encuentra que su tasa de supervivencia es de 32,3% y para las sociedades es del 48,1%, es decir, que la tasa de supervivencia de las sociedades es casi 16 pps superior que la de las personas naturales. Una mayor

apuesta por la formalización permite círculos virtuosos para el empresariado que se reflejan en mejores tasas de supervivencia.

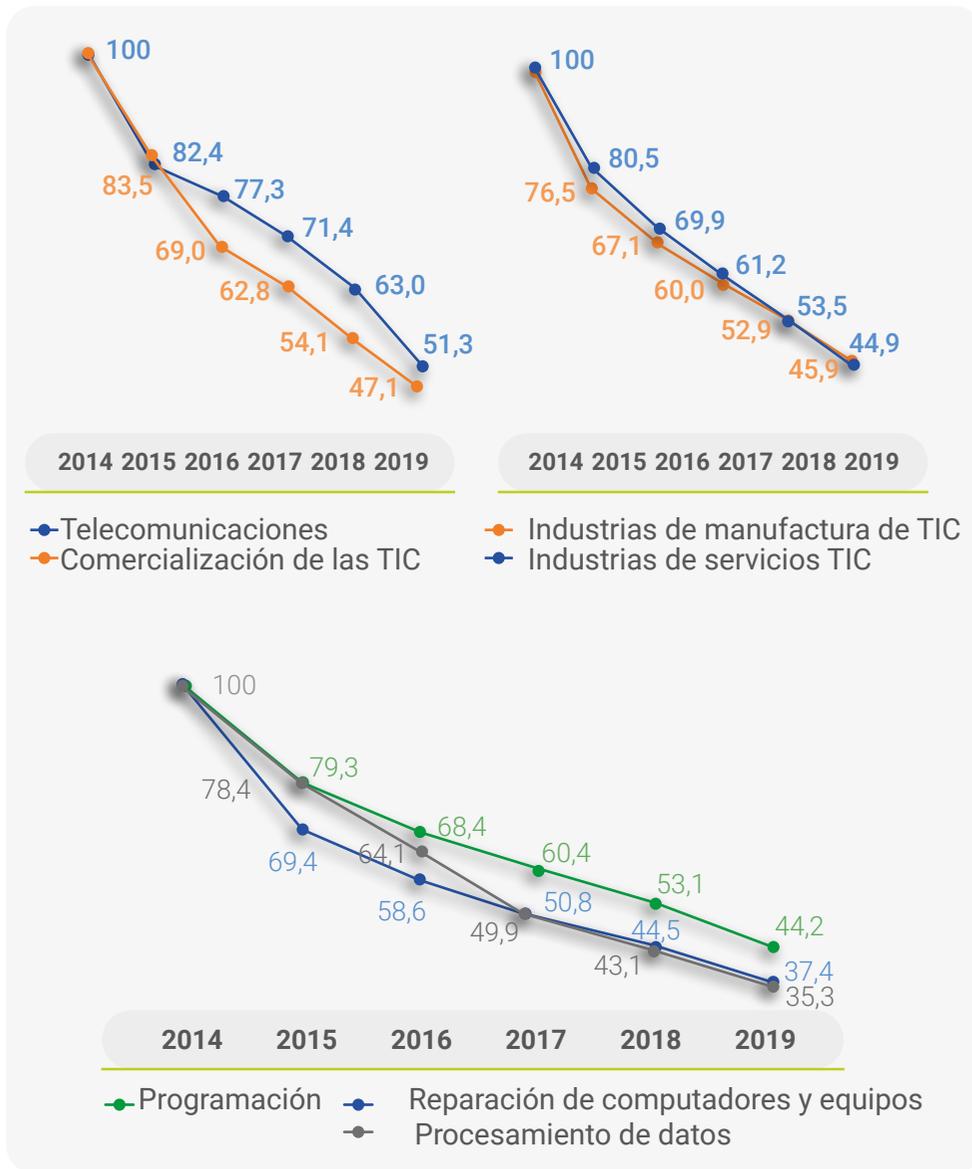
Si se dividen las empresas empleadoras de las no empleadoras, las primeras exhiben una tasa de supervivencia de 53,4% y, en contraste, las no empleadoras tienen una tasa del 39,1%. Liderar emprendimientos que promocionen la generación de empleo mejora las posibilidades de que las empresas logren perdurar en el tiempo.

Dividiendo por segmentos, los de telecomunicaciones y comercialización de las TIC exhiben la tasa de supervivencia más alta. Como se puede ver en el Gráfico 12, estos dos sectores tienen tasas de supervivencia de 51,3% y 47,1% respectivamente, seguido por industrias de manufactura y servicios TIC que tienen tasas de 45% y 46% al término de cinco años.

Por su parte, el sector de programación, que exhibe comportamientos favorables en creación de empleo formal y tiene la participación más alta en el stock de empresas de las industrias 4.0, tiene una tasa de supervivencia de 44,2% que es 4,0 pps más alta que la de todo la industria digital y tecnológica.

Finalmente, los sectores de reparación de computadoras y procesamiento de datos muestran tasas más bajas que los demás sectores y por debajo del total. Respectivamente, de cada 100 empresas creadas en el año 2014 en estos sectores sobreviven 37 y 35 respectivamente al cabo de cinco años.

Gráfico 12. Supervivencia empresarial en la Industria 4.0 por segmento



Fuente: RUES – Cálculos propios.

Empresas de alto crecimiento

Las empresas de alto crecimiento son el sector con mayor dinamismo en la economía dada su contribución a la creación de empleo en el largo plazo, innovación, mejoras en productividad, que

en conjunto mejoran la competitividad de un país (Confecámaras 2018).

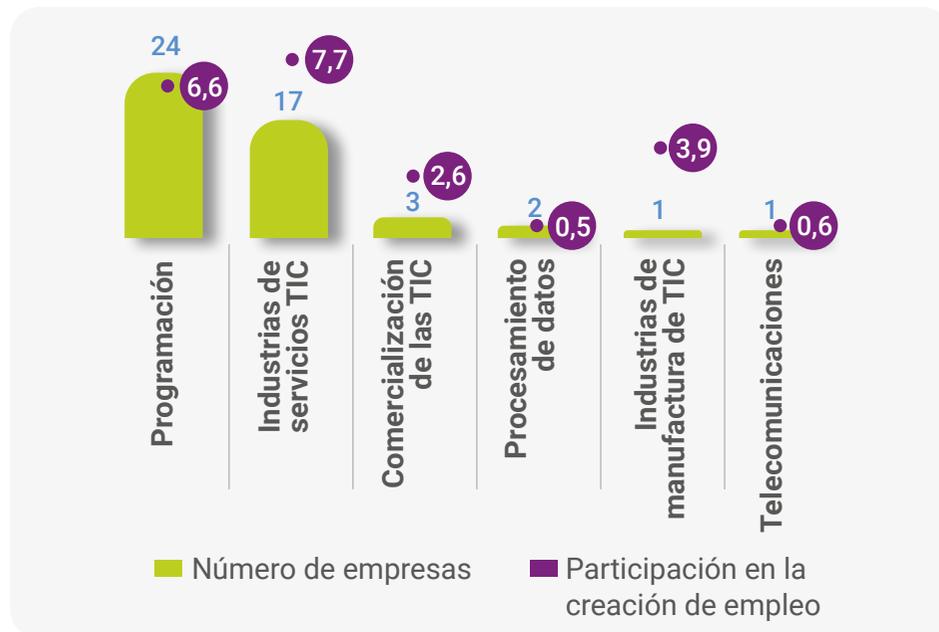
De acuerdo con los lineamientos estadísticos del Manual de Demografía Empresarial de la OCDE y Eurostat, las empresas de alto crecimiento son aquellas

que han tenido un crecimiento promedio anual en su planta de personal superior a 20% durante tres años consecutivos. Esta medición inicia con empresas cuya planta de personal es de 10 empleados o más al momento de realizar el análisis.

