

Las tecnologías de información y comunicación aplicables a los sistemas de transporte de carga en Colombia: Una revisión documental desde el enfoque de la industria 4.0.

Jhon Freddy Martínez Ramírez

Jorge Eliecer Ojeda Torres

Asesor:

Mg. Woody Figueroa Peinado

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería

Línea de investigación Diseño y gestión de redes de suministro

2024

Tabla de contenido

Introducción	7
Definición del problema	9
Justificación	12
Objetivos	14
Objetivo General	14
Objetivos Específicos	14
Marco Referencial.....	15
Estado del arte desde cada una de las bases de datos consultadas	28
Marco conceptual	36
Marco teórico	38
<i>Desarrollo Histórico de las Revoluciones Industriales</i>	38
<i>Características de la Industria 4.0 y su relación con la logística y los sistemas de transporte de carga</i>	40
<i>Cimientos teóricos de la Industria 4.0 que apuntan a los sistemas de transporte de carga</i> .	42
Resultados en referencia a las Tecnologías de la Industria 4.0 más aplicadas en el transporte de carga.....	48
Fuentes complementarias relacionadas con organismos mundiales reconocidos en la temática	49

Resultados relacionados con fuentes estadísticas de conocimiento global especializado en logística y transporte	52
Estado de aplicación de las tecnologías en el transporte de carga en Colombia, de acuerdo con fuentes institucionales en el sector de la Industria 4.0.....	57
Empresas Líderes en Industria Logística de Transporte 4.0 en Colombia	70
Las tecnologías de la industria 4.0 aplicables al transporte de carga en Colombia desde el enfoque de costos y oferta de proveedores	73
Categorización de las tecnologías de la industria 4.0 en el transporte de carga en Colombia.....	79
Posibilidades en Referencia a la Aplicación de Tecnologías 4.0 en el Sector de Transporte De Carga	79
<i>Big Data</i>	79
<i>Código de Barras</i>	80
<i>Servicios en la Nube o Cloud</i>	80
<i>Rastreo y seguimiento de pedidos</i>	81
Información de capacidad instalada en Colombia de la Industria 4.0.....	81
Información de Costos y Portafolio en Colombia de la Industria 4.0	81
Conclusiones	84
Referencias.....	86

Lista de tablas

Tabla 1. Producción científica año 2013 -2023 de acuerdo con las primeras ecuaciones de búsqueda	16
Tabla 2. Producción científica año 2013 -2023 de acuerdo con las ecuaciones definitivas de búsqueda	17
Tabla 3. Producción científica de análisis (Web of Sicence, 2023).	28
Tabla 4. Producción científica de análisis (EBSCO, 2023).	34
Tabla 5. Producción científica de análisis (EBSCO, 2023).	35
Tabla 6. Modelos de Madurez a lo largo de la historia	44
Tabla 7. Modelos de Madurez a lo largo de la historia	44
Tabla 8. Modo Marítimo	75
Tabla 9. Modo Terrestre	76
Tabla 10. Modo Aéreo.....	77
Tabla 11. Clasificación de Colombia con otros países de la región en digitalización	78

Lista de Figuras

Figura 1. Producción científica por área de conocimiento según ecuación de búsqueda “Transport” AND “Fourth Industry Revolution”	19
Figura 2. Producción científica por autor según ecuación de búsqueda “Transport” AND “Fourth Industry Revolution” SCOPUS	20
Figura 3. Producción científica por tipo de documento según ecuación de búsqueda “Transport” AND “Fourth Industry Revolution” SCOPUS	20
Figura 4. Producción científica por año de publicación según ecuación de búsqueda “Transport” AND “Fourth Industry Revolution” Web Of Science.....	21
Figura 5. Producción científica por territorio o nacionalidad de publicación según ecuación de búsqueda “Transport” AND “Fourth Industry Revolution” Web Of Science.....	22
Figura 6. Producción científica por año de publicación según ecuación de búsqueda “Transport” AND “Fourth Industry Revolution en Web of Science.....	23
Figura 7. Producción científica por área de publicación según ecuación de búsqueda “Transport” AND “Fourth Industry Revolution” Web of Science.....	24
Figura 8. Producción científica por área de publicación según ecuación de búsqueda “Transport” AND “Fourth Industry Revolution” Web Of Science.....	25
Figura 9. Producción científica por área de publicación según ecuación de búsqueda “Transport” AND “Fourth Industry Revolution” EBSCO.....	26
Figura 10. Oportunidades de la Industria 4.0 en el transporte de carga.....	46
Figura 11. Modelo de negocio digitalizado	50
Figura 12. Tecnología 4.0 vinculado a la logística	51

Figura 13. Empresas de transporte y logística más grandes del mundo según el valor de mercado a fecha de mayo de 2022.....	54
Figura 14. Habilidades técnicas y software necesarios para la implementación de la Industria 4.0	58
Figura 15. Nivel de conocimientos de Tecnologías en Logística	60
Figura 16. Costos logísticos en el año 2018 y 2019	63
Figura 17. Costos logísticos por tamaño de empresa en Colombia en los años 2020 y 2021.	63
Figura 18. Nivel de conocimiento y aplicación de Tecnologías	64
Figura 19. Elementos de la Logística Inteligente utilizados en Colombia según Ministerio de Transporte	67
Figura 20. Principales retos de la Industria 4.0 en Colombia	68
Figura 21. Problema del transporte en las empresas.....	69
Figura 22. Elementos de la Logística Inteligente utilizados en Colombia según Ministerio de Transporte	71
Figura 23. Problemas Logísticos en Colombia 2018 y 2019	74
Figura 24. Problemas Logísticos en Colombia 2022	74

Introducción

La Cuarta Revolución Industrial, conocida también como Industria 4.0, se desarrolla en Alemania para finales de los 2000, con la innovación en la infraestructura operativa empresarial digital, proporciona a las regiones que incursionan en ella amplio desarrollo tecnológico que permite aplicar líneas de trabajo como el Internet de las Cosas (IoT), la Inteligencia Artificial (IA), la realidad virtual, la computación en la nube (Cloud computing), otros avances tecnológicos como la impresión en tres dimensiones, el manejo Big Data, la gamificación, la robótica, la simulación de procesos, entre otros avances de la actualidad que se explicarán con detalle más adelante en este documento.

Según Von et al. (2015) la Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0 surge como una interface entre las organizaciones, y los entornos físicos y digitales que le rodean. Lo anterior como consecuencia de la Tercera Revolución Industrial desarrollada en el Siglo XX, en la cual se busca en el desarrollo tecnológico otras formas de originar la energía en los procesos industriales y la migración inicial hacia entornos digitales. Otro factor importante en el desarrollo industrial son los avances en cada uno de los componentes del proceso productivo, para el caso de este estudio se enfoca en uno de los procesos de vital importancia para la industria como lo es el transporte ya sea de mercancías, materias primas, de bienes o personas en el contexto empresarial colombiano.

Así entonces, las industrias nacionales, utilizan diferentes líneas de transporte como las líneas férreas, viaductos, vías marítimas, aéreas y carreteras para lograr que cada producto llegue a su destinatario bien sea, el consumidor final o su aliado empresarial. En la actualidad se presentan algunas dificultades en relación con la comunicación y el tiempo, ya que en los centros

portuarios la recepción de mercancías se demora más de lo previsto, lo que incrementa los costos por viaje. Estos costos se han incrementado en el último año por encima del 400% (Colfecar, 2022).

Lo que traslada sobrecostos también al cliente. Teniendo en cuenta la importancia de la implementación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación básicas y aquellas más avanzadas relacionadas con la industria 4.0, cuyo objetivo principal dentro del ámbito empresarial es mejorar la competitividad a través del fortalecimiento de la eficacia, la eficiencia, la flexibilidad la adaptación, las reducciones de costos y el rendimiento en procesos de distribución de productos.

Así entonces, el siguiente trabajo de investigación de tipo exploratorio, desde un enfoque mixto (cuantitativo – cualitativo) tiene el propósito de describir los beneficios y analizar cómo podrían implementarse herramientas desde la industria 4.0 para el óptimo aprovechamiento en los sistemas de transporte en Colombia. Considerando además de lo anterior, los costos, así como, la rentabilidad la innovación organizacional, se proponen cuatro etapas: la primera encaminada a revisión de tecnologías de la industria 4,0 utilizadas en el transporte de carga en el contexto internacional tomando como referencia exploración de fuentes académicas a partir de bases de datos como: Scopus, Web of Science, EBSCO, entre otras. La segunda en las que se realiza la identificación de las tecnologías aplicadas en el transporte de carga en Colombia, a partir de la revisión de bases de datos de entidades nacionales del sector. Posteriormente, se explora de costos de implementación de tecnologías 4,0 basado en la revisión de la oferta disponible de proveedores en el mercado colombiano. Finalmente, se realiza la categorización de tecnologías 4,0 aplicables al contexto colombiano a partir de herramienta de análisis de información.

Definición del problema

La innovación y el desarrollo tecnológico son dos conceptos que se están implementando en todas las esferas de acción de la comunidad global, en el ámbito educativo, económico, social, político, ya que, a partir de la evolución de las Tecnologías de la Información y la Comunicación, así como el desarrollo de la industria 4.0, han mejorado los indicadores empresariales optimizando recursos, procesos y lo cual ha impactado en la competitividad. Así la implementación de las TIC ofrece al sector industrial la posibilidad de lograr el acceso a mayor cantidad de mercados, concretar nuevos clientes, mejorar sus alcances en términos de publicidad.

Además de lo anterior, las organizaciones que apuestan al crecimiento deben tener en cuenta el factor competitivo a nivel del desarrollo de procesos, del desarrollo del capital humano, de la sostenibilidad, la sustentabilidad y el logro de los objetivos económicos. La importancia de la implementación de metodologías de innovación y elementos de desarrollo tecnológico en los sistemas de transporte de carga, uno de los puntos más importantes del proceso productivo, la distribución.

En este contexto, el uso de herramientas TIC y el enfoque 4.0 pueden ser de carácter competitivo para lograr la cobertura y el mantenimiento en una mayor cantidad de mercados o pueden ser de carácter económico, desde el cual el objetivo final es la rentabilidad. Sin embargo, el factor común entre las dos es el logro de la eficacia y la eficiencia empresarial, la adopción de sistemas de tecnología avanzada que permita agilizar procesos y minimizar los tiempos de ejecución.

Ahora bien, en Colombia, los sistemas de transporte de mercancías tienen altas deficiencias a nivel tecnológico, la falta de bases de datos y comunicación con los propietarios de

vehículos de carga, la sistematización de documentos que reduzca los tiempos de espera entre transportistas y centros de acopio o entrega. Por lo cual se hace importante realizar estudios que permitan formular nuevas estrategias para el desarrollo de tecnología en este sector. De acuerdo con Cely (2016), los servicios de transporte de carga en Colombia enfrentan diversas dificultades, entre estos, los altos costos operacionales como son: la gasolina, los salarios, así como las prestaciones sociales, el mantenimiento de la flota, los accesorios, la reparación y la reposición de esta, así como los costos administrativos y los impuestos.

Otras dificultades y limitaciones que tiene el sector en Colombia, es la sobreoferta en cuanto a la gran cantidad de empresas y personas naturales que se dedican a realizar los servicios de transporte de carga. Además de las dificultades en el proceso de chatarrización, ya que en la actualidad existen más de 117.000 en las carreteras. También los bloqueos y derrumbes son otras problemáticas que inciden en el normal desempeño de las actividades de transporte (Rodríguez, 2013).

Agregando a lo anterior, el tiempo de entrega, según el informe de la Federación Colombiana de Transportadores de Carga por Carretera – (Colfecar, 2022b) los transportadores deben esperar hasta once horas para entregar los productos que lleva. Un proceso que se retrasa por situaciones de intercomunicación entre ciudades, sincronía en los procesos de autorización, diligenciamiento y entrega de documentos. Adicionalmente, la infraestructura portuaria no se renueva ni actualiza, y con la gran cantidad de transportistas hace que los procedimientos tanto de entrega como de carga sean bastante demorados.

Todas estas deficiencias tienen un común denominador y es el tiempo y el factor económico, ya que las dificultades mencionadas anteriormente, operacionalizadas en casos

diarios de limitaciones y deficiencias en el transporte causan retrasos en el flujo de las materias, primas, o productos terminados, un impacto directo a la productividad de las empresas, por lo tanto, ante la evidencia de falta de sistematización, e implementación de tecnologías, las cuales favorecerán de manera permanente la comunicación entre las empresas, sus transportadores y los centros de recibo, acopio o receptores finales, además cerrarán brechas en torno a la documentación para poder cerrar operaciones exitosas, y finalmente incidirá en la conectividad para brindar soluciones oportunas a clientes internos y externos.

En síntesis, se identifica una oportunidad en los sistemas de transporte de carga en Colombia para el fortalecimiento e implementación del enfoque de la industria 4.0 mediante la automatización de procesos, lo cual puede apoyarse con la inteligencia artificial y otras herramientas de las tecnologías de la información. La comunicación, que provee la industria 4.0, necesarias para la innovación, el crecimiento y el progreso organizacional y el desarrollo de las regiones.

De esta manera, la presente monografía busca responder a la pregunta de investigación: ¿Cuáles son las tecnologías de información y comunicación de la industria 4,0 que son aplicables a los sistemas de transporte de carga nacional en Colombia?

Justificación

En la actualidad los avances tecnológicos han mostrado que su aplicabilidad en las empresas ha mejorado notablemente los procesos productivos, ampliando la capacidad de rendimiento en la transformación de insumos. De modo que se incrementan los volúmenes de producción al mismo tiempo que se reducen los tiempos de elaboración, los costos, las horas hombre laboradas, logrando mejorar la experiencia del cliente dentro de las relaciones comerciales con las organizaciones. Es en este punto donde la tecnología participa de manera activa en los procesos productivos aportando automatización, en todas las operaciones empresariales. En relación con el sector de transporte de carga la tecnología se refleja como una solución a las dificultades que se presentan en la actualidad, para lo cual es necesario la automatización de procesos, el uso de software que facilite los procesos y lograr una logística eficiente, la digitalización de procesos, la migración digital de los colaboradores o la localización satelital.

Teniendo en cuenta los índices de desempeño logístico publicados por el Banco Mundial, en el cual el puntaje más alto es de 5 puntos, y el menor rango de 1 punto, Colombia obtiene una puntuación de 2.94 lo cual indica que aún se encuentra en un proceso de crecimiento, fortalecimiento y mejora en el desempeño logístico, razón por la cual es importante identificar aquellos procesos en los que algunas empresas lideran en la coordinación de sus procesos logísticos. Este puntaje es el segundo mejor de la región después de Brasil que obtuvo un puntaje de 2.99. Lo cual indica que el trabajo importante que se puede poner en marcha para lograr el desarrollo regional y consolidar redes de valor de carácter global que empujen los procesos de industrialización, potencialización de la economía y creación de redes globales para el crecimiento sostenible enfocado hacia la competitividad empresarial (Banco Mundial, 2018).

Partiendo desde esta línea en la que se evidencia que Colombia, tiene un nivel promedio por debajo de los estándares internacionales y una oportunidad de crecimiento, lo cual aporta relevancia a la revisión de los indicadores que muestran una mejora en el tema de infraestructura ascendiendo del 2.43 al 2.67, de 2.21 al 2.61 en aduana, de 2.55 al 3.19 en envíos internacionales, de 2.67 al 2.87 en calidad en servicios de logística, del 2.55 al 3.06 en seguimiento y rastreo, del 3.23 al 3.17 en puntualidad. (Banco Mundial, 2018).

De modo que esta monografía a partir de la recopilación de información a través de la exploración de algunas empresas que utilicen servicios de la tecnología 4.0, se puedan ofrecer herramientas para la eliminación de los cuellos de botella que se presentan en los centros portuarios, mejorar la comunicación entre los transportadores, los propietarios y las empresas, optimizar el uso de recursos y reducir costos de operación, para optimizar el tiempo, la comunicación y la tecnología y la cadena del transporte, lo cual puede representar mejoras en los servicios de entrega al cliente, reducción de pérdida de insumos y productos.

Teniendo en cuenta, lo anterior se hace necesaria la adopción de estrategias que permitan analizar cuales elementos de la industria 4.0 a través de los sistemas tecnológicos para la información y la comunicación, son aplicables en particular para el sector de transporte de carga en Colombia con el fin de fomentar la competitividad de las organizaciones, y así aportar desde la academia a la investigación aplicada a este sector, que permitan posteriormente establecer líneas de acción y así contribuir de manera práctica al desarrollo de una infraestructura mucho más robusta en las en las redes de tecnología de la industria 4.0 en el desempeño del transporte de carga en el país.

Objetivos

A continuación, se presentan las metas académicas que rigen los procesos de búsqueda y recolección de información para su posterior análisis.

Objetivo General

Analizar las tecnologías de información y comunicación de la industria 4,0 aplicables a los sistemas de transporte de carga nacional en Colombia.

