

# UNA REVISIÓN DE LITERATURA SOBRE LAS ESTRATEGIAS TECNOLÓGICAS USADAS EN EL SECTOR AUTOMOTRIZ DERIVADAS DE LA PANDEMIA DEL COVID-19 <sup>1,2</sup>

A literature review on technological strategies used in the automotive sector derived from the COVID-19 pandemic

**Recibido:** 07 de mayo de 2022

**Aceptado:** 07 de junio de 2022

1- Autor: Ángel Ricardo Rendón Arenas. Grado académico: Maestro en Tecnologías de Información y Análisis de Decisiones. Adscripción: Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Correo: [angelricardo.rendon@upaep.edu.mx](mailto:angelricardo.rendon@upaep.edu.mx). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4320-4305>.

2- Co-Autor 1: Luz del Carmen Muñoz Palacios. Grado académico: Maestra en Administración con Formación en Organizaciones. Adscripción: Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Correo: [luzdelcarmen.munoz@upaep.edu.mx](mailto:luzdelcarmen.munoz@upaep.edu.mx). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6336-8003>. \* Autor de correspondencia



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

## RESUMEN

*La industria automotriz se ha visto gravemente afectada por la crisis provocada por la pandemia del COVID-19 restringiendo las actividades presenciales que han provocado una baja o nula productividad, así como una disminución del crecimiento global, frenando incluso el desarrollo de productos innovadores como la introducción de coches eléctricos y autónomos. Se realizó una revisión bibliográfica sobre la relación existente en el ámbito científico que permitió identificar opciones viables para la adopción de tecnologías que permitan afrontar este tipo de cambios disruptivos en este sector. Se desarrolló el análisis de los conceptos de Industria 4.0 e Investigación y Desarrollo, relacionándolos con las estrategias tecnológicas llevadas a cabo en el sector para encontrar un patrón de comportamiento que permita dar un aporte científico con estos enfoques de aplicación.*

**Palabras clave:** Industria automotriz; COVID-19; Adopción de tecnología; Innovación; Industria 4.0.

## ABSTRACT

*The automotive industry has been severely affected by the caused crisis by the COVID-19 pandemic, restricting face-to-face activities that have led to low or null productivity, as well as a decrease in overall growth, even slowing down the innovative products development, such as the introduction of electric and autonomous cars. A literature review was carried out on the existing relationship in the scientific field that allows identifying viable options for technologies adoption that allow facing this type of disruptive changes in this sector. The analysis of the concepts of Industry 4.0 and Research and Development was developed relating them with conducted technological strategies in the sector to find a behavioral pattern that allow giving a scientific contribution with these application approaches.*

**Keywords:** Automotive industry; COVID-19; Technology adoption; Innovation; Industry 4.0.

**Clasificación JEL:** O14, I62, O32

## Introducción

La inesperada aparición de la pandemia del COVID-19 trajo consigo cambios tanto en la sociedad como en el entorno empresarial que a su vez se han convertido en generación de estrategias para la sobrevivencia (García y Esteban, 2020). Aunque a más de dos años, prácticamente todas las empresas del mundo se han visto afectadas por la pandemia, cada una ha tenido que desempeñarse de formas muy variables incluso dentro de un mismo país o sector (World Bank, 2022). Sin embargo, la industria automotriz ha sido de las más afectadas ya que se encuentra a merced de grandes disrupciones desde la cadena de suministros, las operaciones, hasta las estrategias a largo plazo (Eichenberg, 2021). Las empresas manufactureras de este sector han tenido que mostrar resistencia fomentando tanto la creatividad como la reinención, trayendo retos de mejora con visión a largo plazo para preveer futuras interrupciones, incluyendo las innovaciones impulsadas por la digitalización (Trovaio, 2020).

La cuarta revolución industrial fue iniciada bajo una inteligencia emergente y disruptiva, debido a que en medio de un ambiente de tecnologías de la información se generan niveles cada vez más altos de eficiencia en la producción que han permitido influir drásticamente en el desarrollo sostenible social, así como ambiental, por lo que las organizaciones deben considerar la adopción de las tecnologías de la Industria 4.0 para conseguirlo (Bai *et al.*, 2020). Por su parte, haciendo frente a los efectos económicos y sociales de la pandemia global la innovación ha surgido como una estrategia para hacer frente a los desafíos inmediatos de empresas e instituciones, lo cual ha llevado a las organizaciones a buscar nuevas formas tanto de aumentar la eficiencia, como de reducir costos, implementando transformaciones digitales (Geldes y Heredia, 2020).

El analizar los términos que giran sobre las estrategias de adopción de tecnología e innovación en las empresas del sector automotriz global será relevante ser resiliente en los tiempos de crisis al ser un sector económico que da empleo a 59 millones de personas en todo el mundo (directa e indirectamente) y que a su vez contribuye con alrededor de 5.5 billones de dólares a la economía mundial (Trovaio, 2020).

La presente investigación tiene como objetivo mostrar una revisión de literatura tanto de la adopción de la tecnología como de la innovación que han sido estrategias determinantes para que la industria automotriz global sobreviva a la pandemia del COVID-19. La revisión de la literatura académica muestra una falta de orientación suficiente al estudio al respecto. Para la selección de artículos se hizo una búsqueda exhaustiva en la base de datos de *Scopus*; se construyó la búsqueda óptima el día 26 de febrero del 2022, utilizando las palabras claves de adopción de tecnología, innovación, COVID-19 e industria automotriz arrojando 179 resultados; una vez obtenidos los resultados se filtraron para los años 2020, 2021 y 2022 debido a que fue el tiempo de inicio de la pandemia del COVID-19, quedando 76 documentos. Los resultados se exportaron al formato *.csv* para su análisis.

Una vez analizados los 76 documentos, se excluyeron 19 por no ajustarse al objetivo de la investigación desde la perspectiva del alcance en el área de estudio de Administración de Negocios, Ingeniería y Ciencias Sociales, dichos artículos fueron encontrados con enfoque al área de la salud, debido al criterio de búsqueda asociado al COVID-19, que por sí sólo no tienen una relevancia importante para el presente estudio; también se optó por excluir 14 documentos por ser resultados de conferencias y capítulos de libros, los cuales cuentan con generalidades que no permiten encontrar los términos específicos del estudio. Por lo tanto, se consideraron sólo 54 artículos para el análisis en la revisión de la literatura.

**Tabla 1. Criterios de Inclusión y de Exclusión**

<b>Criterios de Inclusión</b>	<b>Criterios de Exclusión</b>
<b>Artículos de Investigación publicados en Revistas Científicas.</b> <b>Artículos publicados entre 2020-2022</b> <b>Idiomas: Inglés, español y portugués.</b> <b>Investigaciones de diversos países.</b> <b>Áreas de Administración de Negocios, Ingeniería y Ciencias Sociales.</b>	<b>Resúmenes de Conferencia</b> <b>Libros</b> <b>Capítulos de Libros</b>

Fuente: Elaboración propia.

## 1. Justificación

La presente investigación tiene una importancia global ya que puede adaptarse a otras industrias cercanas y países fabricantes de automóviles además de que las tecnologías digitales son más útiles de inmediato en sectores altamente automatizados como el automotriz, que en sectores que implican niveles significativos de ensamblaje manual para crear estructuras muy grandes como la aeroespacial (CCOO, 2017). Otro aspecto importante es su relevancia social, al ser estrategias que generan mayor comunicación con la empresa y que a su vez pueden ser replicables a las PyMEs, las cuales representan a escala mundial, de acuerdo con cifras del Consejo Internacional para la Pequeña Empresa, más del 90 por ciento del total, generando entre 60 y 70 por ciento del producto interno bruto mundial (ONU, 2022), se debe considerar que las PYMES enfrentan diferentes retos, como lo son las brechas de productividad respecto de las empresas grandes y el rezago en digitalización (OCDE, 2017).