En Colombia, las empresas de alto crecimiento son el 3% de la base empresarial total y es consistente con la evidencia

empírica internacional. Estas empresas son de interés para el diseño de política de desarrollo empresarial pues presentan modelos extraordinarios en los que la eficiencia en su estructura de producción resulta vital para la promoción de la productividad, innovación, inversión en capital de trabajo y capacidad para generar bienes y servicios de mayor valor agregado.

Gráfico 13. Número de empresas de alto crecimiento y su participación en la creación neta de empleo



Fuente: RUES – Cálculos propios con base RUES-PILA, Cámaras de Comercio y Ministerio del Trabajo

En la industria 4.0 se encontró que existen 48 empresas de alto crecimiento, las cuales son el 0,17% de la base empresarial que componen estas industrias digitales y tecnológicas. Este número es inferior al encontrado para el total nacional y presenta un reto pues estas empresas son clave para que el país logre dar el salto a los cambios que presenta el mundo actualmente.

Afrontar estos nuevos desafíos implica que el país pueda dar el salto para atender las nuevas tendencias en la demanda permitiéndole incursionar en los cambios en las cadenas de valor, participando así de las dinámicas de recuperación económica en el mundo, para ello es necesario trabajar en la consolidación de un ecosistema digital.



Capítulo

05

**Determinantes de
la Supervivencia**
de las Empresas
en la Industria 4.0



Actualmente, el análisis de la supervivencia de las empresas ha recibido una mayor atención en los tomadores de decisiones de la política pública pues los determinantes que coadyuvan a las empresas a perdurar se han convertido en estrategias de política de desarrollo empresarial.

Es bien sabido que una base empresarial dinámica contribuye a la creación de nuevos puestos de trabajo, innovación y desarrollo económico que ayudan a desarrollar la economía y por esta vía reducir la pobreza. Algunas empresas sobreviven durante períodos considerablemente más largos logrando superar el denominado “valle de la muerte”, mientras que otras no.

El propósito de este estudio es analizar factores que son determinantes en la supervivencia o la muerte de empresas jóvenes que se encuentran realizando actividades económicas relacionadas con la Industria 4.0.

Datos

La fuente principal usada para este análisis es el Registro Único Empresarial y Social (RUES) de las Cámaras de Comercio, que integra la información re-

gistrada actualizada de las empresas que operan formalmente en el país. Esta característica permite hacer trazabilidad en el tiempo a las empresas por lo que la hace una base ideal para realizar análisis de supervivencia empresarial (Mata & Audretsch, 1995).

En este sentido, las empresas objeto de estudio son aquellas que nacieron en un año denominado cohorte, y a partir de este se les hace un seguimiento longitudinal por los próximos años a través de la renovación de su matrícula mercantil. De acuerdo con las definiciones establecidas en el Manual de Demografía Empresarial de la OCDE y Eurostat armonizado por Confecámaras, una empresa nueva o nacimiento es aquella que se matricula en el año de cohorte y que no es producto de un cambio de domicilio o reactivación.

Para los fines de este análisis el año de cohorte es el 2014, y el análisis de trayectoria de vida de empresa se realiza para el periodo 2015-2019, es decir que se realiza un estudio de supervivencia empresarial por 5 años tras la creación de la empresa.

Este análisis refleja importantes hallazgos frente al interés general de desarrollar políticas que ayuden o mejoren las tasas de éxito de los negocios en la bús-

queda de cumplir con objetivos de largo plazo relacionados con el empleo y el crecimiento económico.

Funciones de supervivencia

Una de las metodologías para abordar la supervivencia de las empresas son los modelos de duración. En este caso se aborda un análisis descriptivo común del análisis de supervivencia y es la estimación no paramétrica de Kaplan-Meier, que generalmente es presentada en forma de gráfico en la que se puede observar en detalle la proporción de empresas que en el periodo de 5 años sobrevivieron en cada punto temporal.

Algunas variables influyen en la trayectoria de supervivencia de las empresas de manera diferencial. El Gráfico 14, muestra las estimaciones de Kaplan-Meier para cada uno de los factores hipotéticos que pueden influenciar la probabilidad de éxito de las empresas en el segmento industrial analizado en este estudio.

Este modelo se denomina no paramétrico pues no asume una forma funcional específica para modelar la relación entre los factores hipotéticos y la supervivencia de las empresas en el periodo de estudio.

El Gráfico 14 (A) muestra la supervivencia acumulada general para las 4.074 empresas del estudio. El panel (B) muestra que, tomando cada punto de tiempo para cada caso individual en cuenta, aquellas empresas que se constituyen como personas naturales tienen una tasa de supervivencia inferior a las sociedades. Este hallazgo es consistente para el total de la base empresarial del país (Confecámaras 2018).

Por otro lado, en el panel C, se evidencia que el tamaño inicial de las empresas es

un factor determinante para la supervivencia de las empresas. A mayor tamaño existe una mayor tasa de supervivencia pues las empresas aprenden de sus propios niveles de eficiencia solo después que ingresan al mercado (Hunt, 2010). Una empresa puede tardar en aprender sobre su capacidad para competir, por esta razón las que alcanzan este nivel de aprendizaje con mayor rapidez y logran expandir su tamaño tienen una tasa de supervivencia más alta (Jovanovic, 1982; Agarwal, 1998; Cefis & Marsili, 2006).

Asimismo, las empresas que son empleadoras tienen una tasa de supervivencia que aumenta monótonicamente, lo que indica que las empresas denominadas de "autoempleo" presentan una mayor probabilidad de fracasar tras su creación. Esta relación positiva también se encuentra para el caso de acceso a crédito, en donde las empresas que accedieron a financiamiento apalancado en garantías mobiliarias exhiben una tasa de supervivencia superior a las que no lo hicieron.

Un hecho estilizado es que las empresas que salen del mercado son en general pequeñas y jóvenes (Cefis & Marsili 2006). Una de las razones por la cuales las empresas en este segmento son más vulnerables es por su baja capacidad de apalancar su actividad productiva, dado que encuentran en el mercado financiero mayores barreras como altas tasas de interés, productos financieros que no se ajustan a sus necesidades y ausencia de colaterales.