Objetivos Específicos

Examinar las tecnologías de la industria 4.0 que más se aplican en el transporte de carga mediante una revisión de fuentes académicas sobre el avance del sector.

Establecer el estado de aplicación de tecnologías en el transporte de carga en Colombia, basado en la revisión de fuentes institucionales sobre el sector.

Categorizar las tecnologías de la industria 4.0 aplicables al transporte de carga en Colombia desde el enfoque de costos y oferta de proveedores.

Marco Referencial

Con el fin de dar cumplimiento el primer objetivo de esta investigación encaminado a examinar a través de una revisión de fuentes académicas sobre el avance del sector de las tecnologías de la industria 4.0 que más se aplican en el transporte de carga, se eligen tres bases de datos reconocidas por su rigor académico como lo son Scopus, EBSCO y Web of Science.

Dentro de las cuales se utilizaron operadores de búsqueda con las siguientes ecuaciones iniciales:

1. Industry 4.0 AND transport
2. Transport AND fourth industry revolution
3. Fourth industry revolution AND LoT AND Transport
4. Freight transport AND Industry 4.0
5. Freight transport AND fourth industry revolution
6. Industry 4.0 AND transport AND fourth industry revolution AND LoT

El primer paso para realizar esta simplificación de documentos es considerar una ventana de tiempo desde el año 2013 al 2023, para encontrar documentos con 10 años o menor tiempo de antigüedad. Limitar la búsqueda dentro del área de Applied Science & Technology Source, en la base de datos EBSCO, en la cual se encuentran revistas arbitradas e indexadas, con textos evaluados por un comité de expertos en el desarrollo digital, de computación y su relación con las ciencias aplicadas.

Tabla 1

Producción científica año 2013 -2023 de acuerdo con las primeras ecuaciones de búsqueda

No.	Ecuación búsqueda	Producción Científica Año 2013 - 2023		
		Scopus	Web Of Science	EBSCO Applied Science & Technology Source
1	Industry 4.0 AND Transport	589 documentos	770 documentos	81 documentos
2	Transport AND fourth industry revolution	102 documentos	49 documentos	5 documentos
3	Fourth industry revolution AND LoT AND Transport	2 documentos	3 documentos	No arroja datos con esta ecuación
4	Freight transport AND Industry 4.0	21 documentos	17 documentos	5 documentos
5	Industry 4.0 AND transport AND fourth industry revolution AND LoT	2 documentos	1 documento	No arroja datos con esta ecuación

Fuente. Autor.

Por medio de las ecuaciones con operadores booleanos anteriormente expresadas se logró el acceso a más de 2.000 documentos recuperados entre las tres bases de datos en las que se realizó la primera búsqueda exploratoria, por lo cual se considera estructurar operadores más

específicos; que fueron: Fourth industry revolution AND LoT AND Transport; Freight transport AND Industry 4.0; Industry 4.0 AND transport AND fourth industry revolution AND LoT, en la pesquisa con lo cual se logró la reducción a la mitad de la cantidad de documentos académicos.

Tabla 2

Producción científica año 2013 -2023 de acuerdo con las ecuaciones definitivas de búsqueda

Número	Ecuación	Filtros aplicados	Base de datos		
			Scopus	Web Of Science	EBSCO
1	Transport AND fourth industry revolution	Engineering Computer Science Social Sciences Enviromental Science	96	29	13
2	Fourth industry revolution AND LoT AND Transport	Bussines, Management and Accounting Decisión Sciences Energy fuels Enviromental Studies	0	2	7
3	Freight transport AND Industry 4.0	Engineering Industrial Transportation Science	1	2	6
4	Industry 4.0 AND transport AND fourth industry revolution AND LoT	Computer Science Interdisciplinary Transport Engineering Electrical Electronic Green Sustainable Science Technology Materials Science Multidisciplinary	16	13	2
5	Fourth industry revolution AND LoT AND Transport		1	1	0

Fuente. Autor.

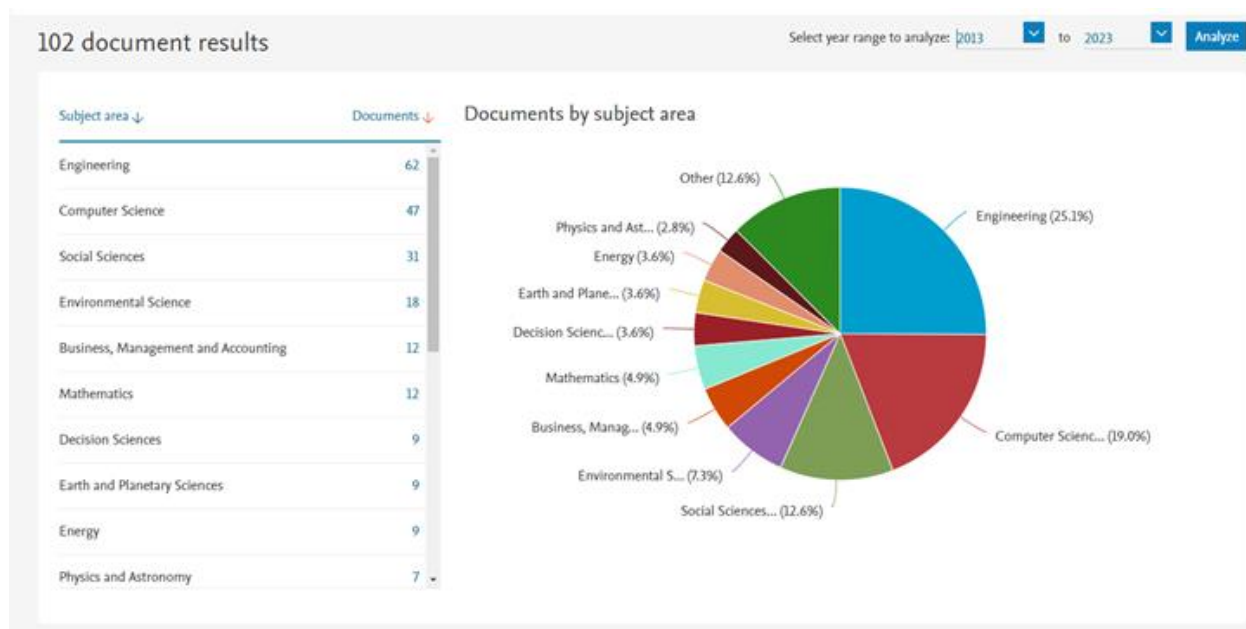
Posteriormente se consideró implementar criterios de exclusión como lo son documentos elaborados antes del año 2013, documentos que estén en la búsqueda pero que pertenezcan a las áreas de:

- Chemistry multidisciplinary
- Chemistry analytics
- Engineer manufactura
- Physics and astronomy
- Earth and planetary Sciences
- Mathematics
- Physics Applied
- Chemistry Physical
- Chemistry Analytics
- Chemistry Multidisciplinary

Lo anterior con el fin de especificar aún más el número de documentos de trabajo. Con esta información se logra la primera aproximación a los resultados de 121 documentos. A continuación, se muestran las gráficas de búsqueda inicial en las bases de datos. La primera base de datos es Ebsco, que una vez establecidos los criterios de búsqueda arroja resultados en los que se valida que la mayor cantidad de resultados se encuentran en el área de Ingeniería y Ciencias Computacionales, mostrando el 25.1% y el 19% respectivamente, siendo éstas las más representativas.

Figura 1

Producción científica por área de conocimiento según ecuación de búsqueda “Transport” AND “Fourth Industry Revolution”



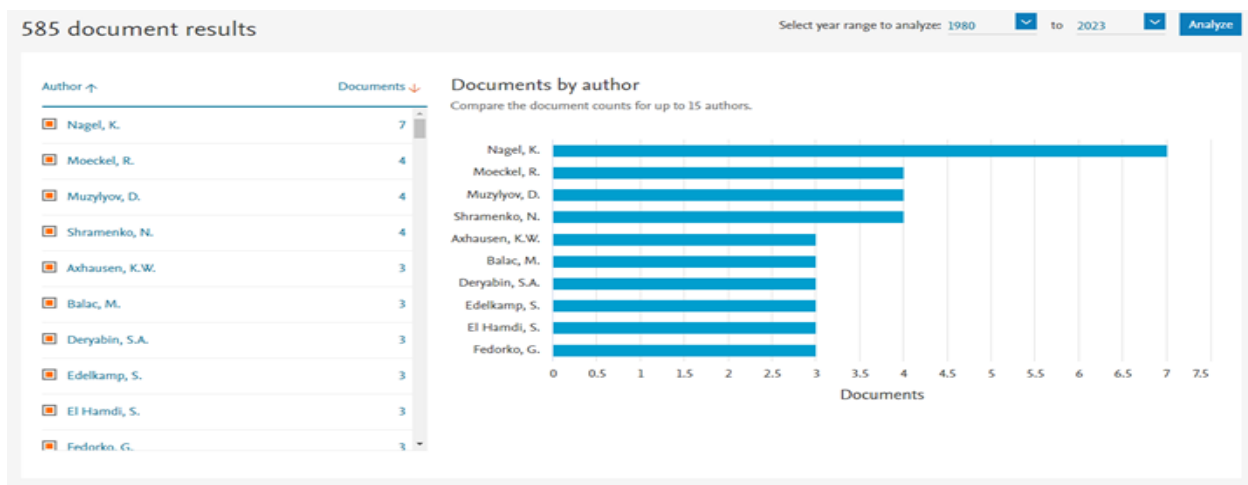
Fuente. SCOPUS (2023).

Posteriormente, en un análisis, detallado sobre los autores, se observa en la figura 2, que uno de los autores más representativos en el tema es Nagel, K con alrededor de 7 publicaciones, seguido de Moeckdel, R. con 4 publicaciones, al igual que Muzylyov, D., y Shramenko, N.

El paso siguiente posterior a la recopilación de la información a través de las bases de datos y los filtros anteriormente descritos

Figura 2

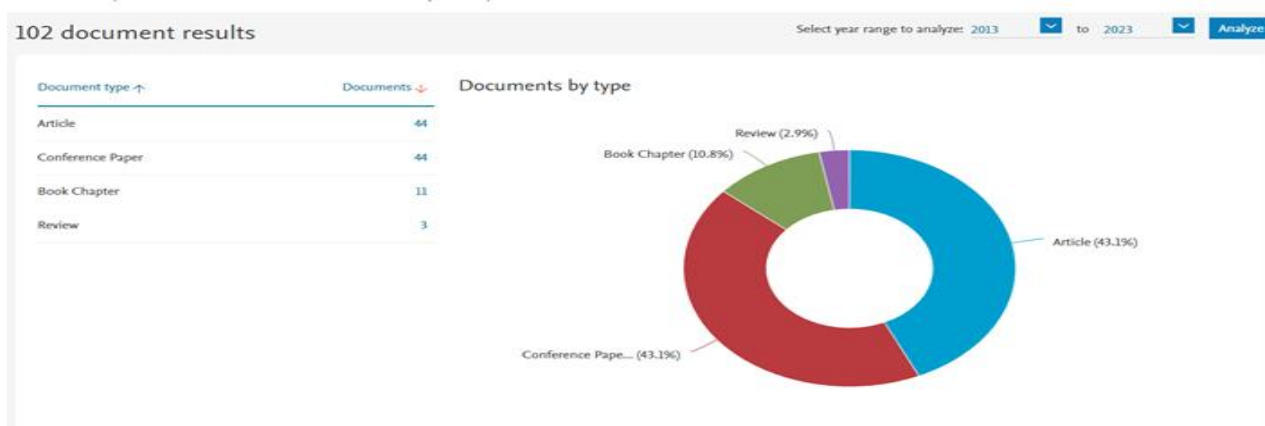
Producción científica por autor según ecuación de búsqueda “Transport” AND “Fourth Industry Revolution” SCOPUS



Fuente. SCOPUS (2023).

Figura 3

Producción científica por tipo de documento según ecuación de búsqueda “Transport” AND “Fourth Industry Revolution” SCOPUS

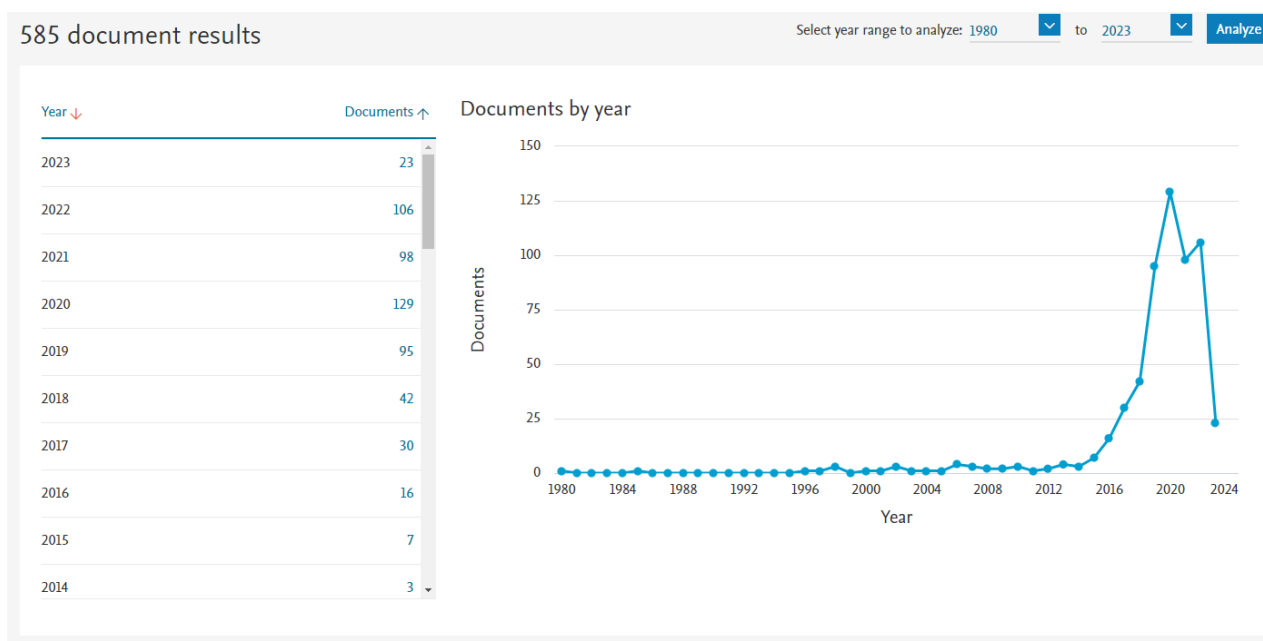


Fuente. SCOPUS (2023).

En la figura 3, se evidencia la categorización de los títulos encontrados de acuerdo con la ecuación de búsqueda “Transport AND fourth industry revolution” en la base de datos SCOPUS (2023) encontrando que existe un gran recurso de artículos científicos logrando alcanzar el 43% del total de los resultados, así como los documentos que respaldan eventos como conferencias.

Figura 4

Producción científica por año de publicación según ecuación de búsqueda “Transport” AND “Fourth Industry Revolution” Web Of Science



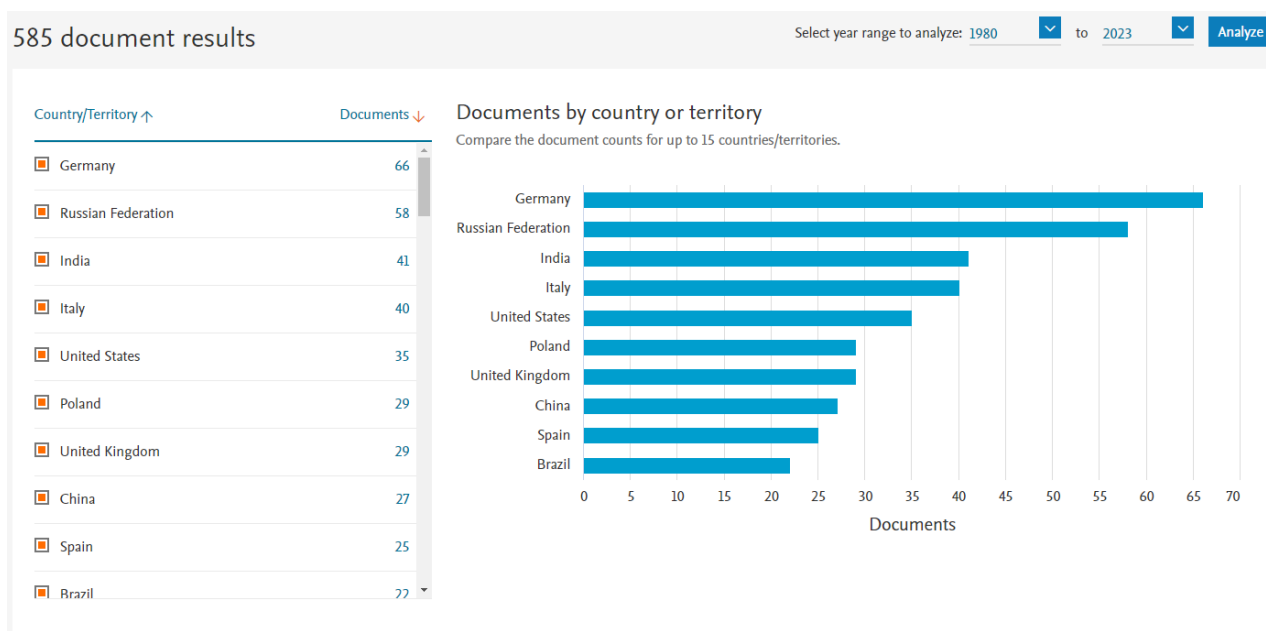
Fuente. Web Of Science, 2023.