Sin embargo, las implicaciones prácticas realizadas en la actualidad se han dado debido al tiempo que ha transcurrido de la pandemia dentro de la literatura, por lo que no existe una claridad sobre el tipo de innovación o tecnologías que la industria automotriz ha adoptado en sus diferentes procesos, para lograr la eficacia operativa y mantener una ventaja competitiva con respecto a la competencia.

La investigación existente recoge diferentes puntos de vista de autores que comparten su punto de vista en cuanto a la adopción de tecnología e innovación en la industria automotriz en China por parte de Ali (2021), en Eslovaquia Sütőová *et al.* (2020), en México González (2021), en Indonesia Hidayatno *et al.* (2019), por mencionar algunos.

## 2. Marco Contextual

Si bien la industria automotriz global ya experimentaba un fuerte deterioro, registrando desplazamientos negativos debido tanto al cambio climático, los avances tecnológicos, los cambios demográficos, así como de la incertidumbre y turbulencias del mercado, lo cual generó bajos volúmenes de ventas registrados incluso antes de la pandemia (IndustrialALL, 2020).

El brote del COVID-19 tuvo un duro impacto a la industria automotriz en todo el mundo, interrumpiendo las cadenas de valor globales y disminuyendo la demanda; pero eso no fue todo, las medidas de

contención de los gobiernos como toques de queda y cierre de fábricas para combatir el brote provocaron que los fabricantes de automóviles detuvieran la mayoría de sus plantas y redujeran su producción a corto plazo con otros negocios de empresa a empresa. Por lo anterior, los beneficios de adoptar una estrategia digital surgieron temprano en la crisis de COVID-19 (Hofstätter *et al.*, 2020).

## 2.1 Problemas que enfrenta el sector automotriz global

En Wuhan, la ciudad que fue el epicentro del brote en China, la cual es conocida como la ciudad del motor ya que en ella se encuentran posicionadas empresas como General Motors, Honda Motor, Nissan Motor, el grupo Peugeot (PSA), Renault y Toyota Motor, se interrumpió por completo la producción, teniendo que cerrar plantas en toda Asia, trasladándose rápidamente a Europa y América (OIT, 2020).

En la Unión Europea, los cierres de plantas afectaron a 1.1 millones de un total de 2.6 millones de puestos de trabajo directos en la fabricación de automóviles en marzo de 2020 donde más de la mitad de ellos eran trabajadores de Alemania (OIT, 2020). En el continente americano, empresas como General Motors, Ford Motor y Fiat Chrysler Automobiles (FCA) para el 2020 habían clausurado temporalmente todas sus fábricas en los Estados Unidos hasta nuevo aviso (UAW, 2020), sumándose países como Argentina (Rostás, 2020) y Brasil (Peroni, 2020).

## 2.2. Empresas que han adoptado Tecnología o Innovación

### Asia

Asia en particular, que fue el origen y el epicentro del comienzo de la pandemia, se encontraron algunos efectos adicionales en el sector empresarial que obligaron, en primer lugar, a reforzar la necesidad de integración; en segundo lugar, a acelerar la Cuarta Revolución Industrial, y con ella, a promover nuevas y mejores formas de organización del trabajo. En este sentido, el principal problema radica en superar la interrupción de los suministros para la fabricación de productos (González y Hernández, 2021).

Algunos países de la región se han propuesto de manera integral a reactivar la economía de la región por tres vías específicas: la implementación de la Iniciativa Multilateralizada de *Chiang Mai* (CMMI); la apertura comercial con la conclusión de la Asociación Económica Regional (RCEP) y el despliegue de la economía digital (González y Hernández, 2021). La digitalización ha ido transformando las cadenas de valor y abriendo nuevos canales para la generación de valor añadido y un cambio estructural más amplio; ha impulsado la economía digital en su conjunto y ha identificado a la región de Asia con el mayor volumen de comercio electrónico (Saadi, 2018).

### Europa

Tan solo en Europa la industria automotriz no estaba segura sobre el uso de canales digitales antes de que llegara la crisis de COVID-19, mientras que las empresas de otras industrias avanzaron agresivamente (Vrontis *et al.*, 2020). Un estudio de cociente digital en el 2019 realizado bajo un método de McKinsey

para evaluar la madurez digital general de una organización, reveló que el sector automotriz promedio tiene una clara necesidad de digitalizarse y esta industria obtiene un puntaje por debajo del promedio (Hofstätter *et al.*, 2020).

### América

A lo largo de las últimas tres décadas, la región ha avanzado significativamente en el desarrollo de su infraestructura digital. La región de América Latina y el Caribe se sitúa en un nivel de desarrollo intermedio respecto a otras regiones del mundo en cuanto al desarrollo de su ecosistema digital; de hecho, pertenece al grupo de países del mundo emergente con una tasa de crecimiento anual moderada de la digitalización (Collie *et al.*, 2020).

Hay muchas pruebas del aumento del uso de las redes de telecomunicaciones desde el comienzo de la pandemia, y como consecuencia de la erosión natural de los índices de calidad. En la actualidad, las empresas latinoamericanas tienen un alto grado de conexión a Internet, la proporción de las que utilizan la plataforma en su cadena de suministro es menor (Agudelo *et al.*, 2020).

## 3. Objetivo General

A partir de la revisión bibliográfica, analizar qué estrategias tecnológicas de supervivencia adoptaron las empresas de la industria automotriz desde una perspectiva global, para proporcionar una visión general de las opciones para otras industrias que buscan sobrevivir a la pandemia del COVID-19 u otros cambios disruptivos.

### 3.1. Objetivos Específicos

- Analizar los artículos seleccionados a partir de los criterios de búsqueda para encontrar las implementaciones tecnológicas en el sector automotriz asociadas a la Industria 4.0 durante la crisis sanitaria del COVID-19, que permitieron abatir los escenarios disruptivos a nivel mundial.
- Clasificar los artículos seleccionados a partir de los criterios de búsqueda en los campos de adopción de tecnología e implementación de innovaciones, para determinar las tendencias existentes dentro de la industria automotriz.
- Analizar la tendencia de las implementaciones y adopciones tecnológicas en la industria automotriz por países para encontrar las tendencias por secciones regionales influenciadas por los gobiernos y los mercados.

## 4. Marco Teórico

Para comprender la influencia de la adopción tecnológica dentro de los procesos de la industria automotriz, es importante desglosar los conceptos que algunos autores han desarrollado en la literatura. En

una revisión de las definiciones asociadas a la tecnología desde diferentes perspectivas, se concluyó que esta debe de cumplir con aspectos nucleares como son una función, un propósito, así como obtener un beneficio de ella, de forma que sólo las especies inteligentes tengan la habilidad de apreciar (Carrol, 2017).

Por otra parte, en términos de adopción tecnológica, el modelo de difusión propuesto por Rogers (IDT), considera a los atributos de las innovaciones como el principal promotor para lograrla, el cual cuenta con tres etapas, el conocimiento que es producido cuando un individuo enfrenta la innovación y adquiere un entendimiento de sus funciones. En la etapa de la persuasión, el usuario percibirá ciertos atributos como la ventaja relativa, compatibilidad, entre otras; y así con esta percepción, entra a la última etapa sobre la decisión, donde el individuo podrá asumir o rechazar la innovación. Para que el usuario pueda adoptar la tecnología debe de haber concluido que es la mejor opción disponible (Mohammadi *et al.*, 2018).