Por esta razón, una medida de acceso basada en un mecanismo alternativo de financiamiento que le apunta a resolver algunas de estas barreras, resulta tener un efecto positivo sobre las empresas que recién están iniciando su actividad productiva

y que además se encuentran en sectores que requieren mayores inversiones en tecnología y en capital humano capacitado.

En línea con lo anterior, las empresas en la Industria 4.0 no sólo presentan una estructura productiva distinta a las empresas tradicionales, sino que su consolidación ha transformado la forma de producir y ofrecer en el mercado diferentes bienes y servicios de mayor valor agregado, que además conduce hacia mayores niveles de eficiencia y cambia las relaciones tradicionales entre las empresas, sus proveedores y clientes.

La relación entre la innovación y la supervivencia empresarial es discutida en la literatura. En primer lugar, la innovación puede conducir a que las empresas encuentren un mejor posicionamiento en el mercado y puedan reducir sus probabilidades de salida del mismo. Por otro lado, la innovación puede resultar en una inversión arriesgada para los empresarios y de no ser acogida por la demanda puede llevar a las empresas a detener su actividad económica.

En el caso de las empresas de la Industria 4.0 la innovación tiene una relación positiva con la supervivencia. Tomando como referencia las empresas que implementaron su prototipo de innovación a través del Programa Alianzas por la Innovación, operado por Colciencias (hoy Ministerio de Ciencias, Tecnología e Innovación) en conjunto con Confecámaras y las Cámaras de Comercio, en sus fases 2 a 5, se encuentra que estas presentan tasas de supervivencia más altas.

Esto puede explicarse porque estas empresas enfrentan mecanismos de selección de mercado que les permite posicionarse. De hecho, Cefis & Masili

(2006) encontraron, de forma consistente con este hallazgo, que las empresas que innovan tienen una prima sobre su tasa de supervivencia que resulta ser mayor para las empresas jóvenes y pequeñas que tradicionalmente tienen menos posibilidades de superar el denominado “valle de la muerte”.

Aunado a lo anterior, aquellas empresas que se encuentran en sectores donde existen aglomeraciones económicas presentan tasas de supervivencia mayores. Estas aglomeraciones han sido posibles dada la estructuración de las Iniciativas Clúster que responden a esfuerzos que vienen adelantando las Cámaras de Comercio desde las regiones para catalizar el desarrollo, con una alta participación de actores locales, empresarios líderes y el desarrollo de alianzas público-privadas.

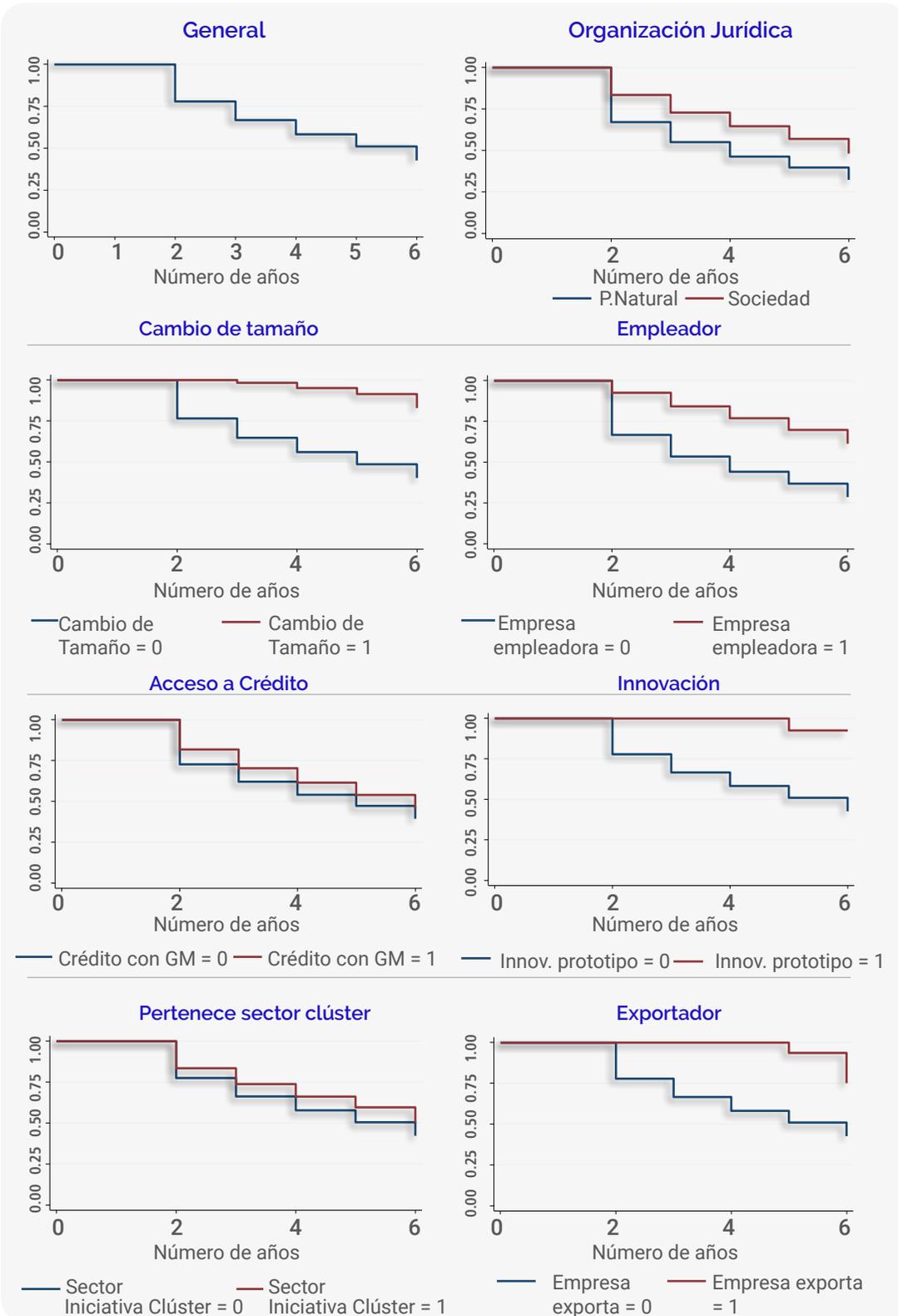
Estos esfuerzos de articulación han propiciado la vinculación de una mayor proporción empresarios de diferentes segmentos que perciben beneficios importantes para mejorar sus procesos de producción, participar en procesos de transferencia de conocimiento, incrementar sus ventas e ingresar a nuevos mercados externos, así como aumentar la sofisticación y valor agregado en sus productos y servicios, y fortalecer redes de proveeduría, entre otros beneficios (Confecámaras, 2019).