Pasando a la segunda base de datos Web Of Science, en la cual se realizó una búsqueda inicial con la ecuación Industry 4.0 AND Transport, la cual arrojó una estadística de producción científica de mayor auge en el año 2015, logrando crecer exponencialmente hacia el año 2016, con el doble de la producción, en cada año consecutivamente hasta lograr en el año 2019 una

producción científica de 129 documentos, la cual fluctuó en los años posteriores, tal vez por las dinámicas mundiales producto de la pandemia por Covid-19.

Figura 5

Producción científica por territorio o nacionalidad de publicación según ecuación de búsqueda “Transport” AND “Fourth Industry Revolution” Web Of Science



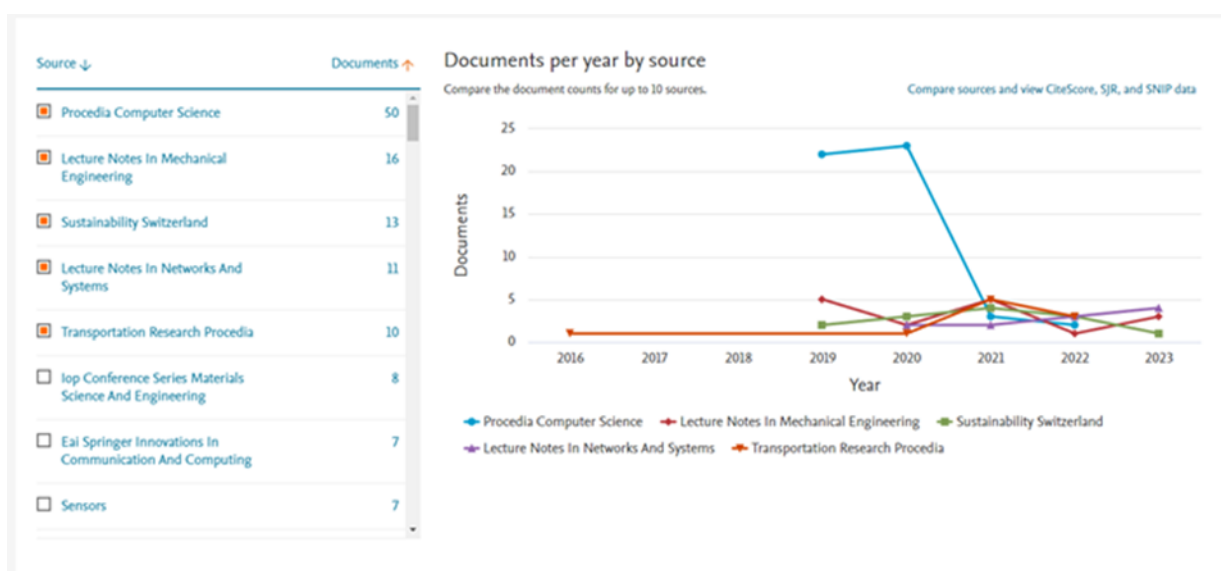
Fuente. Web Of Science, 2023.

La producción científica bajo la industria 4.0 y transporte, es Europa y su mayor exponente es Alemania con una producción científica del 11% del total de resultados de búsqueda, Italia con un 7%, Polonia con un 4%, Reino Unido con el 4% y España con el 4%, lo que en suma deriva en el 31% del total de la producción científica. Seguido por el continente asiático que presenta a Rusia con un total de producción de documentos científicos en el tema del 9%, India con el 7% y China con el 4%, lo que representa el 20% del total de los documentos

recopilados en esta base de datos y finalmente el continente americano con Estados Unidos que tiene el 5% de producción científica en el tema y Brasil. Estados Unidos que tiene el 5% de producción científica en el tema y Brasil con un 3%, que en suma representa el 8%.

Figura 6

Producción científica por año de publicación según ecuación de búsqueda “Transport” AND “Fourth Industry Revolution en Web of Science



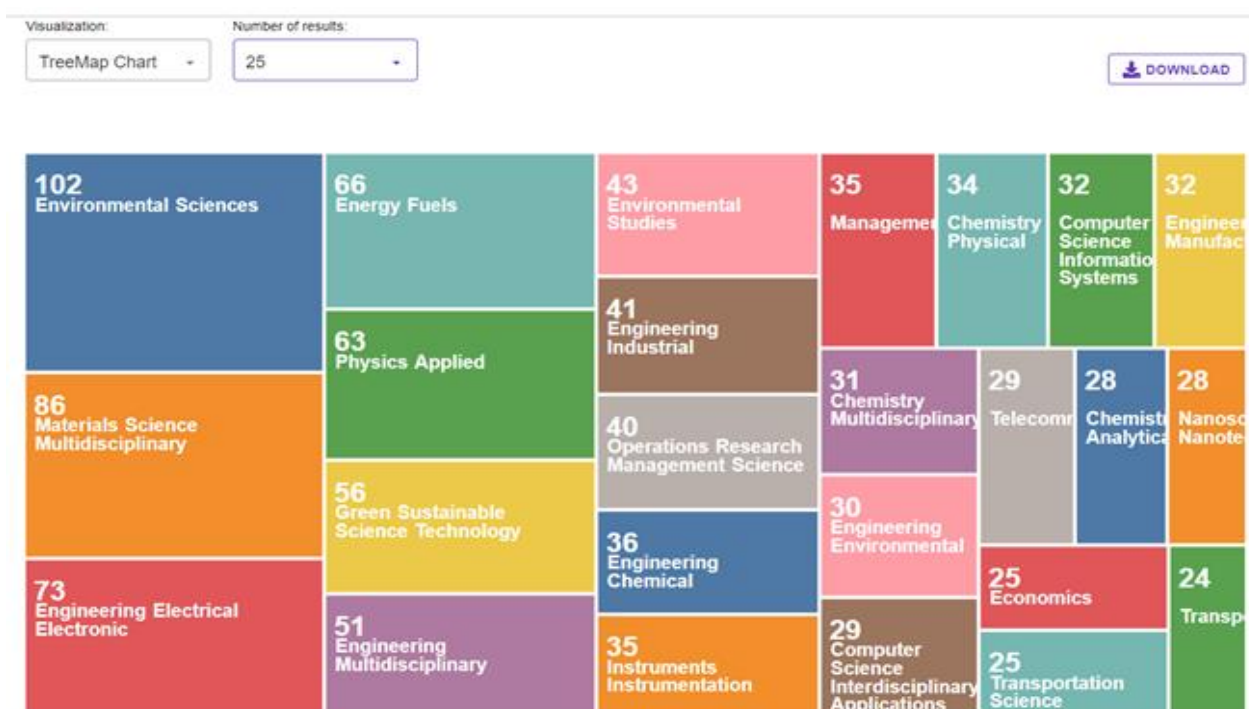
Fuente. Web Of Science, 2023.

La gráfica 6, muestra una comparación entre el tipo de fuente y el año de publicación, lo que arroja el Centro de Cómputo Procedia, fue pionero en investigación desde el año 2019 al año 2021, con el 50% de la producción, seguido por Notas de Clase en Ingeniería Mecánica, que logró mantenerse por debajo del 20% de producción junto con: Sostenibilidad Suiza, Notas de Clase en Redes y Sistemas, Transporte y Procedimiento de Investigación, quienes se han mantenido en investigación entre el año 2020 y el año 2023.

Lo anterior aporta una visión clara sobre lo innovador del tema ya que su auge de desarrollo ocurre hacia el año 2020, iniciando en el año 2014, pero con un creciente y rápido interés, lo que ha incrementado la producción científica, es importante reconocer que el continente europeo es pionero y, por tanto, es un referente para el mundo en la identificación de elementos de la industria 4.0, que pueden ser aplicables al tema de estudio.

Figura 7

Producción científica por área de publicación según ecuación de búsqueda “Transport” AND “Fourth Industry Revolution” Web of Science



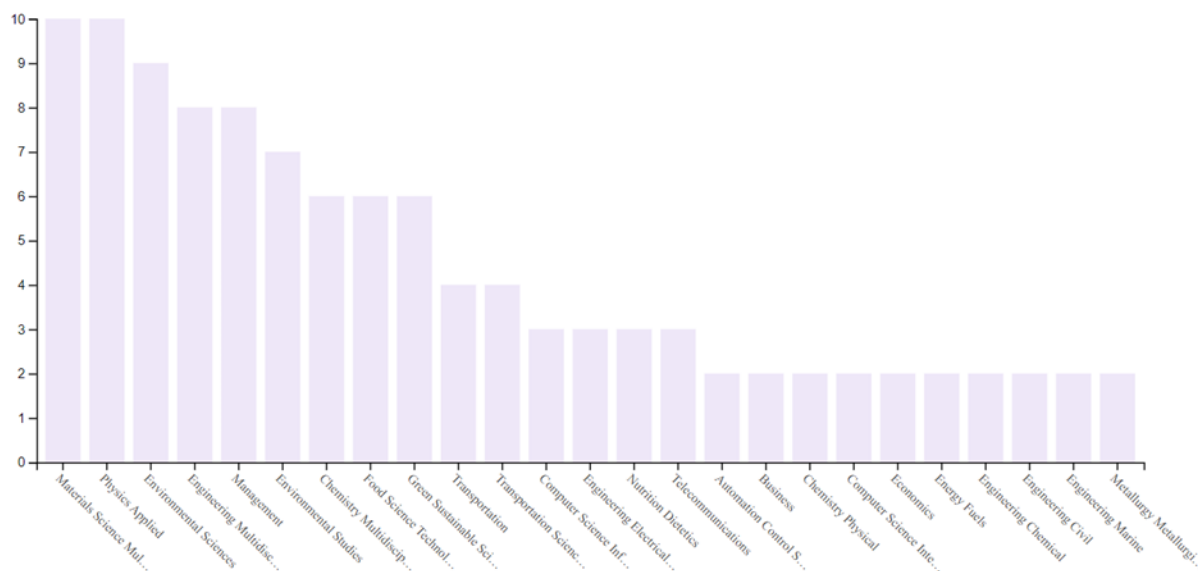
Fuente. Web Of Science, 2023.

En cuanto a las áreas de estudio se logra identificar que la mayor parte de la producción científica se enfoca en las áreas de medio ambiente, ciencias multidisciplinares, Ingeniería Eléctrica y Electrónica, combustibles energéticos, Física aplicada, Ciencia y tecnología

sustentable, Ingeniería, estudios de medio ambiente, ingeniería industrial, operaciones de administración y de investigación, Ingeniería Química e instrumentación, lo que da cuenta de que la innovación y la industria 4.0 han transversalizado una gran cantidad de áreas del conocimiento.

Figura 8

Producción científica por área de publicación según ecuación de búsqueda “Transport” AND “Fourth Industry Revolution” Web Of Science



Fuente. Web Of Science, 2023.

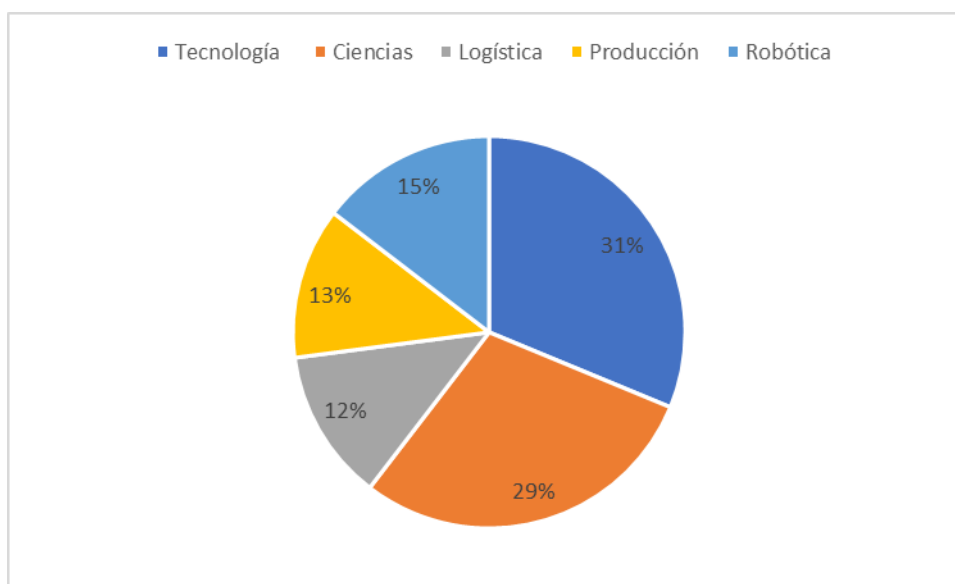
De la gráfica presentada en la figura 10, se logra evidenciar la amplitud del tema y la multidisciplinariedad de la tecnología en lo referente a la industria 4.0, utilizada en diferentes áreas industriales, mostrando que tiene un auge importante en las ciencias relacionadas con la física, el cuidado del medio ambiente, la ingeniería eléctrica, electrónica, e industrial,

administración, viéndose una menor cantidad de producción científica específica en el sector de transportes.

Posteriormente se realizó una pesquisa en la base de datos Scopus que arrojó mediante las ecuaciones descritas en la Tabla 12, en la que la búsqueda arrojó un total de 48 documentos. De los cuales 15 artículos corresponden a tecnología, 14 al área de Ciencias, 6 al área de Logística, 6 artículos al área de producción y 7 relacionados al área de Robótica, lo que se muestra en la gráfica de la Figura 9.

Figura 9

Producción científica por área de publicación según ecuación de búsqueda “Transport” AND “Fourth Industry Revolution” EBSCO



Fuente. EBSCO, 2023.

Una vez terminada la primera recopilación de artículos en las tres bases de datos de las bases de datos se realiza una selección de los artículos que tienen mayor relación en cuanto a la

aplicación de las tecnologías de la industria 4.0 en el sector de transporte de carga, teniendo en cuenta que el transporte de carga puede manejarse por la vía terrestre, marítima, aérea y ferroviaria. Este proceso se realiza a través del análisis de los documentos recopilados en una matriz en la cual se discrimina el objetivo del artículo, la metodología y las conclusiones.

Lo anterior con el fin de generar una triangulación de los conceptos, las aplicaciones y las novedades de la industria 4.0 en el transporte de carga, reconocer aquellos casos en los que su utilización ha impactado de manera positiva a esta industria. Para finalmente categorizar cuales de estas aplicaciones pueden lograrse en a la industria de transporte de carga en colombiana, considerando su viabilidad ante los costos y el acceso a las formas de implementación.

Estado del arte desde cada una de las bases de datos consultadas

Tabla 3

Producción científica de análisis

Base de datos	Cita APA 7	Objetivo	Metodología	Conclusiones
Web Of Sicence	Gašiorek, K. (2022). Key competences for Transport 4.0 – Educators’ and Practitioners’ opinions. <i>Open Engineering</i> , 12(1). https://doi.org/10.1515/eng-2022-0009	Identificar las habilidades y características de los empleados de las empresas de transporte a la luz de la Revolución 4.0, habilidades técnicas y blandas, para el transporte 4.0.	Se realizan encuestas a expertos en el trabajo con herramientas de IoT aplicando una escala Likert para identificar las habilidades blandas más importantes que debe tener un empleado de en el transporte 4.0, metodología cuantitativa.	Es poco el estudio actual en torno a las habilidades y capacidades que deben tener los empleados de la Industria 4.0. Lo primero en lo que deben tener conocimiento es en robótica, sistemas autónomos, interfaces v2x.
Web Of Sicence	Schlingensiepen, J., Nemtanu, F., Mehmood, R., y McCluskey, L. (2015). <i>Autonomic Transport Management Systems—Enabler for Smart Cities, Personalized Medicine, Participation and Industry Grid/Industry 4.0. Studies in Systems. Intelligent Transportation Systems - Problems and Perspectives</i> . (Vol. 32). Ed. Springer, Cham. https://acortar.link/r17orL	Establecer el Sistema de Transporte Inteligente ITS del futuro como un sistema autónomo. para cumplir con todos los diferentes requisitos y garantizar una alta confiabilidad del sistema en general.	Enfoque cualitativo, revisión documental	Las ciudades inteligentes requieren de la implementación de movilidad personalizada, logística para la industria green/industria 4.0, medicina personalizada, sistemas de información en red, sensores como servicio de computación autónoma y participación de discapacitados. En este sentido las TIC ofrecen una gran cantidad de herramientas para el transporte individual y de carga.