Respecto a la percepción de las características de la innovación por parte de los usuarios potenciales, el modelo de Rogers propone algunos constructos funcionales, como lo son: la ventaja relativa que es definida como el grado en que una innovación es percibida como mejor que su predecesor tecnológico; la compatibilidad, la cual es el grado de consistencia con los valores existentes, necesidades y experiencias pasadas de los adoptadores potenciales; la facilidad de uso, el cual define que tan fácil es de aprender y usar las innovaciones; la observabilidad, definida como el grado en que se puedan visualizar los impactos; la triabilidad, que define el grado en cuanto se puede experimentar antes de la adopción y finalmente, la voluntariedad que es la consideración de la disponibilidad de la adopción (Marak *et al.*, 2019).

A su vez, el modelo de Rogers sugiere también que la adopción por parte de los usuarios debe ser determinado por el grado de innovación y el tiempo requerido para su aceptación, es decir, medir que tan pronto se pueden adoptar las nuevas ideas relativas dentro de un sistema social. En este sentido, se puede categorizar a los usuarios como a continuación se desglosa: innovadores, primeros adoptantes, mayoría temprana, mayoría tardía y los rezagados (Franceschinis *et al.*, 2017).

Históricamente, el sector automotriz es uno de los principales promotores de la industrialización de procesos, teniendo gran influencia en el desarrollo tecnológico, así como una importante contribución en las inversiones independientemente del país donde se encuentre establecida. En este sentido, las empresas OEM son aquellas que tienen un gran poder de mercado en el sector, además de que tienen la necesidad constante de mejorar sus operaciones con tecnología, sin dejar de mencionar su gran capacidad de inversión, por lo tanto, son consideradas como un adoptador temprano de innovaciones, así como el principal promotor de la robotización (Anzolin *et al.*, 2020).

La industria 4.0 se resume con el concepto de internet de las cosas; se argumenta que este cambio podría llegar a ser la cuarta revolución industrial, puesto que se refiere a un sistema completo que contribuye a mejorar y fortalecer una empresa por medio de sistemas renovados. Por lo tanto, esta industria busca elaborar herramientas para la automatización, que se basa en la recolección de datos mediante herramientas inteligentes (Peralta *et al.*, 2020). Por otra parte, la industria 4.0, comprende una variedad de tecnología que permiten el desarrollo de la cadena de valor, mejor calidad del producto, mejorar la comunicación con el consumidor y la eficiencia en el desempeño organizacional (Kamble *et al.*, 2018).

Es habitual referirse a este concepto con términos como *Fábrica Inteligente* o *Internet Industrial*, lo que refiere de la aplicación a la industria del modelo *Internet de las cosas*. Todos estos términos tienen en común el reconocimiento de que los procesos de fabricación se encuentran en un proceso de transfor-

mación digital, una *revolución industrial* producida por el avance de las tecnologías de la información y, en particular, en la informática y el *software* (Del Val, 2016).

La industria 4.0 es la actual revolución industrial, que consiste en la digitalización de los procesos industriales con ayuda de las tecnologías de la información y la inteligencia artificial. Esta nueva etapa de la industria apuesta por una mayor seguridad, conectividad y globalización, mientras que la llegada de las nuevas tecnologías como la robótica, *big data*, la inteligencia artificial y el internet de las cosas ayudan a optimizar los procesos de fabricación, su supervisión e integración con otros procesos y sistemas utilizados (Ríos *et al.*, 2019).

## 5. Revisión de Literatura

### 5.1. Tecnologías de la Industria 4.0

En términos de la Industria 4.0 relacionado a la adopción de tecnología en el sector automotriz, se encontró inicialmente un estudio que ha examinado a fondo este tipo de tecnologías, introduciendo un marco de medidas para la sostenibilidad basado en los objetivos de desarrollo de las Naciones Unidas, además se desarrolló un método híbrido de decisiones de situaciones múltiples, la teoría de la perspectiva acumulativa y VIKOR que puede evaluar eficazmente las tecnologías de la industria 4.0 en cuanto a su rendimiento y aplicación sostenibles; el método hizo uso de información de casos secundarios de un informe del FEM; los resultados mostraron que la tecnología móvil tiene el mayor impacto en la sustentabilidad dentro todas las industrias, por otra parte, la nanotecnología, la tecnología móvil, la simulación y los drones tienen el mayor impacto dentro de las industrias automotrices, electrónica, así como de alimentos y bebidas, respectivamente (Bai *et al.*, 2020).

Posteriormente, en otro estudio relacionado se evaluó tanto el nivel de madurez de la Industria 4.0, como el de las tecnologías inteligentes de Calidad 4.0 en organizaciones que operan en la industria automotriz en Eslovaquia, además de proveedores de nivel 1 y 2. Por otra parte, se realizó bajo una revisión de literatura, una investigación cuantitativa con el uso del modelo de madurez I4.0 de acuerdo a PwC, los resultados permitieron conocer que los proveedores automotrices del nivel 1 y 2 se encuentran en la etapa inicial de madurez I4.0 y adopción de tecnologías inteligentes Q4.0. En cuanto mayor desarrollo de los OEM para alcanzar el nivel máximo de digitalización requiere nuevos modelos comerciales disruptivos (Sütőová *et al.*, 2020).

Por otra parte, se encontró un análisis realizado sobre la respuesta estratégica de la industria 4.0 en la industria automotriz china, así como de identificar los factores críticos para su implementación exitosa a partir del uso de un marco tecnológico, organizacional y ambiental para construir los modelos estructurales y uso de herramientas estadísticas para validar el modelo; se recopilaron datos empíricos para medir la comprensión de la industria 4.0, lo cual dio como resultado que tanto el tamaño, como la naturaleza de la empresa no incrementó el uso de tecnologías productivas avanzadas, mientras que otros factores tuvieron impactos positivos en la mejora de la adopción de tecnología entre las empresas encuestadas (Lin *et al.*, 2018).

Además, en otro estudio enfocado a mostrar las decisiones estratégicas que facilitan la implementación de iniciativas de la industria 4.0 en las PyMEs, se utilizaron dos casos de estudio de proveedores de



un gran fabricante de componentes en el sector automotriz, los resultados indicaron que a pesar de varias similitudes en términos de gama de productos y mercados las empresas mostraron ser polos opuestos en lo que respecta a la digitalización, apuntando a tres factores clave para la implementación exitosa de la industria 4.0: innovación, asociación de proveedores con tecnologías 4.0 y participación de trabajadores en el proceso de cambio tecnológico (Arcidiacono *et al.*, 2019).

Mientras tanto, en otro estudio realizado para explorar la estructura de políticas que podrían influir en el crecimiento de la adopción de la tecnología de la industria 4.0 para mejorar la eficiencia energética en la industria automotriz de Indonesia, sirvió para proporcionar una comprensión de la relación causal y la dinámica entre los factores incluidos en el diseño del cuarto ecosistema industrial, a partir de un estudio exploratorio a través de un modelo conceptual cualitativo desarrollado dentro del enfoque de modelado de dinámica de sistemas, lo cual permitió crear una oportunidad para que el gobierno no solo estimulara un mayor crecimiento del sector, sino que también aumentara la eficiencia energética simultáneamente (Hidayatno *et al.*, 2019).

En otro orden de ideas, la contingencia sanitaria originada por la pandemia del COVID-19 enfatizó la estrategia para la reducción de las emisiones al medio ambiente, lo cual ha derivado en diferentes iniciativas gubernamentales, como el *Green Recovery Plan* (GRP) promovido por la Unión Europea que tiene el propósito principal de la reactivación económica post-pandemia, además de promover el bajo consumo de carbón en diferentes sectores industriales, como es el caso del automotriz, donde la implementación de tecnologías disruptivas, inversiones en energías renovables y cambios drásticos en los patrones de consumo deben de ser instrumentos evaluadores que permitan consecuencias potenciales en la generación de empleos, así como de la sustentabilidad ecológica (Cazcarro *et al.*, 2022).