La inserción en mercados externos es también un factor determinante en la supervivencia de las empresas en la industria 4.0 (panel J). Aquellas empresas que exportan tienen una expectativa de vida mayor comparado con aquellas que sólo ofrecen sus productos y servicios en el mercado interno. Para estas empresas poder contar con un mercado más amplio les permite alcanzar mayores ingre-

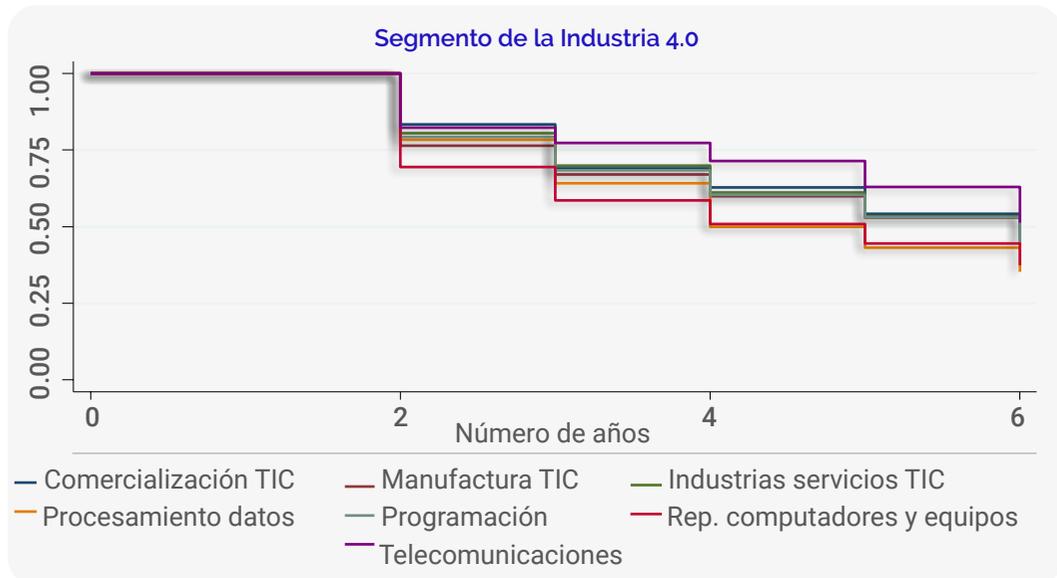
Los además de forma natural agregan mayor valor a sus productos con el fin de

lograr competir en el mercado externo y presentan mayores niveles de eficiencia.

Gráfico 14. Funciones de supervivencia de Kaplan-Meier



Continúa >>



Fuente: RUES - Cálculos propios.

Factores relevantes para la supervivencia de las empresas en la Industria 4.0

El análisis no paramétrico debe ser complementado con un análisis de regresión que estime la influencia de distintos factores sobre la probabilidad de fracaso de las empresas. Dentro de la literatura es común encontrar el uso de modelos de riesgo o duración, también conocidos como modelos de riesgos proporcionales, para hacer análisis sobre los determinantes de la supervivencia empresarial. De acuerdo con Bordona et al. (2009, citado en Pérez et al., 2015) estos modelos representan la metodología más apropiada para el análisis de supervivencia pues analizan la experiencia de dos o más grupos que están sometidos a condiciones distintas y permiten incorporar factores de riesgo que expliquen el porqué del estado de cada observación.

La regresión o Modelo de Cox es un método semi paramétrico que asume la tasa de riesgo como no paramétrica, pues no se hacen supuestos sobre la forma funcional y la influencia de los factores

específicos propias de un modelo exponencial (Snijders, 2017). Esta metodología es similar al uso de regresiones logísticas, con la particularidad de que permite incorporar el tiempo de ocurrencia de un evento en el análisis, en este caso la salida de una empresa del mercado.

Este modelo se basa en el supuesto de riesgos proporcionales, es decir, el riesgo entre dos empresas debe permanecer constante a lo largo del tiempo. Por otra parte, se mide como variable dependiente la probabilidad de fallo de las empresas en un momento determinado. En cuando a las variables dependientes, estas pueden ser variables binarias, categóricas o, a diferencia de la estimación no paramétrica, numéricas. Finalmente, para la interpretación de los coeficientes se entiende que aquellos que presenten un valor positivo indican un factor de mayor riesgo, mientras que los coeficientes negativos indican una menor probabilidad de fallo (Benitez-Parejo et al, 2011).

Dentro de la regresión se incluyen las mismas variables utilizadas para la estimación no paramétrica de Kaplan-

Meier, a excepción de la organización jurídica y, adicionalmente, se incluyen la relación frente a la escala mínima de eficiencia de las empresas del mercado, el crecimiento económico anual del sector de la actividad económica de cada empresa, el grado de desarrollo del departamento en el que se ubica la empresa y la tasa de entrada ajustada de empresas al mercado.

De esta manera se logran incorporar dentro del análisis algunos factores del entorno, tanto geográfico como macroeconómico, que pueden ser determinantes para la supervivencia empresarial. Finalmente, se evalúa la probabilidad de supervivencia para las empresas en los 7 segmentos de la Industria 4.0, para lo cual se toma como categoría base el segmento de comercialización de las TIC. Una descripción más detallada de la medición de cada variable puede ser consultada en el Anexo 3.

De acuerdo con los hallazgos hechos en la literatura sobre supervivencia empresarial y en línea con los resultados de la estimación no paramétrica de Kaplan-Meier, se espera que las empresas empleadoras, las que acceden a crédito por medio de garantías mobiliarias, exportan, innovan, pertenecen a un clúster y las que cambian de tamaño en sus primeros años de operaciones tengan una menor probabilidad de fracaso, es decir, que estas variables presenten un coeficiente negativo.

Por otra parte, se espera que las empresas ubicadas en un departamento más desarrollado, aquellas que se dedican a una actividad económica en un sector con un mayor crecimiento y las empresas con una mejor relación frente a la escala mínima de eficiencia de su mercado tengan una mayor probabilidad de supervivencia,

por lo que se espera que el coeficiente de estas variables también sea negativo.

Por el contrario, las empresas que compiten en mercados con una mayor tasa de entrada de empresas pueden presentar un mayor riesgo de fracaso a causa de la mayor competencia, por lo que se espera que esta variable presente un coeficiente positivo. Los resultados de la regresión se encuentran en la Tabla 3 y son consistentes con el comportamiento esperado de cada variable.

Uno de los factores que incide en una mayor probabilidad de sobrevivir es el cambio de tamaño de las empresas, más específicamente, si la empresa incrementó su tamaño durante el periodo de tiempo evaluado. Cambiar de tamaño reduce la tasa de fracaso en 0,6 pps de acuerdo con los hallazgos presentados en la tabla a continuación.

El hecho de que una empresa crezca indica que ha tenido un buen desempeño que le ha permitido mejorar su situación y posición en el mercado y que por lo tanto tiene una mayor facilidad para perdurar. Adicionalmente, el tamaño de las empresas influye en su probabilidad de supervivencia, pues a mayor tamaño tienen la capacidad de ajustarse ante choques externos reduciendo su tamaño, mientras que la primera opción que contemplan las empresas más pequeñas es la de salir del mercado (Boeri y Bellam, 1995, citado en Valdez & Noda, 2018).