Base de datos	Cita APA 7	Objetivo	Metodología	Conclusiones
Web Of Science	Sell, R., Rassolkin, A., Wang, R., y Otto, T. (2019). Integration of autonomous vehicles and Industry 4.0	Describir el desarrollo de un vehículo autónomo diseñado para corto alcance.	Diseño experimental desde la metodología cuantitativa.	La era de automatización y digitalización llamada Industria 4.0. aproximada a la actualización del proceso de fabricación, de la logística y las soluciones de transporte inteligentes y las técnicas de control inteligente generó cambios en la industria automotriz y llevó al desarrollo de vehículos autónomos. Este documento mostró la integración del vehículo autónomo ISEAUTO en la Industria 4.0. un autobús de enlace automatizado de última milla diseñado en Estonia para el transporte de corto alcance.
Web Of Science	Restrepo-Arias, JF; Branch-Bedoya, JW; Zapata-Cortes, JA; Paipa-Sanabria, EG; Garnica-Lopez, MA. (2022). Industry 4.0 Technologies Applied to Inland Waterway Transport: Systematic Literature Review. Sensors, 22(1), 2-22. https://www.mdpi.com/1424-8220/22/10/3708	Identificar los problemas del transporte de carga de vía navegable, e identificar las estrategias tecnológicas de la industria 4.0 utilizadas para resolverlos.	Revisión Sistemática de la Literatura (SLR).	Se logró identificar cinco dominios correspondientes de la Industria 4.0 como (1) monitoreo de tráfico, (2) navegación inteligente, (3) reducción de emisiones, (4) análisis con big data y (5) ciberseguridad. Además, sectores industriales y de conectividad a través del Internet de las Cosas (IoT). Las tecnologías líderes asociadas con la Industria 4.0 son: impresión 3D, robótica, vehículos aéreos no tripulados (UAV), Internet de las cosas (LoT), Blockchain y tecnología artificial. inteligencia

Base de datos	Cita APA 7	Objetivo	Metodología	Conclusiones
Web Of Sicence	Maiboroda, O., Bezuhla, L., Gukaliuk, A., Shymanska, V., Momont, T; Ilchenko, T. (2021). Assessment of Perspective Development of Transport and Logistics Systems at Macro and Micro Level under the Conditions of Industry 4.0 Integration. IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, 21(3).	Identificar direcciones de perspectiva de desarrollo y evolución, descubrir los obstáculos existentes en la integración de soluciones tecnológicas de sistemas de transporte y logística a nivel macro y micro	Este estudio se basa en una metodología cuantitativa y cualitativa para evaluar el nivel de integración de las tecnologías en los sistemas de transporte y logística para estudiar las perspectivas para su desarrollo a nivel microempresarial	En los países de bajos ingresos, las duras reformas de infraestructura están obstaculizando el desarrollo de las empresas de logística que prestan servicios de transporte. Esto determina el nivel nacional de desarrollo de los sistemas de transporte y logística y, en general, el nivel global de desarrollo del transporte y la logística. En los países desarrollados, las barreras legales para el desarrollo de una nueva logística tecnológica son los requisitos ambientales para la integración de tecnologías en el sistema de transporte.
Web Of Sicence	Cedillo, M., García, M., Martner, C., Saucedo, J., y Ponce, N. (2017). Flujos de carga automotriz y su impacto en la infraestructura ferroviaria en México: un enfoque de fluidez en la cadena de suministro. Ingeniería. Investigación y Tecnología, XVIII (1), 87-99. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40449649008	Presentar un análisis espacial de los flujos de carga automotrices desde una perspectiva de fluidez en la cadena de suministro.	Una amplia revisión de información bibliográfica, desde el enfoque cualitativo que permitiera sistematizar y representar espacialmente información, como, por ejemplo, la matriz origen-destino de la carga ferroviaria.	Las características de este caso se resumen en la formación de espacios geográficos puntuales, especializados y de alto desarrollo tecnológico que aprovechan las ventajas comparativas de vecindad entre México y Estados Unidos; la posibilidad de acceso de productos a este mismo país, vía el TLCAN, así como el costo favorable de la mano de obra
Web Of Sicence	Popkova, E., Sergi, B., Rezaei, M., y Ferraris, A. (2021). Digitalisation in transport and logistics: a roadmap for entrepreneurship in Russia. International Journal of Technology Management (IJTM), 87(1). http://dx.doi.org/10.1504/IJTM.2021.118887	Desarrollar un modelo conceptual de digitalización del transporte y la logística en Rusia.	Investigación de corte cuantitativo experimental de corte transversal.	Algunas recomendaciones útiles para los encargados de formular políticas públicas, inversores y empresarios para gobernar la digitalización del transporte y la logística en Rusia, tienen relación con modelos que incluyen nuevas tecnologías relacionadas con la Industria 4.0 como Blockchain, Big Data, IoT, realidad virtual e inteligencia artificial.

Base de datos	Cita APA 7	Objetivo	Metodología	Conclusiones
Web Of Sicence	Sabella, R; Iovanna, P; Bottari, G; Cavaliere, F. (2020). Optical transport for Industry 4.0. Diario de Comunicaciones ópticas y Gestión de redes, 12(8),	Analizar los requisitos y desafíos que los escenarios de la Industria 4.0 plantean a las comunicaciones ópticas y las infraestructuras de arco de redes.	Revisión documental desde un enfoque cualitativo	La Industria 4.0 será una fuerza motriz clave para la evolución de las redes de radio celulares, que abarcará todos los sectores industriales. Sin embargo, plantea desafíos, especialmente con respecto a la red de transporte y las tecnologías relacionadas. De hecho, el transporte es fundamental para garantizar los niveles de rendimiento 5G que se requieren para servir a los servicios verticales y escenarios de despliegue directos. Una coordinación automatizada e inteligente entre las redes de radio y transporte es vital para garantizar la solidez, permitiendo a los operadores cumplir con sus requisitos en múltiples casos de uso, mantener los gastos operativos bajo control y continuar apoyando el legado en servicios.
Web Of Sicence	Gore, A. (2021). Hacia una gestión portuaria sostenible: evidencia comparativa de Italia, Emiratos Árabes Unidos e India. Revista Internacional de Gestión de la Tecnología y Desarrollo Sostenible, 21(3), 331-351	Comprender los factores de éxito, las diferencias y las tendencias en la gestión portuaria sostenible. Además, se discuten las implicaciones de gestión mientras se rastrea un patrón junto con los resultados empíricos.	Análisis documentos del estudio de caso comparado entre los Puertos de Cartagena de Indias y Santos.	Los factores de éxitos de la gestión portuaria están relacionados con maniobras logísticas, su distribución y construcción futurista, le permite ser sostenible en el tiempo, mientras que el Puerto de Cartagena de Indias gracias a su alianza con Contecar está siendo muy fuerte en manejo de carga contenerizada y está prestando apoyo a los demás Puertos del Sector Industrial de Mamonal y aporte significativo a la economía nacional, así la conectividad es mucho más amplia.

Fuente. Web of Sicence, 2023.

Tabla 4*Producción científica de análisis*

Base de datos	Cita APA 7	Objetivo	Metodología	Conclusiones
EBSCO	Laiton, C., Branch, J., Zapata, J., Paipa, E., Arango, M. (2022). Tecnologías de la Industria 4.0 aplicadas a la industria del transporte ferroviario. <i>Sensores</i> 2022, 22, 2491. https://doi.org/10.3390/s22072491	Identificar las estrategias tecnológicas que se utilizan en la actualidad para resolver los problemas del sistema ferroviario.	Revisión sistemática de literatura desde un enfoque cualitativo.	Las estrategias encontradas que son aplicables a los sistemas ferroviarios son Inteligencia Artificial (IA), Internet de las Cosas (IoT), Cloud Computing, Big Data, Ciberseguridad, Modelado y Simulación, Sistemas Inteligentes de Apoyo a la Decisión (SDSS), Visión por Computador y Realidad Virtual (VR).
EBSCO	"Kliestik, T., Nagy, M., y Valaskova, K. (2023). Cadenas de valor globales e Industria 4.0 en el contexto de lugares de trabajo ajustados para mejorar el rendimiento de la empresa y su comprensión a través de la preparación digital y la experiencia de la fuerza laboral en las naciones V4, <i>Matemáticas</i> , 11, 601. https://doi.org/10.3390/math11030601	Explicar cómo las tendencias actuales de la Industria 4.0 podrían interactuar con los sistemas de trabajo existentes en las cadenas de valor globales para acelerar su actividad operativa en el contexto de las empresas de las cuatro naciones de Visegrado (V4)	Revisión sistemática de análisis comparativo entre el inicio de la interconexión y el metaverso que se aproxima con la industria 5.0 y las aplicaciones de la Industria 4.0.	La utilización de tecnologías avanzadas y potentes como las que ofrece la Industria 4.0 la producción ajustada cambia. Otros elementos que se pueden integrar desde la Industria 4.0 son las placas de monitoreo de procesos. si las tecnologías de la Industria 4.0 se implementan de acuerdo con los principios de producción ajustada y conducen al logro de los objetivos de la empresa, su adopción estará justificada y mejorará en gran medida el sistema de producción.
EBSCO	Krupík, Pavel. (2022). Construction 4.0 in the concept of the railway. <i>Acta Polytechnica CTU Proceedings</i> . 35. 10.14311/APP.2022.35.0019. The digital and technological	Describir la gestión de los sistemas informáticos inteligentes, como los sistemas de gestión de tráfico aéreo.	La metodología de investigación consiste en la búsqueda de artículos relevantes con acceso abierto en la base de datos Scopus. Para este	Los medios de transporte no pueden comprometer la seguridad de los pasajeros aplicando actividades de operación y mantenimiento. La seguridad se está convirtiendo en un objetivo más difícil de lograr utilizando estrategias de mantenimiento tradicionales y las soluciones informatizadas están entrando en escena como la única opción para hacer frente a sistemas

Tabla 4*Producción científica de análisis*

Base de datos	Cita APA 7	Objetivo	Metodología	Conclusiones
	innovations that have been developing massively in recent years are often referred to as the 4th Industrial Revolution or Industry 4.0.		propósito, se eligieron las palabras clave Construcción 4.0, construcción de transporte, Industria 4.0, industria de la construcción.	complejos que interactúan entre sí
EBSCO	Vargas, J., Castrillón, O., y Giraldo, J. (2022). Modelo de simulación de eventos discretos y emulación de sensores para mejorar una ruta de transporte rural al reducir los tiempos de espera. Información Tecnológica – Vol. 33 Nº 6.	Evaluar el potencial de diferentes herramientas provistas por la industria 4.0 en la mejora de sistemas de transporte. En el sistema de transporte rural entre el municipio de Cajamarca y el corregimiento de Anaimé (Departamento del Tolima, Colombia) por su importancia económica para la región.	Diseño experimental en el que se desarrollan dos modelos para el análisis, el primero describiendo el sistema real y el segundo agregando sensores que generen y transmitan información en tiempo real para facilitar la toma de decisiones. Este sistema se modela en el software FlexSim.	Los resultados muestran que se logra reducir los tiempos de espera hasta en un 60% cuando se integran sensores en las rutas de transporte y una lógica de decisión frente a la información que estos proveen. Se concluye que incluir herramientas para la toma y transferencia de información en tiempo real junto con herramientas de soporte ayuda a reducir los tiempos de espera de los pasajeros

Tabla 4*Producción científica de análisis*

Base de datos	Cita APA 7	Objetivo	Metodología	Conclusiones
EBSCO	Knapcikova, L., y Perakovi, D. (2022). Enfoques innovadores en los desafíos tecnológicos en el contexto de la industria 4.0. Enfoques innovadores en los desafíos tecnológicos en el contexto de la industria 4.0	Identificar los aportes de la Industria 4.0 en las carreteras inteligentes	Revisión bibliográfica de las contribuciones que tratan sobre los diversos aspectos de la Internet de las cosas, la computación en nube, los macrodatos, la inteligencia artificial, la información y la comunicación. análisis/seguridad/e-forensics, sistema de información empresarial, gestión del tráfico de infraestructuras inteligentes	El monitoreo es una herramienta importante para utilizar una gran cantidad de información hasta ahora difícil de alcanzar para tomar decisiones más rápidas y correctas. La estrecha interconexión de productos, equipos, personas aumenta la eficiencia de las máquinas y equipos de producción. La prevención y el trabajo activo para resolver estos problemas se centran en las comunidades de investigación, las agencias y organizaciones locales y nacionales, y muchas organizaciones internacionales. El ruido del tráfico en las carreteras de la ciudad ha sido identificado como uno de los principales problemas en los asentamientos urbanos.

Fuente. EBSCO, 2023.

Tabla 5.

Producción científica de análisis

Base de datos	Cita APA 7	Objetivo	Metodología	Conclusiones
SCOPUS	Gerhatova, Z., Vladislav, Z., y Klapita, V. (2020). Opciones de implementación de la Industria 4.0 en el Transporte Ferroviario	Describir la transformación digital de los procesos y la implementación de nuevas tecnologías de la Industria 4.0,	Revisión literaria	La digitalización y automatización de los procesos de negocio ayuda a facilitar el trabajo de los empleados y, sobre todo, influye positivamente en los resultados de la empresa. La automatización de los procesos de intercambio de datos es una forma efectiva de agilizar la comunicación y promover el buen funcionamiento de las operaciones individuales dentro de la cadena de suministro.
SCOPUS	Sagieva, G., y Kotsemir, M. (2018). Medición del nivel tecnológico de las organizaciones: enfoques metodológicos y evaluación. Emerald Publishing Limited, 20(4), 416-442. DOI 10.1108/FS-03-2018-0026	Presentar los resultados del primer estudio piloto ruso sobre el nivel tecnológico de las organizaciones sobre las respuestas de 2.500 encuestados de nueve sectores de la economía en cuestionario especializado.	Descriptivo cualitativo	la mayoría de las organizaciones nacionales tienden a seguir estrategias de autosuficiencia tecnológica y una gran parte de ellas no están activas en los mercados de ciencia y tecnología nacionales o extranjeros.
SCOPUS	Antoniuka, I., Sviteka, R., Krajčoviča, M., y Furmannová, B. (2021). Metodología de diseño y optimización de la logística interna en el concepto de Industria 4.0. Transportation Research Procedia 55 (2021) 503–509	Describir los cambios en la metodología de la planificación y optimización del transporte interno utilizando herramientas de Industria 4.0.	Cuantitativo experimental	Los métodos como los modelos de fábrica escalables y multinivel descritos en este artículo son herramientas de apoyo para la reacción flexible de la empresa a los requisitos del cliente y al cambio del programa de producción, garantizarán la competitividad y el proceso fluido de producción y logística.

Fuente. EBSCO, 2023.

Marco conceptual

Dentro de los conceptos más importantes, los cuales serán analizados a través de los documentos que se recaban en el marco de esta investigación, resulta valiosa la consideración de términos como:

Logística hace referencia desde el sentido económico a las actividades que se realizan dentro de una organización empresarial para completar todo el ciclo de producción desde la elaboración del producto, empaque, bodegaje de productos terminados, comercialización y distribución de productos hasta el consumidor final. Se caracteriza por apropiarse los procesos de recolección de pedidos, reconocimiento de la demanda y la oferta en el mercado, la administración de productos en torno a su movilización y almacenamiento, también de los procesos de empaquetamiento o embalaje, el transporte de mercancías, el control de inventarios y el servicio al cliente antes, durante y en la posventa (Fontalvo et al., 2019).

Sistemas de transporte de carga: son aquellos elementos de movilización que se encargan de llevar mercancías, insumos y productos terminados preservando sus condiciones óptimas, además de verificar que se entreguen en su destino de manera oportuna, el seguimiento posterior a la entrega de los productos en un servicio pos-venta. Los sistemas de transporte de mercancías pueden ser marítimos, terrestres por carretera, urbanos, rurales intermunicipales, ferroviarios y aéreos (Martínez, 2009).

Industria 4.0: Conocida también como la cuarta revolución industrial se caracteriza por tener una amplia automatización, bajo la cual los sistemas y los recursos se acoplan para la optimización de recursos. En estos procesos se incluyen todos los niveles empresariales, la conectividad dentro y fuera de la organización, el análisis de datos. Con lo cual se logra

minimizar errores, ahorrar costos, eficiencia en el uso de energía, mejora en los tiempos de producción (Ynzunza, 2017).

Competitividad empresarial: es la sumatoria de las capacidad y habilidades del equipo humano y técnico de una organización en relación con otras empresas, en la mejora de los procesos de calidad, elaboración de productos, reducción de costos y entrega de producto final a la parte comercializadora o al cliente final (Ibarra et al., 2017).

Innovación empresarial: Consiste en la capacidad de probar nuevas, herramientas metodológicas para mejorar los resultados del ejercicio productivo integrando la tecnología, la reducción y optimización de materiales, recurso humano, técnico y financiero, ligándose a la competitividad empresarial (Cardona et al., 2013).

Flexibilidad empresarial: es la capacidad de adaptación que tienen las empresas hacia los desafíos del futuro y los retos actuales, en los cuales pueden buscar estrategias de vinculación con otras empresas para fortalecer su competitividad y así poder abarcar más mercados y mejorar sus procesos desde el inicio hasta el final de producto terminado (Arancibia, 2001).