Un mercado prometedor para la industria automotriz y los nuevos *OEMs* aeroespaciales requiere de ideas muy simples de implementaciones que dependerán en gran medida de las tecnologías digitales, por lo que se buscó explicar la difusión de las tecnologías de la Industria 4.0 en dos industrias manufactureras globalizadas; el resultado mostró que al seguir sugiriendo nuevas formas, la adopción e integración generalizada de estas tecnologías puede afectar su distribución geográfica, especialmente si se trata de nuevas regiones y tal vez las establecidas pueden ser perturbadas (Hickie y Hickie, 2021).

Dentro del campo de la cadena de suministro para la industria automotriz derivado de las restricciones de movilidad que originó la pandemia del COVID-19, ha surgido la tendencia de implementación del *Additive Manufacturing* (AM), la cual está alineada a uno de los objetivos de la Industria 4.0 que es la interconexión de equipos. Con esta propuesta tecnológica, se espera que el proveedor de los componentes pueda compartir el archivo de diseño con el fabricante para que estos sean producidos en la misma fábrica basados en la demanda de productos final, reduciendo así la cadena de suministro en recursos y tiempos. Finalmente, estas propuestas apuntan a lograr un proceso de adquisición ágil a través de la adopción de tecnologías digitales innovadoras, además de integrarse a las metas estratégicas de la organización (Muhammad *et al.*, 2022).

Adicionalmente, existen diferentes tecnologías digitales que se han podido usar para las prácticas de resiliencia en la industria automotriz, donde a raíz de la crisis sanitaria del COVID-19 se incrementaron las restricciones, así como los bloqueos de transportación en las cadena de suministro, por lo que tanto el *IoT*, *Big Data*, como los *Digital Twins*, son considerados propuestas tecnológicas que pueden mejorar la alta conectividad, precisión y transparencia entre los involucrados en este tipo de procesos logísticos, por

lo que es importante dar soporte a este tipo de estrategias que pueda preparar al sector en futuros eventos similares disruptivos (Kaeo-Tad *et al.*, 2021).

Dado que la India es el segundo país más afectado por el COVID-19 después de EE.UU., la industria automotriz india experimentó grandes interrupciones en la producción en varias plantas de fabricación, teniendo como principal causa la alta dependencia de India con China para obtener los componentes de los automóviles durante la etapa de adquisición; la solución clave fue adoptar AM, la cual es una de las tecnologías emergentes de *Procurement 4.0* siendo esta una red de cadena de suministro automotriz resistente, siendo elegida para analizar la implementación en la etapa de compras de la cadena de suministro superior automotriz; lo anterior dio como resultado la obligación hacia los fabricantes de automóviles globales a adoptarlas de forma puntual (Mahaboob *et al.*, 2022).

Para contribuir a la resiliencia de la cadena de suministro automotriz (SCR) se examinó el papel de las tecnologías de la cadena de suministro digital (DSC) con el objetivo de mejorar los objetivos de desempeño de la cadena de suministro (SC-Perf) de las empresas que operan en la industria automotriz, a partir de una investigación empírica en profundidad y tomando como muestra a profesionales de entidades de la cadena de suministro, como fabricantes de equipos originales de automóviles, fabricantes de componentes de nivel 1 y proveedores líderes de logística en los mercados emergente de Asia-Pacífico (AP), se enfatizó el papel de las tecnologías DSC y el fomento de las prácticas de SCR y SC-Perf teniendo un resultado en el que el efecto de moderación es mayor, posterior a la pandemia (Balakrishnan y Ramanathan 2021).

Por su parte, en una empresa de la industria automotriz marroquí, se buscó alinear a la empresa con los proveedores y clientes, así como trabajar en conjunto para lograr la agilidad organizacional, estratégica e individual, vinculando las prioridades competitivas, los atributos y los habilitadores de la cadena de suministro a partir de la adopción de un enfoque de implementación de funciones de calidad difusas (FQFD), además de las dos casas de la calidad (HOQ) para identificar los más apropiados; una vez dada la evaluación, se demostró que hay tres habilitadores que necesitan mayor atención: el cumplimiento de los procesos, la capacidad logística y de distribución, así como de las herramientas informáticas de apoyo (Tamtam y Tourabi, 2021).

Finalmente, se consideró que uno de los cambios más disruptivos en la cadena de suministro ha sido la presencia de la pandemia COVID-19, sin embargo, antes de esto, ya existían diferentes tendencias en las nuevas necesidades, como el aumento de la complejidad de las redes de suministro, la globalización o incluso efectos externos como los desastres naturales o las intervenciones políticas. Para ello, se ha propuesto un marco de trabajo con una estructura piramidal que relaciona las tecnologías habilitadoras de la Industria 4.0, como el *Big Data* o la Inteligencia Artificial, el trasfondo de las características de resiliencia de la cadena de suministro y las fases de la misma, lo que puede permitir a los gestores disponer de una herramienta de decisión en situaciones de conflicto de suministro, así como determinar la adopción de la tecnología más adecuada en función del trasfondo empresarial (Spieske y Birkel, 2021).

## 5.2 Enfoque de Investigación y Desarrollo

En el análisis de la literatura, se encontró también un enfoque específico en el área de Investigación y Desarrollo orientado a la adopción de tecnología dentro de la industria automotriz, en este sentido, un estudio empleó un enfoque de métodos mixtos bajo un análisis empírico de datos secundarios a nivel de

empresa del sector manufacturero de China y un análisis de casos múltiples para proporcionar evidencia sobre si la innovación podría ser una estrategia de sobrevivencia a la crisis del Covid-19, por lo que se hizo un análisis del primer trimestre del 2020 tomando una muestra de 606 empresas manufactureras, los cuales revelaron que las empresas innovadoras parecen más eficientes y rentables y pueden considerarse resilientes a comparación de las menos innovadoras, los resultados del segundo trimestre basado en una muestra de 582 empresas mostró que la innovación revela una mayor eficiencia operativa; a partir de un análisis adicional se encontró una asociación innovación - desempeño más fuerte incluso que antes de la crisis (Ali, 2021).

Sin embargo, Rocchetta y Upadhayay (2021) en su estudio propusieron analizar de forma determinante la capacidad de las empresas para mantener un desempeño positivo durante una crisis inesperada, a partir de un análisis logarítmico multinominal con datos a nivel de empresa de la industria automotriz italiana; los resultados más significativos fueron que la innovación y los activos intangibles juegan un papel clave en la capacidad que tienen las empresas para enfrentar los choques externos, los hallazgos brindaron información sobre soluciones prácticas para las empresas que pertenecen a una industria madura como la automotriz.

Por otro lado González (2021) en su estudio analizó los términos en que se estructura la reconversión productiva de la industria automotriz global en el marco de la transición sociotécnica con miras a un nuevo paradigma de movilidad interactiva, a partir de un estudio exploratorio se encontró que a nivel general y respondiendo a los retos ecológicos y de movilidad, las empresas y los países buscan consolidar capacidades productivas a partir de una mayor inversión en innovación y políticas gubernamentales de fomento en México, a comparación de la experiencia global que se centra en consolidar la ventaja competitiva basada en bajos salarios y mantener fuertes flujos de inversión extranjera directa sin buscar incidir en la creación de aprendizaje y conocimiento.

Dentro de las aplicaciones tecnológicas aplicadas a la industria automotriz, se pudo realizar un estudio predictivo a través de Redes Neuronales Artificiales (RNA) para el análisis en la solución a problemas complejos de los motores de combustión, evaluando diferentes variables de datos históricos tales como rendimiento y/o emisión de los diferentes componentes mecánicos. A través de este tipo de adaptación tecnológica, se pudo abatir la restricción presencial de los centros de investigación que la pandemia del COVID-19 generó, siendo una alternativa diferente que derivó en un ahorro de tiempo y dinero para los centros de investigación (Bhatt y Shrivastava, 2022).