Otro componente que se evaluó para estimar la probabilidad de sobrevivir es el segmento de Industria 4.0. Se tomó como categoría base el segmento de comercialización de las TIC y se evaluó cómo varía la probabilidad que tienen de permanecer en el mercado las empresas de los otros seis segmentos.

Los resultados de la regresión muestran que las empresas dedicadas a actividades de procesamiento de datos son las que tienen una mayor probabilidad de fracaso, seguidas de las empresas dedicadas a servicios TIC. En contraposición, las em-

presas en los segmentos de telecomunicaciones e industrias de manufacturas de las TIC afrontan un menor riesgo de fracaso que las empresas en otros segmentos; sin embargo, estos resultados no son estadísticamente significativos.

Tabla 3. Regresión de Cox

Variables	Variable dependiente: tasa de riesgo			
	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3	Modelo 4
Empleador	-0.810*** (0.0421)	-0.610*** (0.0497)	-0.604*** (0.0495)	-0.588*** (0.0496)
Acceso a crédito	-0.109 (0.0851)	-0.125 (0.0848)	-0.122 (0.0847)	-0.154** (0.0856)
Exportador	-0.451 (0.414)	-0.387 (0.413)	-0.370 (0.411)	-0.273 (0.403)
Innovación	-2.180** (0.997)	-2.114** (1.008)	-2.113** (1.007)	-2.102** (1.008)
Cambio de tamaño	-1.076*** (0.147)	-0.580*** (0.152)	-0.577*** (0.152)	-0.538*** (0.153)
Pertenencia a sector clúster	-0.128*** (0.0378)	-0.0547 (0.0463)	-0.0584 (0.0460)	-0.0984* (0.0514)
Grado de desarrollo regional		-0.00344*** (0.00103)	-0.00354*** (0.00103)	-0.00294*** (0.00105)
Escala mínima de eficiencia		-0.238*** (0.0298)	-0.244*** (0.0299)	-0.259*** (0.0302)
Crecimiento del sector			-0.0417*** (0.0110)	-0.0405*** (0.0110)
Tasa de entrada ajustada			0.358* (0.204)	0.296 (0.216)
Industrias de manufactura TIC				0.0599 (0.161)
Industrias de servicios TIC				0.256** (0.105)
Procesamiento de datos				0.350*** (0.112)
Programación				0.191* (0.0990)
Reparación de computadores				0.245** (0.104)
Telecomunicaciones				-0.0780 (0.158)

Nota: Error estándar clusterizado a nivel de empresa, presentado en paréntesis para los modelos (1)-(4)
 Nivel de significancia: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1. La información corresponde a la obtenida del cruce del RUES-PILA del Ministerio del Trabajo y las Cámaras de Comercio, el Registro de Garantías Mobiliarias de Confecámaras, Participantes del programa Alianzas para la Innovación de las Cámaras de Comercio, Información de Red Clúster Colombia e información del DANE de Cuentas Nacionales.

Un factor importante que puede incidir en la probabilidad de salir del mercado para las empresas de los segmentos de mayor riesgo está relacionado con el nivel de conocimiento y calificación del personal que requieren las empresas dedicadas a actividades de este tipo para poder ser competitivas. De allí la relevancia de apostarle a la mejora de habilidades y capacidades de la fuerza laboral.

Por otra parte, si bien la supervivencia de las empresas ya establecidas es mayor en un entorno de alta tecnología, la probabilidad de fracaso condicionada a la edad es mayor para las empresas que ingresan al mercado, lo que refleja los efectos adversos de la incertidumbre técnica y la obsolescencia del conocimiento en contraste con las empresas que se encuentran operando en el mercado por un largo tiempo.

La variación de la actividad económica rezagada un periodo también es un factor que tiene un impacto negativo en la probabilidad de fracaso de las empresas. Este resultado es consistente con otros hallazgos hechos en la literatura. Los resultados muestran que el crecimiento en el valor agregado de las actividades en las que se concentran estas industrias tiene un impacto de 0,04pps positivo en la tasa de supervivencia.

Benavente y Külzer (2008) hacen un análisis de los determinantes de la creación y la destrucción de empresas en Chile y encuentran que un mayor crecimiento del PIB en el periodo anterior disminuye la probabilidad de que se decida cerrar una empresa. De acuerdo con los autores esto puede ser causado por un mayor optimismo sobre el rumbo de la economía o porque las empresas logran

capturar parte de los efectos de un mayor ingreso en el país. En este caso una mayor tasa de entrada de empresas en los sectores reduce la probabilidad de fracaso de una empresa en 0,34 pps.

Por otra parte, Bhattacharjee et al. (2007) estiman modelos para estudiar los factores que determinan que las empresas se declaren en bancarrota y encuentran que durante los periodos de mayor crecimiento económico están vinculados con un menor número de cierres de empresas. Esto se debe a que el mal desempeño en el entorno macroeconómico impacta negativamente en la rentabilidad de las empresas y provoca un deterioro en sus ratios de endeudamiento.

Otro resultado arrojado por la regresión muestra que las empresas que acceden a financiación por medio de garantías mobiliarias tienen una mayor probabilidad de supervivencia. El acceso a financiación y su impacto en el crecimiento y supervivencia de las empresas es un elemento ampliamente discutido en la literatura.

Hernandez-Trillo et al. (2005, citado en Valdez & Noda, 2018)) estudian las condiciones que determinan la eficiencia de las empresas y encuentran que aquellas que acceden a financiación por medio de canales formales presentan escalas más eficientes que las empresas que no lo hacen. Esto puede incidir en su probabilidad de crecer y lograr una posición estable en su mercado.

En particular, para estas empresas las condiciones de entorno que favorezcan la creación de bienes y servicios de base tecnológica son relevantes. En este punto, el acceso a tecnologías de la información y la ampliación de su cobertura y uso es fundamental para que

puedan crearse más empresas y otras logren avanzar en su transformación digital.

Asimismo, brindar incentivos para identificar nichos de especialización productiva en estos segmentos es clave pues permite que se desarrollen oportunidades de negocio disruptivas orientadas a la incursión en emprendimientos relacionados con la Industria 4.0.

En la misma línea están los hallazgos de Woldehanna et al (2018), quienes estudian los determinantes de la supervivencia de las empresas en África y encuentran que el acceso a fuentes de financiación externas a una empresa impacta positivamente en su probabilidad de sobrevivir pues tienen mayor capacidad para invertir en el capital de trabajo necesario para lograr el crecimiento de sus negocios o para invertir en la formación de sus trabajadores.

La tasa de entrada ajustada es una variable que presenta un coeficiente positivo, es decir, una mayor tasa de entrada de empresas al mercado representa un mayor riesgo de fracaso para las empresas nuevas. Esto se puede explicar por la mayor competencia que deben afrontar las empresas de estos mercados y que les exige un mejor desempeño para poder consolidar una posición que les permita mantenerse y sobrevivir a lo largo del tiempo. Sin embargo, este resultado no es estadísticamente significativo.