Mercado doméstico: hace referencia al mercado nacional o aquellas que se hacen dentro del mismo territorio dentro de un país, dentro del que no se tiene en cuenta aquellas transacciones transnacionales. El mercado doméstico estará regulado por las leyes internas dentro de un país. La clasificación de los mercados domésticos se puede realizar desde tres frentes, el primero el de los bienes, en el cual se tienen en cuenta las características de durabilidad de estos, ejemplo de ello son la industria de alimentos, de acuerdo con su naturaleza como los servicios de turismo. La segunda dimensión se relaciona con la geografía dentro de los cuales se analizan los mercados de acuerdo con su alcance para describir si son nacionales,

regionales o locales. Finalmente se describe su tipología de acuerdo con el tipo de comprador o de comercio, este sería institucional, industrial o de consumo (Garmendia, 2020).

Marco teórico

Desarrollo Histórico de las Revoluciones Industriales

Las Revoluciones Industriales han estado marcadas por transformaciones que han marcado un antes y un después en las relaciones sociales, laborales, educativas. Desde la primera Revolución Industrial se vislumbraron avances relacionados con la tecnificación de los procesos, es decir la transición de la manualidad que producía artículos, más sofisticados y en mayor cantidad por el tiempo laborado. De manera que, en un recorrido por las Revoluciones sucedidas con anterioridad, encontramos tres grandes revoluciones. La primera desarrollada cerca de los años 1760, en Inglaterra. En esta primera transformación de la industria y las herramientas se evidencian las tecnificaciones en las máquinas hiladoras, la máquina de vapor, el telégrafo. En materia de transporte el desarrollo del ferrocarril, rompiendo la velocidad de las locomotoras de la época (González et al., 2021).

Pasando a la Segunda Revolución, desarrollada en Gran Bretaña hacia la década de 1870, fue un hito histórico en la nueva transformación de la industria la cual se caracteriza por la masificación en la producción, lo cual lleva a una amplia expansión de estas transformaciones a países como Japón, Alemania y Estados Unidos. Con la producción en masa también se desarrollo un crecimiento exponencial de las industrias, lo que llevó a la reorganización de los puestos y las operaciones de trabajo (Rojas, 2017).

La consecución de nuevas fuentes de energía y materias primas, aceleraron el proceso de creación de transporte, por lo cual también se dio la expansión de ferrocarriles. En esta misma

área de transporte, se crean las embarcaciones y los automóviles como recursos para la movilización de personas, materiales y productos. Finalmente, en esta revolución se conoce el desarrollo de la radio, el telégrafo, el cinematógrafo y el teléfono, como grandes inventos de la comunicación (Rojas, 2017).

Pasando a la Tercera Revolución Industrial, a partir de la cual se da una apertura hacia el desarrollo centrada en la tecnología. Su auge se da hacia los inicios del segundo milenio. En el marco de este suceso, se empieza a hablar de manera general en la industria de las soluciones que ofrecen las redes de la internet, así como la eliminación de las barreras espaciotemporales que ofrecen las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC). Por otra parte, la identificación y uso de energías renovables.

Consecuencia del desarrollo de la Tercera Revolución Industrial se da un fenómeno conocido como la globalización, como la oportunidad de acceso a diferentes mercados a nivel mundial. El reconocimiento de las culturas a nivel global. En esta apertura al conocimiento tiene un importante papel, primero la sistematización de procesos y de la información, así como la conectividad que ofrece la internet. Permitiendo el reconocimiento de nuevos ordenadores, la telefonía móvil, las comunicaciones por medios inalámbricos, el desarrollo de software y hardware, así como, la nanotecnología. De modo que la transformación de las comunicaciones se da de manera más amplia. Algunos, desarrollos de esta etapa están enmarcados en la globalización de la información como: la innovación en la comunicación, la utilización de nuevas energías en industrias, la digitalización de la información y el comercio por internet (Lastra, 2017).

Lo anterior fueron los inicios de lo que en la actualidad se conoce como la Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0. La cual se caracteriza por un amplio desarrollo tecnológico, logrando así la automatización de los procesos relacionados con el Internet de las Cosas, realidad aumentada, realidad virtual, big data e impresión 3D y 4D.

Características de la Industria 4.0 y su relación con la logística y los sistemas de transporte de carga

Los avances en el desarrollo de las tecnologías de información y comunicación de la industria 4.0 fortalecen la competitividad e innovación en los Sistemas de Transporte de Carga en Colombia. Para lo cual es importante reconocer que la industria 4.0 o cuarta revolución industrial que se basa en sistematizar las operaciones empresariales incluyendo inteligencia artificial, los últimos y más avanzados adelantos tecnológicos, cuyo propósito es reducir tiempos y costos, para acercarse de manera oportuna a los clientes, realizar operaciones comerciales en todos los lugares del mundo (Ynzunza et al., 2017).

Las oportunidades de automatización a través de la industria 4.0 pueden generarse desde diferentes ámbitos, el primero de ellos es el ámbito económico, dentro del cual se generan crecimientos, especialmente en lo que respecta a la reducción de costos, la amplitud del mercado y de la producción, para finalmente, llegar al crecimiento económico reflejado en una mayor oferta de ingresos y utilidades. Desde el ámbito de crecimiento y competitividad, se puede medir ante el cumplimiento de los objetivos y los indicadores, de acuerdo con los cuales se evalúa la gestión empresarial, así como la impresión de la creación de diferentes elementos de valor para el sector, es importante considerar que en estas redes también se transmite información para la toma de decisiones, para lograr la eficacia, la innovación y el desarrollo tecnológico (Suárez et al., 2018).

En términos de competitividad, se hace necesario relacionarla con las habilidades de las empresas para liderar y posicionarse en el primer lugar de acuerdo con el liderato, que pueden tener en menor capacidad las demás organizaciones, lo cual le permite abarcar un mayor segmento de mercados, de la misma manera que crece su economía, y la amplitud en la capacitación empresarial, en este campo el enfoque sistémico aportara al crecimiento de la competitividad, en el cual se tiene en cuenta el sistema que hará referencia al eco ambiente empresarial, la infraestructura, y como interfieren las políticas en sus procesos internos de desempeño, capacitación y estrategias de acción, también de la estructura de la industria y las instituciones de las que depende, finalmente de los procesos internos (Medeiros et al., 2019).

Así algunas de las características más importantes que se relación al sector del transporte de carga, son: a) la sensorización: como una herramienta para detectar o medir movimientos o recopilar información del entorno; b) la disponibilidad en tiempo real: esta característica revela la inmediatez en el funcionamiento de equipos, monitorización de funciones, programación de actividades, evaluación de fallos y rendimiento; c) flexibilidad: desde la creación de sistemas automatizados, se prevé el desarrollo de nuevas experiencias productivas que no requieran mucho esfuerzo pero que puedan brindar producción masiva; d) descentralización: al tener diferentes puntos de información o redes que la comparten, la toma de decisiones frente a las operaciones se pueden llevar a cabo en diferentes sucursales; e) comunicación: una de las bases de la Industria 4.0, que logra soportar a las demás características del avance industrial; conexión vertical en red: a partir de la cual se generan sistemas interconectados entre personas, objetos y la información; finalmente, f) la analítica avanzada: como la forma de expresión de los sistemas, bajo la cual se logran algoritmos, automatización, predicción para análisis y producción de nueva información (Pangol, 2022).

Lo anterior con el fin de generar una triangulación de los conceptos, las aplicaciones y las novedades de la industria 4.0 en el transporte de carga, reconocer aquellos casos en los que su utilización ha impactado de manera positiva a esta industria. Para finalmente categorizar, cuáles de estas aplicaciones pueden lograrse en a la industria de transporte.

Cimientos teóricos de la Industria 4.0 que apuntan a los sistemas de transporte de carga

La Industria 4.0 se relaciona de manera directa con un progreso masivo, global y práctico de la tecnología en la cual la conectividad es uno de sus pilares principales. Alrededor del progreso de la Industria 4.0, se van consolidando teorías que enmarcan la evolución y el cambio, algunas de ellas se explican a continuación.

Sistemas de integración: a partir de lo expuesto por Marady y Huertas (2021). Con respecto a las ciudades inteligentes como referentes de sostenibilidad. Los procesos tecnológicos que se incluyen en el desarrollo de una gestión pública y la construcción de urbanismo. Tienen necesariamente que cumplir con características de integración relacionadas con el crecimiento y la cultura ciudadana, la educación, la seguridad y otros aspectos como la movilidad y el transporte, por tales razones la Industria 4.0, emerge como una herramienta solución que a partir de instrumentos como el IoT, genera sostenibilidad, en respuesta a problemáticas actuales como el cambio climático y la falta de inclusión.

Algunos de los beneficios que proporciona el internet de las cosas esta direccionado a mejorar la movilidad de las carreteras uniendo la información con referencia a la circulación, el tráfico, el crecimiento poblacional, las necesidades de movilidad. Información que si bien se sistematiza requiere de un análisis amplio para lograr que los factores externos tengan impactos

menos nocivos en quienes conducen los sistemas de transporte, se reduzca el consumo de combustibles o se dé una mayor eficiencia a la energía utilizada.

Esta trayectoria de crecimiento de las empresas de transporte se da por diversas rutas. Estos procesos de adaptación o de transición hacia la implementación de herramientas como los sistemas autónomos, el internet de las cosas, las bases de datos Big Data, la inteligencia artificial, se realiza a través de los Modelos de Madurez MM, son estructuras que tienen pautas y normas que se estandarizan en las empresas para adoptar nuevos virajes organizacionales, de manera que los conocimientos de pruebas, aciertos y errores puedan apoyar nuevos procesos sin recaer en los mismos errores de otras compañías.

Una de las ventajas de la implementación de los Modelos de Madurez en las empresas es la reducción de costos, mejora en los tiempos de producción, reducción de errores en las cadenas productivas, en la calidad de los productos, y la mejora en el acceso de los productos por el cliente. Lo que, en términos de competitividad empresarial, brindará ventajas para maximizar el rendimiento y las ventas (Almarri y Abdelghani, 2022).

A continuación, se muestran los MM más representativos de la incorporación de la Industria 4.0 en las empresas. La evolución de los modelos muestra primero, que los países más interesados en su investigación y desarrollo son Alemania, Austria, Reino Unido, Estados Unidos y Tailandia. Otra característica importante para resaltar es el incremento de dimensiones, además de la variedad de todas las que se pueden encontrar a lo largo de la historia. Un análisis de estas variaciones tendrá que ver con la identificación de nuevas necesidades o escenarios que se pueden relacionar a la Industria 4.0. Así son cada vez más las integraciones de dimensiones y áreas relacionadas con los modelos de madurez en las empresas (Almarri y Abdelghani, 2022).

Tabla 6*Modelos de Madurez a lo largo de la historia*

Nombre del Modelo	Año	Origen	Dimensiones	Niveles
Modelo Fraunhofer Industria 4.0	2013	Alemania	Transformación empresarial, información, comunicación y tecnologías basadas en datos	5
Barómetro de la Industria 4.0	2014	Alemania	Tecnología, integración de TI, estrategia y objetivo, conductores y barreras, servicios 5G ye en la nube.	N/A
Índice de preparación para la Industria 4.0	2014	Alemania	Excelencia industrial y red de valor	NA
Índice de economía y sociedad digital (DESI)	2014	Unión Europea	Conectividad, capital humano, uso de internet, integración de tecnología, servicios públicos digitales.	N/A
Modelo de Arquitectura de Referencia para la Industria 4.0 (RAMI 4.0)	2015	Alemania	Niveles de jerarquía, ciclo de vida, flujo de valor y capas.	N/A
Los mapas de la brújula digital de McKinsey Industria 4.0	2015	Estados Unidos	Recursos, procesos, utilización de activos, mano de obra, inventarios, calidad, adecuación, oferta, demanda, tiempo de comercialización, servicio posventa.	N/A
IMPLUS	2015	Alemania	Estrategia y organización, fábrica inteligente, productos inteligentes, operaciones inteligentes, servicios basados en datos, empleados.	4
Modelo de Madurez de la Industria 4.0 de PWC	2016	Global	Modelos de negocio digitales, acceso a internet, producto y servicio, cadenas de valor y procesos, datos y análisis, arquitectura TI ágil, cumplimiento, seguridad legal y fiscal, organización, empleados y cultura.	5
Modelo de Madurez de integración de sistemas SIMMI 4.0 Industria 4.0	2016	Alemania	Integración vertical, integración horizontal, producto digital y tecnología transversal.	5
Hoja de Ruta 4.0	2016	Austria	Adquisitivo, producción, intralingüística, ventas, humano.	5
Modelo de madurez de la Industria 4.0 para empresas industriales	2016	Austria	Operaciones, tecnología, estrategia, productos, clientes, liderazgo, gobernanza, cultura, personas	5
Modelo de preparación Muntry 430 para la gestión de herramientas	2017	Alemania	Ubicación, uso de datos, vida residual de una herramienta, grado de protección de TI, en red grado de estolendización	5
Una herramienta de evaluación de preparación para la Industria 4.0	2017	Reino Unido	Productos y servicios, estrategia y organización de fabricación, y operaciones, cadena de suministro, modelo de negocio y consideraciones legales.	4

Nombre del Modelo	Año	Origen	Dimensiones	Niveles
Modelo de Madurez de evaluación de preparación digital DREAMY	2017	Italia	Tecnología de procesos, monitoreo y control, organización.	4
Singapur inteligente Índice de preparación de la industria (SIRD)	2017	Singapur	Teclusología, proceso, organización	6
Modelo de Madurez digital de Deloitte (DMMD)	2018	Reino Unido	Estrategia, tecnología, cultura, operaciones y organización.	5
Modelo de Madurez de la Industria 4.0	2018	Turquía	Productos servicios inteligentes, procesos comerciales inteligentes, estrategia y organización.	4
Preparación para la Industria 4.0 para la fabricación	2018	Tailandia	Fabricación operación, tecnología, empleados, estrategia, cadena de suministro, cliente, productos.	N/A
BCG-Índice de aceleración digital (DAI)	2018	Reino Unido	Tecnología de análisis de datos y personas, y de organizaciones, ecosistema.	4
Evaluación de la preparación digital KPMG	2019	Holanda	Gobernanza y gestión de riesgos, estrategia y negocios, modelo, empleados y competencias, sistemas y procesos, servicios y red.	N/A
Evaluación SSCM para la Industria 4.0	2019	India	Tecnología, colaboración para el desarrollo sostenible, estrategia administrativa.	5
Modelo de evaluación para la adopción organizacional de la Industria 4.0 basado en multicriterios	2019	Turquía	Estrategia y organización de fabricación y operaciones, productos y servicios, cadena de suministro, integración de la industria 4.0, modelo de negocio	5
Modelo de madurez para la evaluación de Industria 4.0 para Pymes	2019	Portugal	Fabricación procesos de producción personas, producto inteligente, organización y cambio.	5
Industria 4.0 preparación en el sector de la Industria Química	2020	Indonesia	Fabrica inteligente, productos inteligentes, empelados, digitalización, integración de la cadena de valor, organización, cumplimiento, seguridad legal, fiscal, cultura, liderazgo y modelo de negocio.	5
BHARAT 4.0 herramienta de evaluación de la preparación digital	2021	India	Fabricación, digitalización, organización	5
Modelo de madurez para empresas de fabricación inteligente	2021	Turquía	Fábrica, logística y gestión, operadores	5

Fuente. Elaboración propia, adaptado de (Almarri y Abdelghani, 2022).

Considerando los modelos de madurez en la implementación de la industria 4.0, se hace necesario tomar en cuenta algunas herramientas que se utilizan en su implementación. Algunas de esas herramientas están relacionadas con múltiples desarrollos tecnológicos, los cuales se explican en la Figura 10.

Figura 10

Oportunidades de la Industria 4.0 en el transporte de carga



Fuente. Elaboración propia, adaptado de (Vizzari et al., 2022).

Considerando los modelos de madurez, los recorridos que se han venido gestionando desde grandes potencias mundiales de transporte, se logra identificar que el avance de la Industria 4.0, es una revolución que toca todas las dimensiones en el transporte de carga multimodal, teniendo en cuenta que los navegadores son cada vez más una oportunidad de orientación de rutas con mejor acceso de tiempo. De manera que, reconociendo el terreno, se establezcan los protocolos necesarios para el ingreso o egreso de mercancías, las deficiencias en los servicios logísticos, para de alguna manera identificar la herramienta de IA, que más se adapte a las necesidades de la organización considerando que cada una de ellas cumple una función específica, pero complementaria con las demás.

Resultados en referencia a las Tecnologías de la Industria 4.0 más aplicadas en el transporte de carga

A continuación, se presentan los hallazgos de la revisión del estado del arte sobre las tecnologías de información y comunicación de la industria 4,0 que aplican a los sistemas de transporte. Las fuentes consultadas corresponden a pesquisas fuera de las bases de datos referidas fuera del estado del arte que complementan la información anteriormente recopilada. Estas fuentes fueron consultadas con base en las referencias bibliográficas de las fuentes recogidas en el estado del arte. Las cuales tienen el objeto de ampliar la información de los textos seleccionados en el ejercicio de investigación académico relacionado con la ejecución del estado del arte, cuyos hallazgos más importantes se destacan a continuación.