La industria automotriz ha tenido un decremento en términos de producción de vehículos de combustión, ventas y servicios post-venta, derivado de la pandemia del COVID-19, donde se ha hecho conciencia del cuidado del medio ambiente buscando energías alternativas como la movilidad eléctrica, donde tan solo en los primeros nueve meses del 2020 se tuvo un incremento en las ventas de autos eléctricos del 19% en la mayor parte de los mercados mundiales, lo cual ha motivado a que los fabricantes de autos consideren realizar fuertes inversiones para el impulso de esta tecnología (Augurio *et al.*, 2020).

De hecho, un estudio sobre el transporte motorizado individual mencionó que se considera una fuente importante de emisiones y que debe reducirse para cumplir con los acuerdos internacionales, pero a pesar de ello, la adopción de vehículos eléctricos (VE) sigue siendo baja; Por lo tanto, se llevó a cabo un análisis para conocer las características individuales de los consumidores y la ubicación espacial de cada

hogar para los vehículos eléctricos de batería (BEV), así como los propietarios de vehículos de motor de combustión interna en una región libre de políticas estrictas de VE, por lo que se encontró que la adopción de BEV se predice por afinidad tecnológica, altos ingresos, entre otros; siendo valiosa para los operadores de la red energética y para la industria del automóvil (Brückmann *et al.*, 2021).

En algunos estudios predictivos relacionados a los modelos de difusión sobre la producción de vehículos eléctricos, tomando escenarios inciertos como el COVID-19, han estimado que para el año 2030 se tenga un incremento de aproximadamente 30% del mercado a nivel mundial; aunque cada país considerado en el estudio tuvo un análisis independiente, se puede visualizar de forma general que esta tendencia obligará a invertir también en infraestructuras que sostengan esta tecnología, como las estaciones de carga, programas de subsidio gubernamentales, reducción de impuestos o condonación de pagos anuales, de forma que permitan capitalizar el nuevo ecosistema a través de la movilidad eléctrica (Kumar *et al.*, 2022).

En un estudio cuantitativo realizado en las empresas manufactureras automotrices de la Región Europea a raíz de los efectos de la pandemia por COVID-19 para evaluar el poder de la toma de decisiones de negocio, pudo demostrar que esta fue considerada como una oportunidad para realizar inversiones de desarrollo y realizaron asociaciones importantes con empresas del sector de las TIC con el objetivo de implementar digitalización y la electrificación de los vehículos, consideradas hasta ahora como parte de las megatendencias (Pelle y Tabajdi, 2021).

En términos legales, para la incorporación de vehículos autónomos, en Alemania se han encontrado avances considerables al ser el primer país en el mundo en adoptar leyes hacia niveles 4 de automatización para vehículos logísticos, transbordadores o transporte público, pero únicamente con propósito de pruebas. Esto fue derivado de la necesidad de contar con medios sustentables y seguros, lo cual ha generado inversiones de empresas emergentes para traer este tipo de vehículos autónomos, conectados y emisión cero para transportar personas o bienes (Sjoberg, 2021).

El desarrollo de los vehículos eléctricos ha sufrido cambios drásticos debido a los ajustes en los esquemas de subsidios gubernamentales y a la pandemia del COVID-19, como es el caso de China, que se ha caracterizado por ser el principal productor de estos productos, donde hasta el año 2018 contaba con una contribución del 68% del mercado mundial, sin embargo, en los últimos años ha disminuido significativamente. Se realizó una encuesta a 1091 personas en ese país, para explorar las consideraciones sobre la adquisición de autos eléctricos, y entre sus conclusiones, se encontró que las empresas fabricantes deben considerar la percepción de los usuarios hacia el impacto ambiental del uso de este tipo de vehículos, por lo que se deben realizar las adopciones necesarias en sus procesos que permitan impulsar nuevamente el desarrollo de este mercado (Hu *et al.*, 2021).

Debido a la pandemia del COVID-19 y a la vulnerabilidad de las cadenas de suministro globalizadas, se realizó un estudio para identificar el desarrollo de la industria automotriz rusa y conocer los aspectos clave para mejorar la gestión estratégica del desarrollo de la industria; lo anterior se logró a partir de la revisión de documentos nacionales e internacionales como los planes estratégicos para el desarrollo de la industria automotriz tanto sectoriales, regionales, clústeres y corporativos; al final, se sugirió que dados los retos globales, los documentos estratégicos deben estar alineados con la transformación digital de la economía y el desarrollo de las tecnologías CASE (Connected, Autonomous, Shared & Services, Electric) (Zhurova y Krakovskaya, 2021).

Finalmente, en el sector metalúrgico, el cual es considerado como proveedor de materiales necesarios para la industria automotriz también se ha visto afectado, influenciado no sólo por la contingencia sanitaria COVID-19, sino también por los movimientos de activismo ambiental que promueven estrategias de reciclaje entre los procesos de fabricación de estos productos, lo que ha llevado a las empresas a implementar innovaciones tecnológicas que les permitan reinventar procesos y materiales. Por lo tanto, las partes interesadas deben centrarse en los esfuerzos necesarios para mejorar la penetración industrial, los canales de distribución y la adopción de tecnología propia, por lo que toda la industria automotriz debe continuar con las actividades de investigación y desarrollo que les permitan explorar nuevas áreas de uso final para la producción de materiales metalúrgicos (Kaitwade, 2021).

## 6. Discusión

Los estudios incluidos en la revisión bibliográfica se enumeran en la Tabla 2 con los datos más significativos que informan el objetivo de la revisión del alcance de la investigación con respecto a la Industria 4.0. Los campos de extracción que se consideraron relevantes fueron: primer autor, año de publicación, título, país de aplicación, área de mejora y conceptos de adopción de la tecnología de la Industria 4.0.

**Tabla 2. Relación entre la investigación, área de mejora los conceptos de las tecnologías sobre la Industria 4.0**

Primer Autor / Año	Título	País de Aplicación	Área de Mejora	Aplicaciones de la Industria 4.0
Bai <i>et al.</i> (2020)	Evaluación de las tecnologías de la Industria 4.0: Una perspectiva de sostenibilidad.	China Italia Estados Unidos Finlandia	Sustentabilidad Económica, Ambiental y Social	Realidad Aumentada, Tecnología Móvil, Nanotecnología
Sütoová <i>et al.</i> (2020)	Determinación de las necesidades de aprendizaje para el desarrollo de la madurez de la Industria 4.0 en las organizaciones automotrices en Eslovaquia	Eslovaquia	Calidad	Industria 4.0 Tecnologías Inteligentes para la Calidad
Cazcarro <i>et al.</i> (2022)	Modelización energético-socio-económica-ambiental para las transiciones energética y postCOVID-19 de la Unión Europea	España	Medio Ambiente	Tecnologías Disruptivas Energías Renovables

Continúa...

Primer Autor / Año	Título	País de Aplicación	Área de Mejora	Aplicaciones de la Industria 4.0
Hickie y Hickie (2021)	El impacto de la Industria 4.0 en las cadenas de suministro y las regiones: la innovación en las industrias aeroespacial y del automóvil	Regiones Europeas	Distribución (Cadena de Suministro)	Industria 4.0
Muhammad <i>et al.</i> (2022)	Potencial de la fabricación aditiva (AM) para las cadenas de suministro automotrices	Europa	Additive Manufacturing (AM)	Industria 4.0
Kaeo-Tad <i>et al.</i> (2021)	Fabricación resistente: Estudios de caso en las industrias automovilísticas tailandesas durante la pandemia de COVID-19.	Tailandia	Transporte	IoT, Big Data y Digital Twins
Mahaboob <i>et al.</i> (2022)	Potencial de la fabricación aditiva (AM) para las cadenas de suministro automotriz	India	Cadena de Suministro	Additive Manufacturing (AM)
Balakrishnan y Ramanathan (2021).	El papel de las tecnologías digitales en la resiliencia de la cadena de suministro para el sector automotriz de los mercados emergentes	India	Cadena de Suministro Automotriz (SCR)	Tecnologías DSC
Tamtam y Tourabi (2021)	Análisis de la agilidad de la cadena de suministro de la industria automotriz en tiempos de COVID-19: Un estudio de caso.	Marruecos	Cadena de Suministro y Distribución	Funciones de Calidad Difusas (FQFD), además de las dos caras de la Calidad (HOQ) por Tecnologías de Información

Continúa...