Al evaluar el desempeño de las empresas frente a la escala mínima de eficiencia de su mercado se encuentra que aquellas empresas que generan un nivel de empleo superior a la mediana de empleo generada por empresas dedicadas a su misma actividad económica tienen

una mayor probabilidad de sobrevivir. Esto puede ser explicado porque las empresas que empleo generan logran desarrollar estructuras de producción competitivas y con un mayor nivel de eficiencia que favorecen su crecimiento frente a su competencia.

Finalmente, las empresas ubicadas en departamentos más desarrollados, de acuerdo con el índice de la CEPAL, tienen una menor probabilidad de fracaso. Esto puede ser explicado por las condiciones favorables para el acceso a crédito o a programas de fortalecimiento empresarial del Gobierno Nacional o de los gobiernos locales que tienen una mayor fortaleza y cuentan con mayores recursos en los departamentos desarrollados, lo que facilita el alcance de los empresarios.

Adicionalmente, los departamentos con una mejor calificación en este índice en el país, cuentan con mercados más desarrollados que favorecen el surgimiento de unidades productivas sostenibles y rentables a lo largo del tiempo. Pérez et al. (2015) identifican que una de las razones por las cuales las empresas de regiones menos desarrolladas afrontan una mayor probabilidad de cierre está ligada con la alta movilidad de mano de obra y capital en las regiones fronterizas en México.

Una situación similar pueden afrontar las empresas de la Industria 4.0 en las regiones menos desarrolladas de Colombia pues es común que la mano de obra de mayor nivel de calificación, un elemento crucial para las empresas de este tipo de actividades, emigre hacia regiones más desarrolladas del país en busca de mejores oportunidades. Adicionalmente, en los departamentos más desarrollados existen condiciones más

atractivas para la inversión, por lo que es posible que el capital económico también emigre hacia estas regiones.

En este sentido, la articulación público - privada debe reflejarse en la incidencia en la toma de decisiones que promuevan el uso de las TICs y que innoven los diferentes entornos bajo los cuales el tejido empresarial y social se desenvuelve. Esto se verá reflejado en la generación de acciones que promueven un crecimiento sostenido y eficaz que impacta a todos los miembros de la sociedad, a los sectores económicos y a la región.

Es importante mencionar que para visibilizar las industrias regionales e incursionarlas en el mercado internacional se deben establecer relaciones fuertes entre las empresas. Un ejemplo de esta acción se encuentra liderada a través de las Iniciativas Clúster de las Cámaras de Comercio que impulsan el desarrollo de oportunidades de negocios con el objetivo de mejorar la competitividad e innovación en los sectores económicos y en las regiones.

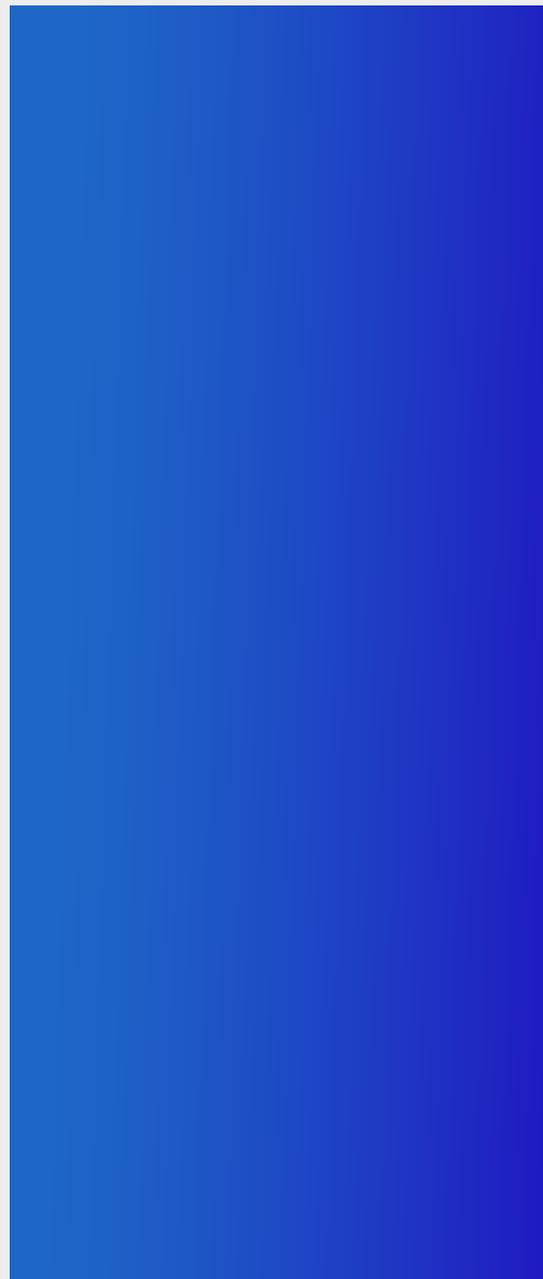
En este sentido, garantizar las condiciones correctas para el acceso, cobertura y uso de medios digitales, y fortalecimiento de habilidades de personas y empresas implica una agenda ambiciosa, pero que requiere una implementación con un enfoque integral que alinee

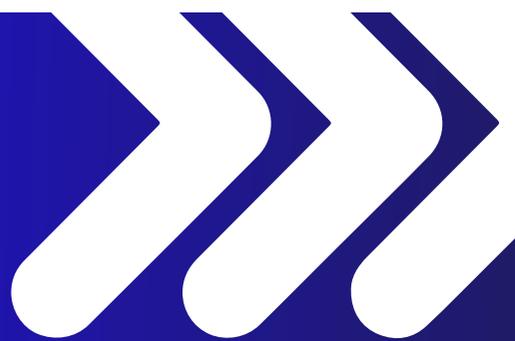
las estrategias de política pública ya demarcadas en el Plan Nacional de Desarrollo con estrategias de desarrollo con amplias agendas digitales.

Estas empresas cumplen el papel de pioneras en el proceso de transformación digital en el país y son la base para avanzar en el uso de las tecnologías como una oportunidad para hacer frente a la crisis actual y la superación de sus consecuencias en el mediano y largo plazo.

De allí la necesidad de acelerar políticas públicas que encaminen la digitalización y que se adapten a las condiciones heterogéneas del país y en particular de las mipymes. Las tecnologías digitales desempeñan un papel protagónico en la recuperación de la economía y permiten reforzar las disparidades entre las capacidades de las empresas, indistinto de su sector, y cerrar la brecha de productividad con las de mayor tamaño.

En suma, la revolución digital presenta múltiples oportunidades que permiten mejorar la calidad de los trabajos, competencias y crear nuevos puestos de trabajo. La adopción tecnológica permite consolidar nuevos motores de desarrollo económico, que, a través del fortalecimiento de un ecosistema digital, se convierte en fuente de productividad y mayor competitividad para el país.





Anexos

Anexo 1.