La Industria 4.0 ha puesto a disposición de las organizaciones la facilidad para integrar actividades comerciales, productivas y de distribución a través de la digitalización de procesos que aportan a desarrollos globales de conectividad, y afrontamiento de nuevos retos de las demandas volátiles del mercado. Desde la feria de Hannover de 2011, desarrollada en Alemania, en la cual se adopta el concepto Industria 4.0, que acompaña el desarrollo de la Cuarta Revolución Industrial, que tiene como las anteriores revoluciones elementos de desarrollo innovador que apuntan a mejorar los procesos en términos de rendimiento en el tiempo, así como, menores costos asociados (Rozo, 2019).

A partir del desarrollo de la Industria 4.0 se han generado diferentes líneas de investigación y producción tecnológica que enmarcan dimensiones como los son: el Machine Learning, que apunta al aprendizaje automático de las máquinas, sin necesidad de pasar por un proceso de programación. Lo cual se realiza a través del reconocimiento de patrones; El Internet

de las Cosas (LoT), característica que permite de forma trascendental la conexión entre equipos o instrumentos de uso cotidiano con el internet, para lograr la programación, sin la intervención de la manipulación directa; la Inteligencia Artificial, como un conjunto de programas y sistemas informáticos que permiten una simulación de las funciones cognitivas humanas, la cuales tienen su resultado en máquinas o robots (Ynzunza et al., 2017).

Fuentes complementarias relacionadas con organismos mundiales reconocidos en la temática

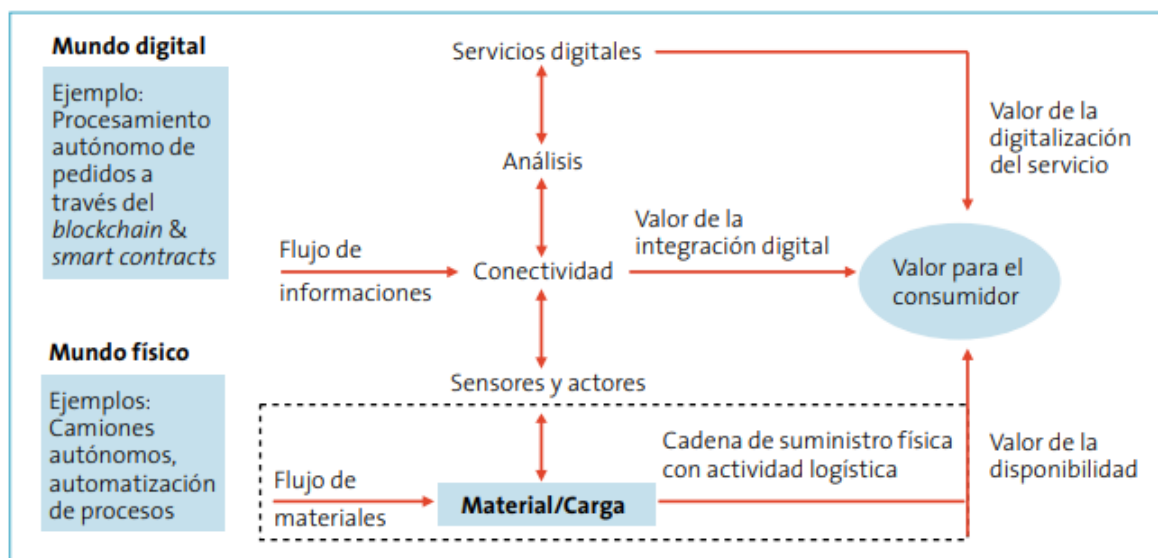
Las Fuentes complementarias, consolidadas como organismos internacionales, ofrecen una visión comparativa de los avances en el desarrollo de la industria 4.0 en los segmentos que se analizan en este documento monográfico, las cuales son consultadas de manera adicional, a las recopiladas en el estado del arte, con una línea de autoridad en materia de producción de información actual del uso de tecnología 4.0 en la logística y los sistemas de transporte de carga son aquellos organismos que se encargan de consolidarse como observatorios que utilizan metodologías rigurosas para producir información estadística.

De manera que los avances tecnológicos, que se evidencian en algunas organizaciones mundiales relacionadas con la Industria 4.0. Se pronuncian en torno a la oportunidades y desafíos en torno al desarrollo productivo, así como el nacimiento de la Logística 4.0. En torno a estos avances, América Latina y el Caribe tienen retos importantes debido a que las empresas no tienen características de homogenización industrial, lo cual supone que existan mayores desafíos en torno a la interconectividad de procesos. Esto lleva a mostrar grandes diferencias entre el acceso y la disponibilidad de recursos que tienen grandes empresas para desenvolverse en el comercio internacional, tecnologías de vanguardia aplicadas a servicios logísticos. Sin embargo, una porción de empresas con menor capacidad de acceso a recursos como las pequeñas y medianas

empresas (PYMES) deben mantenerse en los modelos logísticos y de transporte de carga tradicionales (CEPAL, 2019).

Figura 11

Modelo de negocio digitalizado



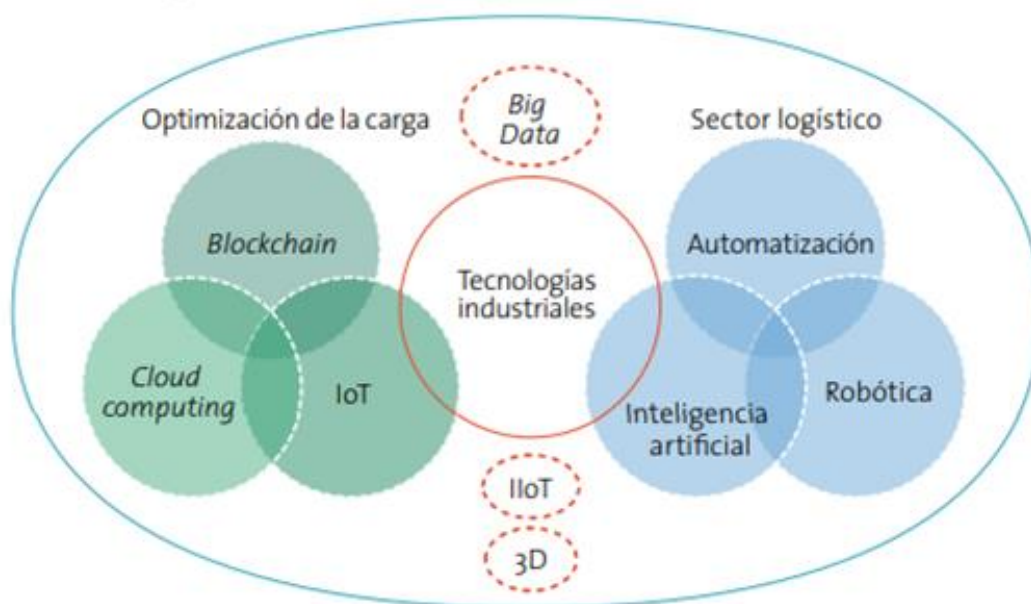
Nota. Tomado de CEPAL (2019).

De este modo, la aparición de la Logística 4.0, es una respuesta a la digitalización o automatización de procesos productivos, en la cual hay un enlace complejo de tecnología y aplicaciones, para permitir una mayor velocidad, así como la seguridad en un sinnúmero de procesos y procedimientos. Lo que refleja un mayor alcance entre los participantes, la infraestructura y los destinatarios. Utilizando para ello aplicaciones tecnológicas que proporcionan transmisión de datos, control de la infraestructura y sus movimientos, procesamiento de información, brindando a la cadena de distribución de las organizaciones mayor eficacia, seguridad, unificación de información, información disponible en tiempo real, trazabilidad, cooperación interempresarial,

valor agregado distintivo y sostenibilidad para mejorar y optimizar la toma de decisiones (CEPAL, 2019).

Figura 12

Tecnología 4.0 vinculado a la logística



Nota. Tomado de CEPAL (2019).

De esta forma se reconoce un elemento, distintivo de la Logística 4.0 que es la integración, a partir de ella se tiene la posibilidad de tener grandes flujos de información totalmente disponible cuando se requiera, gestión de tiempo, amplitud de los flujos de carga, disminución de costos. El desarrollo e implementación en los servicios logísticos innovadores los cuales tienen su fortaleza en el manejo de información. Una evidencia de esta tecnologización se da en algunos centros portuarios en los cuales se utilizan herramientas de la Industria 4.0 como la robótica, el Blockchain, la inteligencia artificial o la automatización, en adherencia a la integración del BIM que aporta un espectro amplio en la toma de decisiones (Jerez et al., 2023).

Además de lo anterior, es válido decir que cada una de las herramientas de la Industria 4.0 mencionadas con anterioridad, funcionan de manera interrelacionada entre sí y con otros sistemas como la inteligencia artificial. Un ejemplo de ello es la utilización del Big Data, para realizar predicciones de consumo de usuarios, lo que conduce a la logística anticipatoria, mantener el stock, sin excesos o defectos. La automatización de inventarios de productos almacenados en bodega, de los medios de transporte, mediante software de gestión y el análisis de patrones en el tiempo que generan predecir comportamientos futuros y asignar los recursos necesarios.

Por otra parte, la utilización de la Inteligencia Artificial en los procesos logísticos y de distribución, permiten realizar análisis de desplazamientos intra e Inter logísticos, que se aplican a empresas que tienen circuitos de movilización interna entre departamentos, así como externa cuando se comunica con otra empresas o sucursales en diferentes lugares a nivel nacional e internacional. Para lo anterior, también es necesario considerar la gestión de los recursos logísticos para la entrega de mercancías, atendiendo a un mayor control en el manejo de mercancías y recursos logísticos (Arango, 2021).

Resultados relacionados con fuentes estadísticas de conocimiento global especializado en logística y transporte

Otras fuentes consultadas además de las recopiladas en el estado del arte, pero que pueden aportar una visión actual del uso de tecnología 4.0 en la logística y los sistemas de transporte de carga son aquellos organismos que se encargan de consolidarse como observatorios que utilizan metodologías rigurosas para producir información estadística.

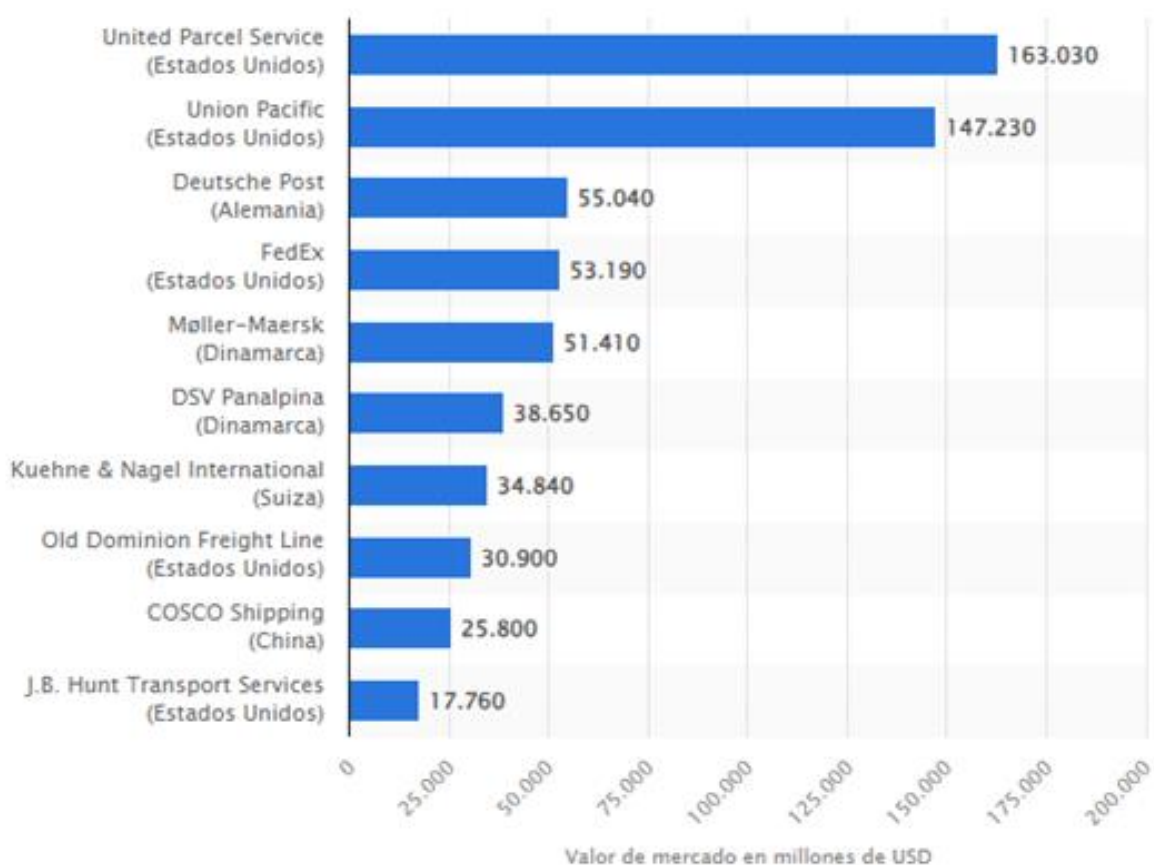
De acuerdo con lo dispuesto en el portal Statista (2023) las empresas con mayor valor de mercado durante el año 2022 son United Parcel Service con un valor de mercado de más de 163 mil USD, seguida de Union Pacific con más de 147 mil USD. La primera empresa mencionada utiliza centros de distribución con unidades Supply Chain Solutions, dentro del cual se tienen en cuenta los flujos de bienes, así como la información relacionada con las cadenas de suministro y la prestación de servicios en más de 200 países en el mundo.

En Colombia, la United Parcel Service aporta un centro de distribución que provee servicios de logística de repuestos en el campo de la tecnología, el cual cuenta con la infraestructura adecuada para atender a las demandas de alta tecnología del país, el cual se basa a su vez en el manejo óptimo de la cadena de suministro e inventarios.

Otro organismo importante que es un referente de autoridad en referencia al transporte marítimo, como es la Cámara Naviera Internacional. Este organismo es la agrupación de operadores de medios marítimos de transportes. Esta organización y sus aliados son responsables del 80% de los transportes de carga a nivel global. Tienen actuación en los continentes europeo, asiático y americano. Lleva operaciones hace más de 80 años, algunas de los aliados más representativos son “*Maersek Line*” y “*Mediterranean Shipping Company (MSC)*”.

Figura 13

Empresas de transporte y logística más grandes del mundo según el valor de mercado a fecha de mayo de 2022



Fuente. Statista (2023).

Desde este organismo internacional se vienen adelantando esfuerzos para la creación de rutas de transporte de carga que puedan ofrecer mejores alternativas para el ambiente, de las que ofrecen transportes aéreos o ferroviarios, de modo que en su portal de información web muestra como el transporte marítimo puede producirse con una reducción de emisiones de CO₂ hasta en un 20%, por tonelada en referencia a los kilómetros transportados, con la reducción del

combustible utilizado en estos trayectos. Lo anterior en un compromiso fiel con las consecuencias del cambio climático que actualmente se produce.

Otro adelanto tecnológico enmarcado en la industria 4.0, propuesto por la Cámara Naviera Internacional, está relacionado con el monitoreo de las horas laboradas y las horas de descanso, de los trabajadores marítimos, los cuales tienen una reglamentación en el "Convenio sobre el Trabajo Marítimo (MLC) de la Organización Internacional del Trabajo" (ICS-Shippong.org, 2023, párr. 4).

Este software se denomina ISF Watchkeeper, el cual busca garantizar los derechos de los trabajadores y los compromisos de las organizaciones aliadas dentro del transporte marítimo en el margen de la normativa que los acoge. Esta aplicación se ha adoptado en más de 700 compañías, y cubre diferentes clases de embarcaciones (ICS Shipping Org, 2023)

Por su parte el IICL Institute for Careers and Innovation in Logistics & Supply Chain From Spain (Instituto Catalán de Logística), tiene dentro de sus servicios la posibilidad de formarse en las áreas de logística desde hace más de tres décadas. El ICIL cuenta con un laboratorio en el cual se identifican las herramientas de la Industria 4.0, más utilizadas en la actualidad en los sistemas de transportes. Dentro de las que se destacan avances como la integración de la gamificación en escenarios de enseñanza y práctica de procesos logísticos. Lo cual se ha denominado "learning by doing" "aprender haciendo" con el que además del aprendizaje se potencializan habilidades en escenarios reales simulados (ICIL, 2023).

Estos escenarios de Aprendizaje utilizan, además, herramientas como la impresión 3D, pickin the voice, blockchain, realidad aumentada para la comprensión de la Supply Chain. Con el fin de brindar oportunidad a nuevos procesos que mejoren los tiempos y los movimientos en las

cadena de suministros, apoyados en la innovación y la tecnología que ofrecen las TIC (ICIL, 2023).