Primer Autor / Año	Título	País de Aplicación	Área de Mejora	Aplicaciones de la Industria 4.0
Spieske y Birkel (2021)	Mejorar la resistencia de la cadena de suministro mediante la Industria 4.0: Una revisión sistemática de la literatura bajo las impresiones de la pandemia COVID-19	Alemania	Cadena de Suministro	Industria 4.0 Big Data Additive Manufacturing

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, tras el proceso de revisión bibliográfica, las relaciones encontradas con los conceptos de Investigación y Desarrollo se enumeran en la Tabla 3 con los datos más significativos que informan el objetivo de la revisión del ámbito de la investigación. Los campos de extracción que se consideraron relevantes fueron: primer autor, año de publicación, título, país de aplicación, área de mejora y conceptos de investigación y desarrollo.

**Tabla 3. Relación entre la investigación, área de mejora y los conceptos de Investigación y Desarrollo**

Primer Autor / Año	Título	País de Aplicación	Área de Mejora	Conceptos de Investigación y Desarrollo
Ali (2021)	El papel de la capacidad de innovación de las empresas en tiempos de crisis COVID-19: Datos de las empresas manufactureras chinas	China	Organizacional	Investigación y Desarrollo
Rocchetta y Upadhayay (2021)	La innovación tiene poder: el caso del sector automotriz italiano durante las crisis económicas	Italia	Organizacional	Investigación y Desarrollo
González (2021)	Lineamientos para la reestructuración de la industria automotriz mundial y sus implicaciones para México	México	Movilidad interactiva	Modelos de Negocio
Bhatt y Shrivastava (2022)	Aplicación de las Redes Neuronales Artificiales (RNA) a los motores de combustión interna	China e India	Motores IC (Combustión Interna)	La transformación de los motores de combustión interna a las nuevas tecnologías eléctricas
Augurio <i>et al.</i> (2020)	La e-movilidad en la era de COVID-19	Italia	Movilidad Eléctrica	Vehículos Eléctricos
Brückmann <i>et al.</i> (2021)	Adopción de vehículos eléctricos de batería en regiones sin políticas sólidas	Suiza	Vehículos con motores de combustión interna	Adopción de Vehículos Eléctricos

Continúa...

Primer Autor / Año	Título	País de Aplicación	Área de Mejora	Conceptos de Investigación y Desarrollo
Kumar <i>et al.</i> (2022)	Evaluación comparativa y selección de modelos de difusión de vehículos eléctricos	India	Huella de Carbono	Vehículos Eléctricos
Pelle y Tabajdi (2021)	COVID-19 y megatendencias transformadoras en la industria europea automotriz: Evidencia de las decisiones empresariales con un enfoque en Europa Central y del Este	Europa Central y del Este	Toma de Decisiones Comerciales	Digitalización y Electrificación
Sjoberg (2021)	Despegue de las actividades de legislación sobre vehículos autónomos	Alemania	Conducción Conectada y Automatizada	Vehículos conectados y automatizados de emisiones cero
Hu <i>et al.</i> (2021)	Puntos de apoyo para acelerar la adopción de coches eléctricos compartidos: Beneficios percibidos e impacto medioambiental de los NEV	China	Vehículos Eléctricos	Nuevos Vehículos Eléctricos (NEV)
Zhurova y Krakovskaya (2021)	Desafíos globales y formación de una estrategia para el desarrollo sostenible de la industria automotriz en Rusia	Rusia	Planeación Estratégica	Tecnologías CASE
Kaitwade (2021)	El COVID-19 hace tambalearse a la industria automotriz mundial; las ventas de polvo metálico caen en picado en medio de una demanda vacilante	India	Estrategias de Reciclaje en los procesos de fabricación	Innovaciones Tecnológicas
Mendoza y Rendón (2021)	Identificación de industrias resilientes en el clúster automotriz de México: Lecciones políticas de la gran recesión para superar la crisis causada por COVID-19.	México	Recuperación del empleo y la producción	Análisis industrial espacial por turnos

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenidos los datos más relevantes sobre el tipo de herramientas de la Industria 4.0 que se implementaron para lograr la resiliencia, en la Tabla 2 se observa que la principal tendencia fue la adopción de diversas alternativas tecnológicas como el análisis de datos digitales que conforman los eslabones de la cadena de suministro, destacando su aplicación en países principalmente de Europa y Asia.

A su vez, en la Tabla 3 se consideraron las principales mejoras en materia de Investigación y Desarrollo (I+D), resultando en primer lugar, una constante en las mejoras que consideran la desarticulación de los autos con motor de combustión interna, hacia la adquisición de motores eléctricos, principalmente de



países de Europa y Asia, y en segundo lugar, se encuentra la investigación y desarrollo que se dio a nivel de empresa en la que México se posiciona en tercer lugar después de los países europeos y asiáticos.

Si bien la capacidad de recuperación ante una crisis como la del COVID-19 ha sido determinante para la industria automotriz, la adquisición de herramientas de la Industria 4.0, así como de la investigación y desarrollo han jugado un papel fundamental para que las empresas sean resilientes ante los embates del entorno y se mantengan en pie a pesar de ser una de las industrias más afectadas por la crisis financiera mundial.

## 7. Conclusión

De acuerdo con algunos autores de los documentos analizados, la pandemia del COVID-19 ha sido un cambio disruptivo principalmente dentro de la cadena de suministro en la industria automotriz, donde las restricciones físicas, logísticas y de cierre de plantas incrementó la complejidad operativa que inclusive, antes de la misma, ya tenía ciertos retos operativos por la introducción de los autos eléctricos y autónomos. A través del presente estudio, se detectó una tendencia en las implementaciones tecnológicas a través de la digitalización de la cadena de suministro con el Big Data y el Internet de las Cosas para el análisis masivo de información relacionada con los cambios dinámicos que surgieron por la crisis sanitaria (Kaeo-Tad *et al.*, 2021).

Por otro lado, se ha impulsado la incorporación del *Additive Manufacturing* (AM) para la fabricación temprana de insumos en la industria automotriz de forma local (Spieske y Birkel, 2021), el cual ha sido un factor que ha favorecido a la cadena de suministro que permite mantener la economía en funcionamiento, por lo que para que el sistema cuente con resiliencia, todos los actores deben participar en ella dando apertura hacia la digitalización de sus procesos e innovando los que el entorno demanda de una manera ágil.

Es importante considerar que a partir de los datos obtenidos se encontró una evidencia global de que las tecnologías emergentes de la Industria 4.0 han sido la base fundamental para lograr la resiliencia empresarial en entornos disruptivos. Los hallazgos obtenidos permitieron cumplir con el análisis propuesto en el objetivo general, de desglosar el tipo de estrategias tecnológicas que las empresas de la industria automotriz adoptaron para la supervivencia desde una perspectiva global que les permitiera sobrevivir a la crisis de la pandemia COVID-19.

Adicionalmente, el área de Investigación y Desarrollo, de acuerdo con el presente estudio, cuenta con una alta influencia de interacción tecnológica en las estrategias empresariales derivado de la contingencia sanitaria, lo cual ha llevado a la industria automotriz a lograr la resiliencia empresarial, principalmente en el restablecimiento de la introducción en serie de la autonomía y electrificación, que estuvo frenada por el cierre de plantas que la pandemia del COVID-19 generó. Se encontró de manera significativa la influencia de algunos países de la Unión Europea tales como Italia, Alemania y Reino Unido para la promoción de legislación de los desarrollos de autos eléctricos, por considerarlos una mejora sustentable para el impacto ambiental.