Actividades económicas relacionadas con la Industria 4.0

Segmento	Clase CIU	Descripción	Grado de inclusión
Industrias de comercialización de las TIC	4651	Comercio al por mayor de computadores, equipo periférico y programas de informática	Parcial
	4652	Comercio al por mayor de equipo, partes y piezas electrónicos y de telecomunicaciones	Parcial
	4741	Comercio al por menor de computadores, equipos periféricos, programas de informática y equipos de telecomunicaciones en establecimientos especializados	Parcial
	4742	Comercio al por menor de equipos y aparatos de sonido y de video, en establecimientos especializados	Parcial
	4791	Comercio al por menor realizado a través de Internet	Parcial
Industrias de manufactura de las TIC	2610	Fabricación de componentes y tableros electrónicos	Completa
	2620	Fabricación de computadoras y de equipo periférico	Completa
	2630	Fabricación de equipos de comunicación	Completa
	2640	Fabricación de aparatos electrónicos de consumo	Completa
	2651	Fabricación de equipo de medición, prueba, navegación y control	Parcial
	2670	Fabricación de instrumentos ópticos y equipo fotográfico	Parcial
	2680	Fabricación de medios magnéticos y ópticos para almacenamiento de datos	Completa

Segmento	Clase CIU	Descripción	Grado de inclusión
Industrias de servicios de las TIC	1811	Impresión	Parcial
	1812	Otros servicios de impresión	Parcial
	3320	Instalación especializada de maquinaria y equipo industrial	Parcial
	5820	Edición de programas de informática (software)	Completa
	6202	Actividades de consultoría informática y actividades de administración de instalaciones informáticas	Completa
	6399	Otras actividades de servicio de información	Parcial
	7010	Actividades de administración empresarial	Parcial
	7020	Actividades de consultoría de gestión	Parcial
	7210	Investigaciones y desarrollo experimental en el campo de las ciencias naturales y la ingeniería	Parcial
	8523	Educación media técnica y de formación laboral	Parcial
	8530	Establecimientos que combinan diferentes niveles de educación	Parcial
	8541	Educación técnica profesional	Parcial
	8542	Educación tecnológica	Parcial
	8543	Educación de instituciones universitarias o de escuelas tecnológicas	Parcial
	8544	Educación de universidades	Parcial
	8559	Otros tipos de educación n.c.p.	Parcial
8560	Actividades de apoyo a la educación	Parcial	
Procesamiento de datos	6311	Procesamiento de datos, alojamiento (hosting) y actividades relacionadas	Completa
	6312	Portales web	Completa
Programación	6201	Actividades de desarrollo de sistemas informáticos (planificación, análisis, diseño, programación, pruebas)	Completa
	6209	Otras actividades de tecnologías de información y actividades de servicios informáticos	Completa
Reparación de computadores y equipos de comunicación	9511	Mantenimiento y reparación de computadores y de equipo periférico	Completa
	9512	Mantenimiento y reparación de equipos de comunicación	Parcial
	9521	Mantenimiento y reparación de aparatos electrónicos de consumo	Parcial
Telecomunicaciones	6110	Actividades de telecomunicaciones alámbricas	Parcial
	6120	Actividades de telecomunicaciones inalámbricas	Parcial
	6130	Actividades de telecomunicación satelital	Parcial
	6190	Otras actividades de telecomunicaciones	Parcial

Anexo 2.

Palabras y frases utilizadas para la identificación de empresas de Industria 4.0

3D	NUBE
3D PRINTING	PROCESAMIENTO
ANALISIS DE DATOS	PROCESSING
ANALYSIS	RED
APRENDIZAJE	REDES
ARTIFICIAL INTELLIGENCE	ROBOT
BIG DATA	ROBOTICA
BLOCKCHAIN	SECURITY
CLOUD	SIMULATION
COMMUNICATION	SMART
COMPUTA	TECH
COMPUTING	TECNOLOGIA
COMUNICACIÓN	IMPRESORA 3D
NETWORK	INFORMACIÓN
CONNECTION	INFORMATION
CONEXIÓN	INTELIGENCIA ARTIFICIAL
CONEXIÓN	INTELLIGENCE
CYBER	INTERNET
DATA	MACHINE LEARNING
DATOS	DIGITAL

Anexo 3.

Descripción de las Variables Incluidas en el Modelo de Cox

Variable	Definición	Fuente
Organización Jurídica	Variable categórica que toma en cuenta si la empresa es una persona natural o es una sociedad.	RUES
Empleador	Variable binaria que toma el valor de 1 si la empresa generó empleo durante, al menos, uno de los años considerados en el análisis y toma el valor de 0 si no lo hizo.	RUES – PILA
Acceso a crédito	Variable binaria que toma el valor de 1 si durante el periodo de análisis la empresa accedió a financiación por medio de garantías mobiliarias y toma el valor de 0 en caso contrario.	Registro de garantías mobiliarias
Exportador	Variable binaria que toma el valor de 1 si durante el periodo de análisis la empresa exportó y toma el valor de 0 si no lo hizo.	DANE
Innovación	Variable binaria que toma el valor de 1 si la empresa participó en una de las fases de las alianzas para la innovación y toma el valor de 0 si la empresa no fue una de las participantes del programa.	
Cambio de tamaño	Variable binaria que toma el valor de 1 si la empresa incremento su tamaño durante el periodo de análisis y toma el valor de 0 en caso contrario.	RUES

Variable	Definición	Fuente
Pertenencia a sector clúster	Variable binaria que toma el valor de 1 si la empresa forma parte de una de las Iniciativas Clúster del país y toma el valor de 0 si no forma parte de ninguna de las iniciativas.	Red Clúster Colombia
Grado de desarrollo regional	Variable continua definida según el puntaje del departamento en el Índice de la Competitividad Departamental.	CEPAL
Escala mínima de eficiencia	Variable continua que mide la diferencia entre el nivel de empleo generado por la empresa y la mediana del empleo generado por las empresas dedicadas a su misma actividad económica.	RUES-PILA
Crecimiento sector	Variable continua que mide el crecimiento anual del sector en el cual se enmarca la actividad económica de la empresa.	DANE
Tasa de entrada ajustada por shift-share	Número de nuevas empresas en una región que se puede esperar observar si la composición de las industrias fuera idéntica en todas las regiones, permitiendo ajustar la tasa de entrada de empresas relativo al total nacional. Este ajuste sigue la metodología de cálculo de Aschcroft, Love & Malloy (1991).	RUES

Referencias

- Agarwal, R. (1998) Small Firm Survival and Technological Activity. *Small Business Economics*, 11, 215-224.
- Ashcroft, B., Love, J., & Malloy, E. (1991). New Firm Formation in the British Counties with Special Reference to Scotland. *Regional Studies*, 25(5), 395-409.
- Audretsch, D. & Mata, J. (1995) The post-entry performance of firms: Introduction. *International Journal of Industrial Organization*, 13, 413-419.
- Banco Interamericano de Desarrollo (2020) *Respuestas al COVID-19 desde la ciencia, la innovación y el desarrollo productivo*. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.18235/0002347>
- Bhattacharjee, A., Higson, C., Holly, S. & Kattuman, P. (2009) Macroeconomic Instability and Business Exit: Determinants of Failures and Acquisitions of UK Firms. *Economica*, Vol. 79.
- Beier, G., Ullrich, A., Niehoff, S., Reißig, M. & Habich, M. (2020) Industry 4.0: How it is defined from a sociotechnical perspective and how much sustainability it includes – A literature review. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 259. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120856>
- Benavente, J. & Külzer, C. (2008) Creación y destrucción de empresas en Chile. *Estudios de Economía*, Vol. 35. No. 2. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-52862008000200006
- Benitez-Parejo, N., Rodríguez, M. & Pérez-Vicente, S. (2011) Survival análisis and Cox regression. *Allergologia et immunopathologia*, 39 (6). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.aller.2011.07.007>

Bertoncel, T., Pejic-Bach, M., Meško, M. & Krstić, Ž. (2020) Text mining of industry 4.0 job advertisements. *International Journal of Information Management*, Vol. 50. P. 416-431.