En síntesis, las oportunidades que tiene el transporte de carga con la Industria 4.0 están enmarcadas en la automatización de actividad, el flujo de información, así como la disponibilidad de esta. Por lo tanto, a través de modelos de implementación empresarial se han reconocido las posibilidades que ofrecen el internet de las cosas, que provee información útil a través de sensores, la inteligencia artificial, que aporta en el reconocimiento de la información óptima para traslados, el Big Data, como estrategia de descentralización de la información, además de tener conectividad con ella en cualquier momento y lugar.

Por otra parte, los simuladores y la realidad aumentada juegan un papel fundamental, en la preparación, organización y ejecución de tareas logísticas, por lo tanto, se convierten en un aliado potencial para mejorar la efectividad de los envíos, el recorte de los tiempos de entrega, la reducción de costos y por lo tanto la competitividad en el sector.

Estado de aplicación de las tecnologías en el transporte de carga en Colombia, de acuerdo con fuentes institucionales en el sector de la Industria 4.0

Colombia al igual que otros países a nivel global, se encuentra inmerso en un proceso de adopción de tecnologías, las cuales permiten la modernización de los procesos. De acuerdo con el Ministerio de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (2021) se empieza a hablar de automatización y digitalización en los diferentes segmentos de mercado en Colombia.

A partir del diagnóstico situacional de la implementación de las herramientas de la Industria 4.0 en Colombia, se establece como necesidad la formación y la educación relacionada con la Industria 4.0. Por lo tanto, se espera que la población colombiana se capacite en las tecnologías que implican el desarrollo de la Industria 4.0. Estas innovaciones educativas deben tener una orientación hacia la programación y el análisis de información. Así el reentrenamiento en todas las tecnologías que implica la Industria 4.0, serán necesarias.

Además de lo anterior, se establecen tres líneas primarias de implementación de tecnologías de la Industria 4.0, algunas de ellas son la Ingeniería Digital, relacionada con la identificación de los ciclos de vida de los productos. Un factor importante en los sistemas de transporte de carga es el Sistema Ciber Físico, reconocido como un modelo digital, en el cual, a través de la IA, el Cloud Computing, se pueden visualizar las localizaciones y las características de los productos.

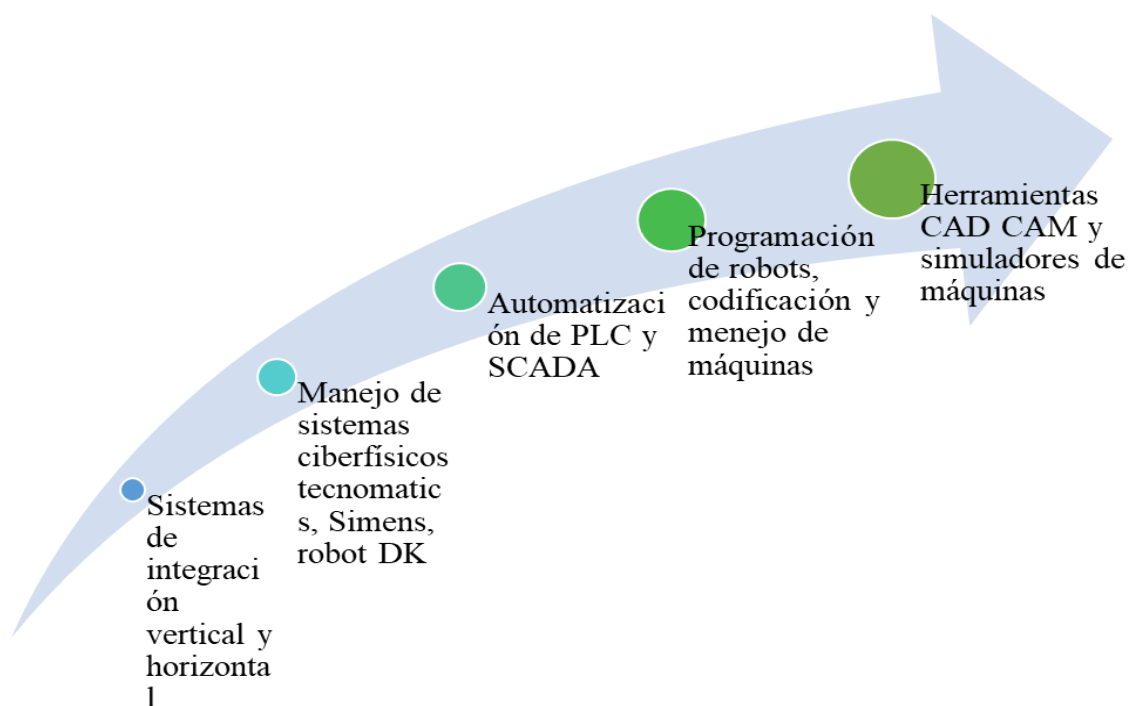
El segundo proceso se la automatización, en la cual, se busca incentivar a las empresas para el desarrollo y capacitación de los principales hardware de automatización, así como la integración industrial, para ello se utilizan controladores, identificadores de radiofrecuencias, así como algunas interfaces hombre-máquina. Finalmente, están los Sistemas de Producción

Ciberfísicos, que son modelos virtuales, previamente programados dentro de los cuales se integra la automatización industrial y las decisiones previas desde la inteligencia humana. Lo cual permite que se descentralicen las decisiones y se puedan dar respuestas menos demoradas ante situaciones de la cotidianidad de las operaciones.

De acuerdo con la Encuesta Nacional Logística (2020), las intervenciones que se realizan en las cadenas de suministros relacionadas con la inclusión tecnológica han tenido impactos significativos, algunos de ellos son las evaluaciones en los servicios de transporte. De manera que los clientes se manifiestan a través de estas interacciones que se dan a partir de plataformas, aplicativos, o algunos sitios en internet. Por lo tanto, el primer impacto relacionado está enmarcado en la mejora de las comunicaciones.

Figura 14

Habilidades técnicas y software necesarios para la implementación de la Industria 4.0



Fuente. Elaboración propia.

Pero aún falta bastante camino por recorrer teniendo en cuenta que no se cuenta por procesos concretos de automatización, digitalización, y descentralización de la información. La falta de implementación de estas herramientas de la Industria 4.0 hace que los procesos de logística y transporte sean mucho más demorados, se incurra en reprocesos, altos costos debido a la falta de consideración de las contingencias, entre otros perjuicios.

Se reconoce además la necesidad de implementación de multiplicar los canales de comunicación para reconocer y atender las necesidades de los clientes, prever soluciones a las contingencias, manejar amplios volúmenes de información a través del Big Data, atender al usuario fuera de los horarios de oficina con la implementación de soluciones en apoyo con la Inteligencia Artificial. Esta última también puede utilizarse en la trazabilidad de productos, viajes, y otras operaciones, acompañar las estrategias de seguridad.

Por otra parte, se reconoce la necesidad de implementación del internet de las cosas las cadenas de bloques, con el fin de robustecer la infraestructura digital, lo que permitirá a las empresas nacionales progresar en su competitividad para lograr el ingreso a amplios segmentos de mercado a nivel nacional e internacional.

Así en la encuesta se reconocen como avances en el tema el código de barras y la información que se puede asociar a los productos a través de ellos, la factura electrónica y el seguimiento de pedidos con GPS, que si bien son avances que llevan los últimos años en crecimiento, si denotan una gran diferencia en los desarrollos que se evidenciaron en los capítulos anteriores.

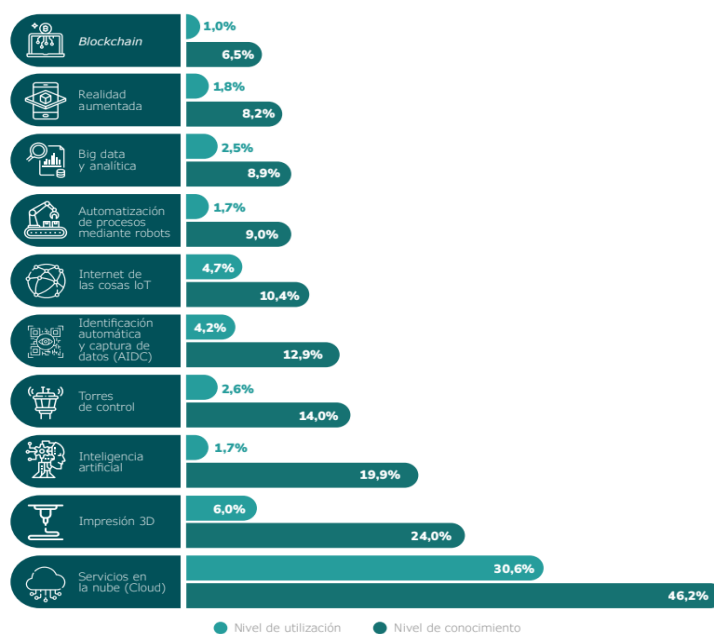
Continuando con la revisión documental en referencia al objetivo de identificar el estado de aplicación de tecnologías en el transporte de carga en Colombia, se logra visibilizar a partir del Censo

Económico de Colombia, en relación con el transporte que es un sector estratégico para el desarrollo del país, que en la actualidad no cuenta con una demanda propia de servicios, sino que en su gran mayoría se encuentra como un sector derivado o necesario de otras operaciones comerciales y productivas. Sin embargo, el transporte es una actividad significativa ya que sin ella las demás operaciones comerciales no podrían funcionar de la manera en que lo hacen en la actualidad.

De acuerdo Defencarga (2023), la digitalización en Colombia avanza con pasos firmes, así los soportes tecnológicos que ofrece la industria 4.0 aportan en la mejora de los indicadores de productividad. Teniendo en cuenta que, a marzo del 2020, se encontraban productores que enlazaron su actividad con la industria 4.0 exportando a más de 75 mercados a nivel global, desde 10 departamentos a nivel nacional, un aumento interesante en los procesos de exportación.

Figura 15

Nivel de conocimientos de Tecnologías en Logística



Fuente. DNP (2022).

Así, se analizó que los sectores con mayor crecimiento en lo referente a la adopción de tecnologías en la creciente Industria 4.0 en Colombia son el sector, transporte, minería, logística, energía y manufactura. Considerando el avance que tuvo de forma obligada el sector a raíz de la pandemia por COVID-19, en el que se demostró que actividades esenciales pueden seguir su curso, pero a través del incremento de actividades digitales.

Los avances tecnológicos en las redes 4G, han sido importantes en el país, sin embargo, esto tiene una estrecha relación con el desarrollo y progreso de la economía, la capacidad adquisitiva tanto de los ciudadanos como de las organizaciones y en sí de diferentes sistemas que se vieron afectados con la desaceleración económica sufridas por las medidas de confinamiento, Por lo tanto, es importante destacar que en la actualidad 6.7 millones de personas aún tienen uso de redes 3G un aproximadamente un millón de conexiones aún en las redes 2G. Ya que se han impulsado los mercados de uso residencial, por otra parte, alrededor de 590.000 empresas están actualmente adheridas al sistema de redes 4G.

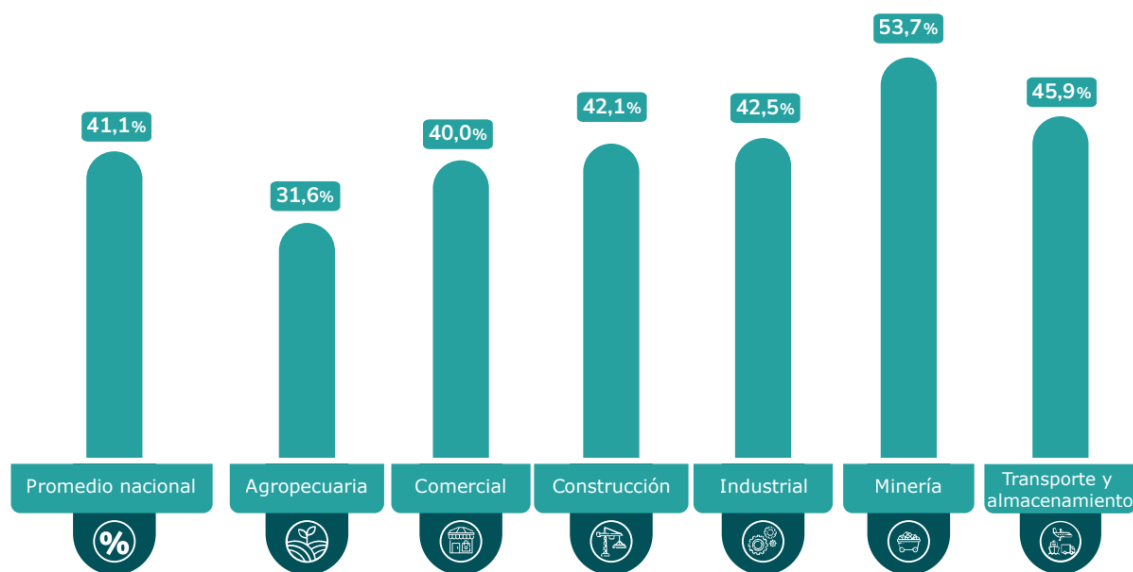
En dirección hacia el transporte, se logra percibir que el sector transporte está haciendo su apuesta de implementación tecnológica a través de la compra de vehículos en dirección hacia la automatización cuya tecnología, mejora los modelos comunicativos hasta ahora existentes. Además de mejorar las condiciones autónomas de los vehículos, entre los que se encuentran sensores como los utilizados para el pago de peajes, radares, cámaras. Un elemento final que ha tenido mayor relevancia en esta migración a las nuevas tecnologías es la adquisición e implementación de sistemas amigables con el ambiente.

Se reconoce a partir de la investigación que las debilidades o los puntos de mejora para la adquisición de modelos de transporte de carga cuyo soporte tecnológico sea la Industria 4.0, están orientados al aprendizaje en procesos de automatización, lo que requiere de capacitación dentro de todos los niveles de jerarquía en la organización, en las tecnologías que trae la Industria 4.0. Sin embargo en Colombia se desarrollan diversos programas desde el MinTIC, como el Talento 4.0, un programa que involucra participación y desarrollo al alcance de la ciudadanía para implementar apuestas productivas en

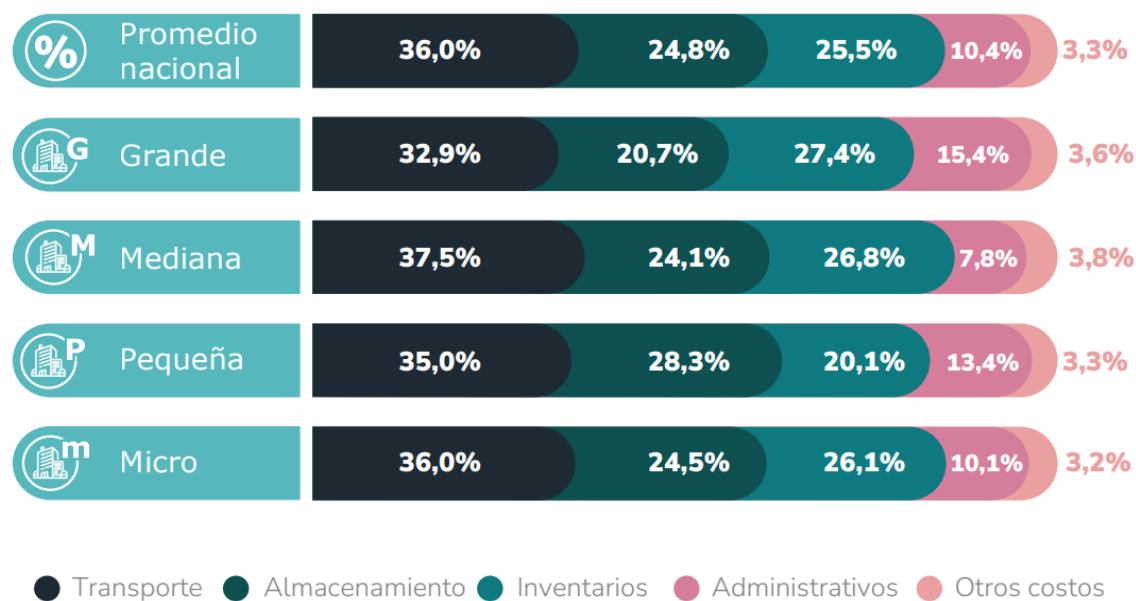
desde el Centro de Excelencia y Adopción de Internet de las Cosas. Este último y necesario avance también permitirá que se generen en el país más proyectos inteligentes, integrando redes masivas de comunicación, redes inalámbricas fuertes, confiables, que mejoren los tiempos de respuesta.