Finalmente, a dos años del inicio de la pandemia del COVID-19, la aportación científica del presente estudio, estuvo enfocada a encontrar las tendencias en la adopción de tecnologías emergentes de la Industria 4.0 para el sector automotriz principalmente en las estrategias de cadena de suministro y el restableci-

miento en los desarrollos de autos eléctricos y autónomos, por lo que se puede utilizar como un marco de referencia para futuros trabajos de investigación y dentro de las aplicaciones para la industria automotriz la forma de enfrentar futuros cambios disruptivos que se puedan presentar en el entorno global.

Sin embargo, es recomendable que sea considerado un enfoque adicional sobre los efectos en el entorno laboral en la industria automotriz, por lo que será relevante ampliar y actualizar el margen de años analizados, debido a que con el restablecimiento de las operaciones post-pandemia, el sector automotriz tendrá que recurrir a la adopción de tecnologías alternas para la reincorporación del personal y de las máquinas para la producción en serie, derivado de las dificultades técnicas en términos de capacitación y capacidad instalada.

## Referencias

- Agudelo, M., Chomali, E. y Suniaga, J. (2020). Las oportunidades de la digitalización en América Latina frente al COVID-19. Banco de Desarrollo de América Latina. Recuperado de: <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1541>.
- Ali, H. (2021). The role of firm innovativeness in the time of Covid-19 crisis: Evidence from Chinese manufacturing firms. *Asian Journal of Technology Innovation*, 1-26. DOI: <https://doi.org/10.1080/19761597.2021.1976063>.
- Anzolin, G., Andreoni, A. y Zanfei, A. (2020). Robot adoption and FDI driven transformation in the automotive industry. *International Journal of Automotive Technology and Management*, 20(2), 215-237. DOI: <https://doi.org/10.1504/ijatm.2020.108586>.
- Arcidiacono, F., Ancarani, A., di Mauro, C. y Schupp, F. (2019). Where the Rubber Meets the Road. Industry 4.0 among SMEs in the Automotive Sector. *IEEE Engineering Management Review*, 47(4), 86-93. DOI: <https://doi.org/10.1109/EMR.2019.2932965>.
- Augurio, A., Mazzoni, C., Castaldi, L. y Cerchiello, T. (2020). e-mobility in the Age of COVID-19. *Business Under Crisis*, 1, 101-123. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-76567-5\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-76567-5_6).
- Bai, C., Dallasega, P., Orzes, G. y Sarkis, J. (2020). Industry 4.0 technologies assessment: A sustainability perspective. *International Journal of Production Economics*, 229, 1-15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107776>.
- Balakrishnan, A. y Ramanathan, U. (2021). The role of digital technologies in supply chain resilience for emerging markets' automotive sector. *Supply Chain Management*, 26(6), 654-671. DOI: <https://doi.org/10.1108/SCM-07-2020-0342>.
- Bhatt, A. y Shrivastava, N. (2022). Application of Artificial Neural Network for Internal Combustion Engines: A State-of-the-Art Review. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 29(2), 897-919. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11831-021-09596-5>.
- Brückmann, G., Willibald, F. y Blanco, V. (2021). Battery Electric Vehicle adoption in regions without strong policies. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 90, 1-18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102615>.
- Carroll, L. S. (2017). A comprehensive definition of technology from an ethological perspective. *Social Sciences*, 6(4), 126. DOI: <https://doi.org/10.3390/socsci6040126>.
- Cazcarro, I., García, D., Iribarren, D., Linares, P., Romero, J., Arocena, P., Arto, I., Banacloche,

- S., Lechón, S., Miguel, L., Zafrilla, J., López, L., Langarita, R. y Cadarso, M. (2022). Energy-socio-economic-environmental modelling for the EU energy and post-COVID-19 transitions. *Science of the Total Environment*, 805, 1-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150329>.
- CCOO (2017). *La Digitalización y la Industria*. Secretaría de Estrategias Industriales. Recuperado de: <https://industria.ccoo.es/4290fc51a3697f785ba14fce86528e10000060.pdf>.
- Collie, B., Grover, P., Huber, T., Kilian, R., Waas A. y Xu, G. (2020). *Las empresas automotrices sobrevivirán al COVID-19 y saldrán fortalecidas*. Boston Consulting Group. Recuperado de: <https://www.bcg.com/publications/2020/auto-companies-will-outlast-and-thrive-post-covid-19>.
- Del Val, J. (18 de marzo, 2016). *Industria 4.0 - La Transformación digital de la Industria*. Deusto, Revista de ingeniería. Recuperado de: <https://revistaingenieria.deusto.es/industria-4-0-la-transformacion-digital-de-la-industria/>.
- Eichenberg, P. (21 de marzo, 2021). *Un año después: el impacto duradero de la COVID en la industria automotriz*. QAD Blog. Recuperado de: <https://www.qad.com/es-MX/blog.mx/-/blogs/un-ano-despues-el-impacto-duradero-de-la-covid-en-la-industria-automotriz>.
- Franceschinis, C., Thiene, M., Scarpa, R., Rose, J., Moretto, M. y Cavalli, R. (2017). Adoption of renewable heating systems: An empirical test of the diffusion of innovation theory. *Energy*, 125, 313-326. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.02.060>.
- García, M. y Esteban, M. (2020). A project management approach to competitive intelligence. *Journal of Intelligence Studies in Business*, 10(3), 8-23. DOI: <https://doi.org/10.37380/jisib.v10i3.636>.
- Geldes, C. y Heredia, J. (2020). Innovando en pandemia y en la nueva normalidad. *Gestión y tendencias*, 5(3), 2-12. Recuperado de: <https://fen.uahurtado.cl/wp-content/uploads/2021/04/gestenVol5-Num3-2020.pdf>.
- González, G. (2021). Guidelines for Restructuring the World Auto Industry and Their Implications for Mexico. *Norteamérica*, 16(2), 35-55. DOI: <https://doi.org/10.22201/cisan.24487228e.2021.2.442>.
- González, R. y Hernández, F. (2021). Asia y el gran desafío de la COVID-19: resiliencia y adaptación. *Economía y Desarrollo*, 165(1). Recuperado de: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0252-85842021000200009](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0252-85842021000200009).
- Hickie, D. y Hickie, J. (2021). The impact of Industry 4.0 on supply chains and regions: innovation in the aerospace and automotive industries. *European Planning Studies*, 29(9), 1606-1621. DOI: <https://doi.org/10.1080/09654313.2021.1963048>.
- Hidayatno, A., Rahman, I. y Daniyasti, D. (2019). Conceptualizing the promise of industry 4.0 technology adoption: Case study of Indonesian automotive industry. *ACM International Conference Proceeding Series*, 334-338. DOI: <https://doi.org/10.1145/3364335.3364350>.
- Hofstätter, T., Krawina, M., Mühlreiter, B., Pöhler, S. y Tschiesne, A. (27 de Octubre, 2020). *Reimaginando el futuro de la industria automotriz: es ahora o nunca*. McKinsey & Company. Recuperado de: <https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/>.