Büchi, G., Cugno, M & Castagnoli, R. (2020) Smart Factory Performance and Industry 4.0. *Technological Forecasting & Social Change*, Vol. 150. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119790>

Cefis, E. & Marsili, O. (2006) Survivor: The role of innovation in firms' survival. *Research Policy*, 35, 626-641.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2006.02.006>

Confecámaras (2019) *Apuestas dinamizadoras del Desarrollo productivo en Colombia*. Bogotá. Disponible en: http://www.confecamaras.org.co/phocadownload/2019/Cuadernos_Analisis_Economicos/Cartilla%2020%20Iniciativas%20CI%C3%BAster%20NOV%2029-1.pdf

Confecámaras (2019) *Crecimiento, supervivencia y desafíos de las empresas de Economía Naranja en Colombia*. Bogotá. Disponible en: http://www.confecamaras.org.co/phocadownload/2019/Cuadernos_Analisis_Economicos/Cartilla%2020%20Iniciativas%20CI%C3%BAster%20NOV%2029-1.pdf

Culot, G., Nassimbeni, G., Orzes, G. & Sartro, M. (2020) Behind the definition of Industry 4.0: Analysis and open questions. *International Journal of Production Economics*, Vol. 226.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107617>

Dalmarco, G., Ramalho, F., Barros, A. & Soares, A. (2019) Providing Industry 4.0 technologies: the case of a production technology cluster. *Journal of Technology Management Research*, Vol. 30.
Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.hitech.2019.100355>

Departamento Nacional de Planeación (2018) *Documento CONPES 3920: Política Nacional de explotación de datos (Big Data)*. Bogotá.

Departamento Nacional de Planeación (2019) *Documento CONPES 3975: Política Nacional Para La Transformación Digital e Inteligencia Artificial*. Bogotá.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE (2020) Cuentas Nacionales Trimestrales – I trimestre 2020. Disponible en: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/cuentas-nacionales/cuentas-nacionales-trimestrales>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2020) Clasificación Internacional Industrial Uniforme de todas las actividades económicas

– Revisión 4 adaptada para Colombia. Disponible en: https://www.dane.gov.co/files/sen/nomenclatura/ciiu/CIIU_Rev_4_AC2020.pdf

Fondo Monetario Internacional. (2020) Perspectivas para América Latina y el Caribe: La pandemia se intensifica. Disponible en: <https://blog-dialogoafondo.imf.org/?p=13682>

Fondo Monetario Internacional. (2020) Actualización de las perspectivas de la economía mundial. Disponible en: <https://www.imf.org/es/Publications/WEO/Issues/2020/06/24/WEOUpdateJune2020>

Holmes, P., Hunt, A. & Stone, I. (2010) An analysis of new firm survival using a hazard function. *Applied Economics*, 42, 185-195. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/00036840701579234>

Horváth, D. & Szabó, R. (2019) Driving forces and barriers of Industry 4.0: Do multinational and small and medium-sized companies have equal opportunities? *International Journal of Production Economics*, Vol. 226. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107617>

Javaid, M., Haleem, A., Vaishya, R., Bahl, S., Suman, R. & Vaish, A. (2020) Industry 4.0 technologies and their applications in fighting COVID-19 pandemic, *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews* Vol. 14, p. 419-422. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2020.04.032>

Kagermann, H., Wahlster, W. & Helbig, J. (2013) Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0. National Academy of Science and Engineering.

Lu, Y. (2017) Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *International Journal of Industrial Information Integration*, Vol. 6, p. 1-10. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jii.2017.04.005>

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2017) Science, innovation and the digital revolution”, in *OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2017: The digital transformation*, OECD Publishing, Paris.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2019) Artificial intelligence in Society. Disponible en: https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/artificial-intelligence-in-society_eedfee77-en

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (2020) *Latin American Economic Outlook 2020: Digital Transformation for Building Back Better*, OECD Publishing, Paris. Disponible en: <https://doi.org/10.1787/e6e864fb-en>

- Organización Mundial del Comercio (2020) E-commerce, trade and the Covid-19 pandemic. Disponible en: https://www.wto.org/english/tra-top_e/covid19_e/ecommerce_report_e.pdf
- Pérez, A., Cuevas, E. & Michi, S. (2015) Determinantes de la supervivencia empresarial en la industria alimentaria de México, 2003-2018. *Trayectorias*, Vol. 17, No. 41. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/607/60741185001.pdf>
- Pratap, R., Javaid, M., Haleem, A. & Sunam, R. (2020) Internet of things (IoT) applications to fight against COVID-19 pandemic. *Clinical Research & Reviews* Vol. 14, p. 521-524.
- Roblek, V., Mesko, M & Krapez, A. (2016) A Complex View of Industry 4.0. *Sage Open* Vol. 6, No 2, p. 1-11.
- Sipior, J (2020) Considerations for development and use of AI in response to COVID-19. *International Journal of Information Management*.
- Snijders M (2017) Prediction for Transition Probabilities in Multi-State Models. Utrecht University.
- Tay, S., Lee, T., Hamid, N. & Ahmad, A. (2018) An Overview of Industry 4.0: Definition, Components, and Government Initiatives. *Journal of Advanced Research in Dynamical & Control Systems*, Vol. 10, 14.
- Valdez, R. & Noda, E. (2018) Determinantes del aumento o disminución de empresas: Análisis por entidad federativa y estrato de edad. *Ensayos. Revista de Economía*, Vol. 37. No 1. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-84022018000100077
- Woldehanna, T., Amha, W. & Yonis, M. (2018) Correlates of business survival: empirical evidence on youth-owned micro and small enterprises in Urban Ethiopia. *IZA Journal of Development and Migration*, Vol. 8. Disponible en: <http://www.eeaecon.org/sites/default/files/forms/Business%20survival.pdf>
- Yang, L (2020) Application of Artificial Intelligence in Electrical Automation Control. *Procedia Computer Science* 166. p. 292-295.
- Ynzunza, B., Izar, J., Bocarando, J., Aguilar, F. & Larios, M. (2017) El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras. *Conciencia Tecnológica*, No. 54. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107617>