- Hu, J., Javaid, A. y Creutzig, F. (2021). Leverage points for accelerating adoption of shared electric cars: Perceived benefits and environmental impact of NEVs. *Energy Policy*, 155, 112349. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112349>.
- IndustriALL Global Union (2020). *Face au covid-19 il est urgent d'adopter des plans de relance économique et de prendre des mesures*. Consejo Global Unions. Recuperado de: <https://www.ituc-csi.org/face-au-covid-19-il-est-urgent-d>.
- Kaeo-Tad, N., Jeenanunta, C., Chumnumporn, K., Nitisahakul, T. y Sanprasert, V. (2021). Resilient manufacturing: Case studies in Thai automotive industries during the COVID-19 pandemic. *Engineering Management in Production and Services*, 13(3), 99-113. DOI: <https://doi.org/10.2478/emj-2021-0024>.
- Kaitwade, N. (2021). COVID-19 shatters global automotive industry; sales of metal powder take a nosedive amid wavering demand. *Metal Powder Report*, 76(3), 137-139. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mprp.2020.06.059>.
- Kamble, S., Gunasekaran, A. y Gawankar, S. (2018). Sustainable Industry 4.0 framework: A systematic literature review identifying the current trends and future perspectives. *Process Safety and Environmental Protection*, 117, 408-425. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2018.05.009>
- Kumar, R., Guha, P. y Chakraborty, A. (2022). Comparative assessment and selection of electric vehicle diffusion models: A global outlook. *Energy*, 238, 121932. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121932>.
- Lin, D., Lee, C., Lau, H. y Yang, Y. (2018). Strategic response to Industry 4.0: an empirical investigation on the Chinese automotive industry. *Industrial Management and Data Systems*, 118(3), 589-605. <https://doi.org/10.1108/IMDS-09-2017-0403>.
- Mahaboob, S., Kerbache, L. y Elomri, A. (2022). Potential of additive manufacturing for upstream automotive supply chains. *Supply Chain Forum: An International Journal*, 23(1), 1-19. DOI: <https://doi.org/10.1080/16258312.2021.1973872>.
- Marak, Z., Tiwari, A. y Tiwari, S. (2019). Adoption of 3D printing technology: an innovation diffusion theory perspective. *International Journal of Innovation*, 7(1), 87-103. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.5585/iji.v7i1.393>.
- Mendoza, A. y Rendón, L. (2021). Identifying resilient industries in Mexico's automotive cluster: Policy lessons from the great recession to surmount the crisis caused by COVID 19. *Growth and Change*, 52, 1552-1575. DOI: <https://doi.org/10.1111/grow.12515>.
- Mohammadi, M., Poursaberi, R. y Salahshoor, M. (2018). Evaluating the adoption of evidence-based practice using Rogers's diffusion of innovation theory: A model testing study. *Health Promotion Perspectives*, 8(1), 25-32. DOI: <https://doi.org/10.15171/hpp.2018.03>.
- Muhammad, M., Kerbache, L. y Elomri, A. (2022). Potential of additive manufacturing for upstream automotive supply chains. *Supply Chain Forum*, 23(1), 1-19. DOI: <https://doi.org/10.1080/16258312.2021.1973872>.
- OCDE (2017). Incrementar la productividad en las pequeñas empresas tradicionales. *Mexico Policy Brief*. Recuperado de: <https://www.oecd.org/policy-briefs/mexico-incrementar-la-productividad-en-las-pequenas-empresas-tradicionales.pdf>.

- OIT (2020). *La COVID-19 y la industria automotriz*. Recuperado de: [https://www.oitinterfor.org/sites/default/files/file\\_publicacion/sect\\_automotriz.pdf](https://www.oitinterfor.org/sites/default/files/file_publicacion/sect_automotriz.pdf).
- ONU (2022). *Día de las Microempresas y las Pequeñas y Medianas Empresas*. Recuperado de: <https://www.un.org/es/observances/micro-small-medium-businesses-day>.
- Pelle, A. y Tabajdi, G. (2021). Covid-19 and transformational megatrends in the European automotive industry: Evidence from business decisions with a Central and Eastern European focus. *Entrepreneurial Business and Economics Review*, 9(4), 19-33. DOI: <https://doi.org/10.15678/EBER.2021.090402>.
- Peralta, J., Martínez, B. y Enríquez, J. (2020). Industria 4.0. *Inventio*, 16(39), 1-7. DOI: <https://doi.org/10.30973/inventio/2020.16.39/4>.
- Peroni, F. (21 de marzo, 2020). *Brazilian carmakers to stop production amid virus spread*. Fastmarkets MB. Recuperado de: <https://www.metalbulletin.com/Article/3924391/Brazilian-carmakers-to-stop-production-amid-virus-spread.html>.
- Ríos, L., Pérez, L. y Pérez, I. (2019). Tendencias actuales de la industria 4.0. *Reflexiones Contables*, 2(2), 8-22. DOI: <https://doi.org/10.22463/26655543.2982>.
- Rocchetta, S. y Upadhayay, N. (2021). Innovation has the power: the case of the Italian automotive sector during economic downturns. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 1-20 DOI: <https://doi.org/10.1080/13675567.2021.1993158>.
- Rostás, R. (20 de marzo, 2020). *Ford to suspend output in Brazil, Argentina from next week amid coronavirus pandemic*. Fastmarkets MB. Recuperado de: <https://www.metalbulletin.com/Article/3924002/Ford-to-suspend-output-in-Brazil-Argentina-from-next-week-amid-coronavirus-pandemic.html>.
- Saadi, T. (2018). Una nueva ola de innovación digital está reconfigurando Asia y elevando el potencial de crecimiento de la región. Finanzas y Desarrollo: *Publicación Trimestral del Fondo Monetario Internacional y del Banco Mundial*, 55(3), 31-33. Recuperado de: <https://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/spa/2018/09/pdf/sedik.pdf>.
- Sjoberg, K. (2021). Activities on Legislation for Autonomous Vehicles Takeoff [Connected and Automated Vehicles]. *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 16, 149-152. DOI: <https://doi.org/10.1109/MVT.2021.3091393>.
- Spieske, A. y Birkel, H. (2021). Improving supply chain resilience through industry 4.0: A systematic literature review under the impressions of the COVID-19 pandemic. *Computers and Industrial Engineering*, 158, 107452. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107452>.
- Sütőová, A., Šooš, L. y Kóča, F. (2020). Learning needs determination for industry 4.0 maturity development in automotive organisations in Slovakia. *Quality Innovation Prosperity*, 24(3), 122-139. DOI: <https://doi.org/10.12776/QIP.V24I3.1521>.
- Tamtam, F. y Tourabi, A. (2021). Analysis of the agility of the automotive industry supply chain in times of COVID-19: A case study. *EUREKA: Physics and Engineering*, (6), 112-120. DOI: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2021.001949>.
- Trovaio, J. (2020). Automotive Electronics under the COVID-19 Shadow [Automotive Electronics]. *IEEE Vehicular Technology Magazine*, 15(3), 101-108. DOI: <https://doi.org/10.1109/MVT.2020.2998710>.

- UAW (31 de marzo, 2020). *Statement of UAW President Rory L. Gamble on Ford's decision to extend production reopening dated*. News. Recuperado de: <https://uaw.org/statement-uaw-president-rory-l-gamble-fords-decision-extend-production-reopening-date/>.
- Vrontis, D., Thrassou, A., Efthymiou, L., Uzunboylu, N., Weber, Y., Shams, S. M. y Tsoukatos, E. (2022). Editorial Introduction: Business Under Crisis -Avenues for Innovation, Entrepreneurship and Sustainability. En *Business Under Crisis, Volume III* (pp. 1-17). Palgrave MacMillan, Cham. Recuperado de: <http://www.palgrave.com/gp/series/15956>.
- World Bank (2022). *World Development Report 2022 - Finance for an Equitable Recovery*. Recuperado de: <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/36883/9781464817304.pdf>.
- Zhurova, L. y Krakovskaya, I. (2021). Global challenges and formation of a strategy for sustainable development of automotive industry in Russia. *World Economy and International Relations*, 65(10), 45-53. DOI: <https://doi.org/10.20542/0131-2227-2021-65-10-45-53>.