Es importante destacar que Colombia ocupa el cuarto lugar en desarrollos de la Industria 4.0, así el sector con más desarrollo en este campo es el de logística y manufactura. Con el apoyo del estado mediante una inversión de más de 5.000 millones de acuerdo con lo dispuesto en la agenda 2030. Un reto importante en el campo de la tecnología es el de las energías limpias, por ende, el crecimiento en Colombia de la mano de la Industria 4.0 también se refleja en la preocupación medioambiental, es por ello por lo que se viene implementado un proyecto de baterías solares de larga duración con la firma Canadian Solar, esta tecnología, que ingresa al país en la zona norte es una apuesta para dar conectividad eléctrica y alcance a un mayor número de regiones, con más de 45 Mv/H (Defencarga, 2023).

En la figura 16 se muestran los costos logísticos que en la actualidad enfrentan diferentes sectores económicos, evidenciándose que el sector con mayor costo en la actividad de transporte del sector minero con un porcentaje sobre el 53%, el segundo es el sector de transporte y almacenamiento con un valor cercano al 46%. Consolidando un promedio nacional de 41% sobre su actividad, lo cual representa un alto costo, considerando los beneficios que se pueden implementar con el desarrollo y adopción de estrategias desde las herramientas de la Industria 4.0 (DNP, 2020).

Figura 16*Costos logísticos en el año 2018 y 2019*

Nota. Fuente DNP ENL 2018 y 2019.

Figura 17*Costos logísticos por tamaño de empresa en Colombia en los años 2020 y 2021.*

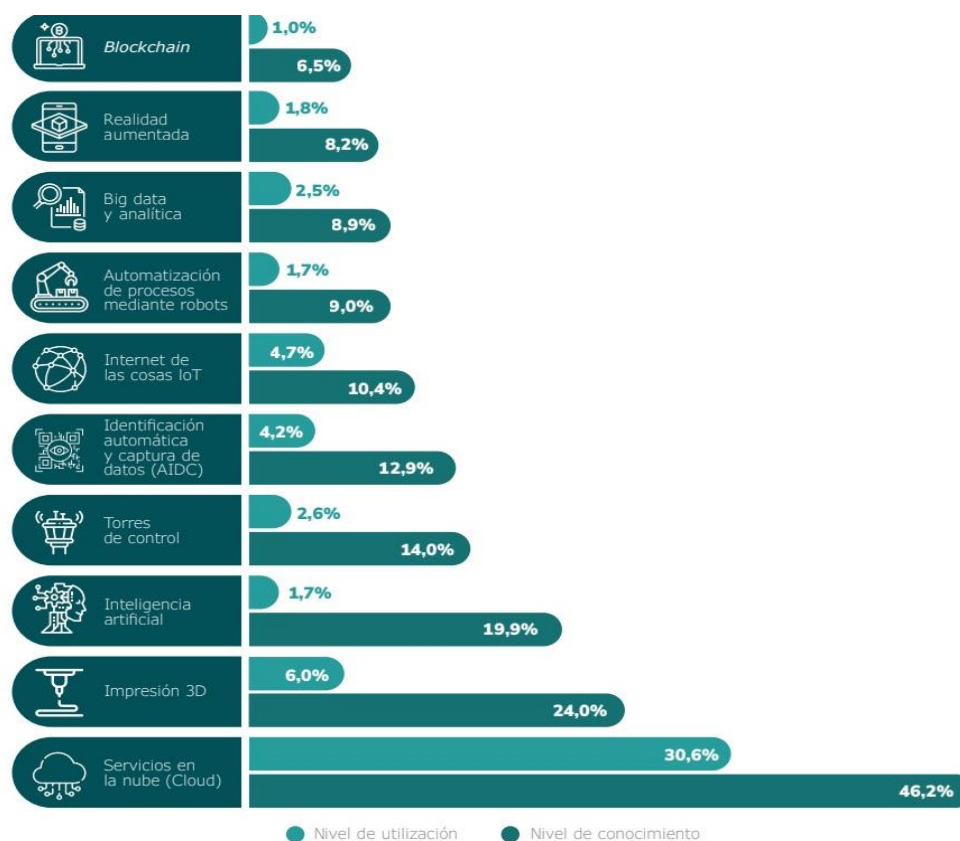
Fuente. DNP ENL 2018 y 2019.

Los resultados de esta encuesta muestran que, a diferencia de la encuesta realizada en el año 2020, en la cual los costos se incrementan de acuerdo con el tamaño de la empresa, de manera que las empresas más grandes tienen un costo en transportes menores con respecto a las empresas más pequeñas, en las que el costo de transporte es mucho mayor. En cambio, en los resultados de la encuesta del año 2022, se muestra que tanto para las micro, pequeñas, medianas y grandes empresas

Considerando la capacidad adquisitiva y los recursos, sin embargo, valdría la pena el análisis de la inversión que se realiza en materia tecnológica, la cual puede arrojar mayores beneficios a largo plazo y de forma continua para mejorar la efectividad y la competitividad.

Figura 18

Nivel de conocimiento y aplicación de Tecnologías



Fuente DNP ENL 2022.

La figura 18 muestra como alrededor del 2022, el servicio de Cloud es uno de los que reporta mayor conocimiento en las empresas con un 46.2%, y un nivel de uso del 30%. Además, se muestra como la capacitación en tecnologías 4.0 sigue en auge y en avance, como un momento previo a la implementación de estas. Es así como el nivel de conocimiento de herramientas como la impresión 3D, la inteligencia artificial y los servicios en Identificación Automática y Captura de Datos, IACD y las torres de control se encuentran entre el 10 y el 20% de proceso en avance. Por su parte el nivel de uso no supera el 6% de su uso en la industria de transporte de carga. Un panorama diferente al que arrojó la encuesta del 2020 en la cual la implementación de tecnología estaba relacionada con una norma de exigencia tributaria que anima a las empresas a desarrollar la facturación electrónica, un elemento que ayuda a dinamizar las actividades digitales en las organizaciones. Lo que se relaciona también con otro factor de inmersión digital, que ya es antiguo como lo es el código de barras. Siguiendo en el orden de aplicación, está el seguimiento y rastreo de pedidos, con un porcentaje superior al 50% (DNP, 2020).

Adicionalmente en la encuesta anterior, se evidencia una transición en la implementación de tecnología como el desarrollo de sistemas de gestión en bodegas, aplicativos de planificación de recursos empresariales, aplicativos para pronosticar la demanda y administración del transporte los cuales tuvieron un crecimiento desde el 1% en el año 2018 y lograr posicionarse en un 40% de implementación en el año 2020. Pasando así a la implementación de nuevos desarrollos desde la Industria 4.0 que sólo se han desarrollado a partir del 2020. Algunos de estas innovaciones tecnológicas son: Los aplicativos de administración del transporte que entran con un desarrollo al 38% de su uso organizacional. Otro avance tiene relación con el uso de los servicios en la nube con una proyección del 58%, implementación de Big Data y analítica cercana al 20%, impresión 3D del 9.2%, torres de control cercana al 9%, IA de 6.4%, Blockchain del 5% y realidad aumentada del 3.2% (DNP, 2020).

En síntesis y posterior a la revisión de las fuentes institucionales sobre el sector de transporte para establecer el estado de aplicación de tecnologías en el transporte de carga en Colombia. Encontrando que no existe gran cantidad de información sobre los avances en Colombia, ya que a pesar de la

implementación de algunas herramientas de tecnología y la Industria 4.0, aún queda camino por recorrer con el fin de aumentar la productividad empresarial a través de la estructura de una industria de transporte más eficiente y menos costosa. Considerando su aplicación en el número de kilómetros que se recorren año por año, la tasa de ocupación de los vehículos, la ocupación de los transportadores y todos los indicadores relacionados con la carga.

Lo primero que hay que decir es que se considera una oportunidad en la implementación de programación de operaciones teniendo en cuenta las rutas y las cargas, la coordinación de las operaciones mediante la gestión de la flota, asimismo, la identificación de la capacidad y los tiempos de entrega, relacionados a los indicadores de eficiencia, el reconocimiento de las zonas de cargue y descargue, y las horas hombre laboradas, de tripulaciones, conductores y logísticos relacionados. Y lo segundo es que a pesar de los avances en tecnología que han sido significativos en los últimos cinco años, se debe presentar una oferta desde la capacitación o la educación en la Industria 4.0 para impulsar el desarrollo de los proyectos productivos asociados en esta implementación tecnológica.

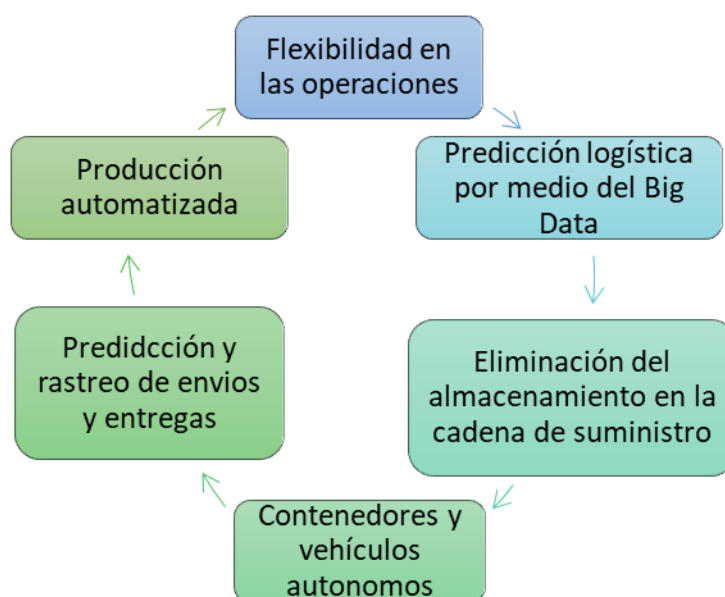
Desde el Ministerio de Transporte, se describe la Industria 4.0 en la Logística, como una herramienta de apalancamiento competitivo, la cual es fomento de valor social, y facilitador de sostenibilidad, sin embargo, es importante tener en cuenta los riesgos actuales como lo son los ataques a la ciberseguridad, en los que se interrumpe la conexión dentro de las cadenas de suministro en tiempo real, atacando robots, sensores, drones entre otros dispositivos implicados en el desarrollo logístico, provocando situaciones de espionaje, sabotaje en la producción, identificación de IP (Ministerio de Transporte, 2021).

Es así como en Colombia se empieza a hablar de Logística 4.0, que hace referencia a las actualizaciones, utilización de nueva tecnología y desarrollo de aplicativos en las cadenas de suministro, servicios de envío o adquisición de suministros. Para lograr esto se acude a la conexión entre el consumo y la producción utilizando la inteligencia artificial, utilizando automatización del transporte de carga,

como el realizado sin operador o inteligente. El uso de tecnologías RFID, para operar cargas automatizadas en contenedores o almacenamiento inteligentes, así como el uso de sistemas de información más amplios relacionados con el Big Data, los datos en la nube a fin de ser utilizados en cualquier momento y lugar en aras de lograr la descentralización logística en la era 4.0 (Ministerio de Transporte, 2021).

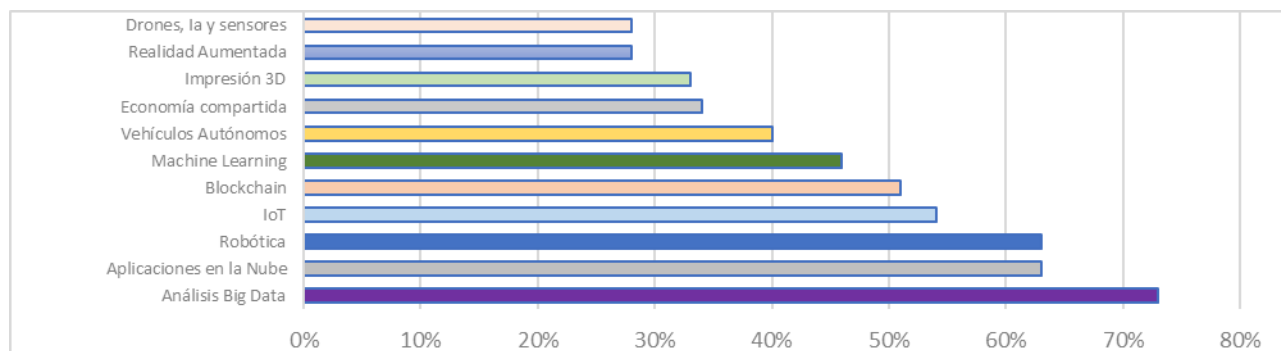
Figura 19

Elementos de la Logística Inteligente utilizados en Colombia según Ministerio de Transporte



Fuente. propia adaptado de Ministerio de transporte (2021).

Asimismo, los retos en la cadena de abastecimiento con relación a implementación de la Industria 4.0 están orientados a cumplir con los desafíos planteados en la Figura 20., en los que de acuerdo con su porcentaje, se espera desarrollar.

Figura 20*Principales retos de la Industria 4.0 en Colombia*

Fuente. Propia adaptado de Ministerio de transporte (2021).

En la actualidad sólo se logra un 39% en el desarrollo de soluciones analíticas con IA, así como 31% en el desarrollo de aplicaciones. El avance es menor teniendo en cuenta las preocupaciones de desarrollo como lo son la confiabilidad, la resistencia al cambio y el bajo retorno de inversión todas por encima del 64%, lo cual retrasa los desarrollos. Sin embargo, algunos avances en los Sistemas Inteligentes de Transporte en Colombia (ITS) aportan seguridad y optimización en el transporte terrestre. Muestra de ello son los beneficios de la implementación como el aumento en la seguridad de los conductores, por medio de estaciones de control, cámaras de vigilancia con el fin de conocer el estado de las carreteras y su conexión con otros sistemas de mensajería (Ministerio de transporte, 2021).

Los impactos de los radares en el SIT permiten al conductor saber si hay derrumbes, marchas, eventos deportivos, entre otras actividades que afecten su rendimiento o seguridad. Por otra parte, generan eficiencia en el tráfico, ya que con una visión del flujo de carreteras se hace más fácil la planificación de viajes terrestres. De igual manera estos sistemas de vigilancia aportan información para mantener las señales en las carreteras de forma óptima, para evitar accidentes y situaciones que puedan generar retrasos en la movilidad. Teniendo en cuenta que el control automatizado de elementos, como los anteriormente mencionados, mejora la movilidad en las carreteras, también optimiza la logística. Un recurso importante

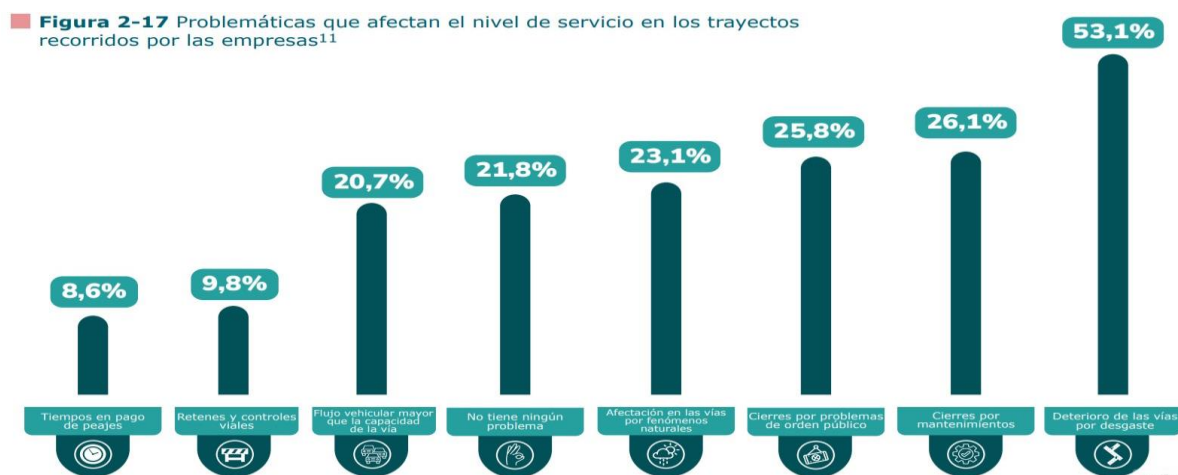
para ello son los pagos o débitos automáticos en los peajes. Elegir mejores rutas para lograr trayectos con menos costos y más eficacia. Un último elemento que se evidencia en el desarrollo tecnológico del transporte de carga es el control de pesaje, una alternativa para fomentar el cuidado de la malla vial (Ministerio de transporte, 2021).

Considerando algunas de las problemáticas que afectan el transporte de carga en Colombia, de acuerdo con la ENL (2022), se logran reconocer como una de las más importantes el deterioro de las vías con un porcentaje superior al 51%, los cierres viales por mantenimientos, con un 26% y los cierres relacionados con situaciones del orden público con un porcentaje de 25%, como se muestra en la Figura 21.

Un elemento importante que afecta y retrasa la implementación de la Industria 4.0 y las TIC, es la falta de desarrollo en la infraestructura vial. El mejoramiento vial tiene su estructura en la intercomunicación terrestre, la intervención para mejorar los canales de comunicación terrestre y pluvial, que incluyen vías, de primer, segundo y tercer orden. Dentro de las cuales hace falta presencia de las instituciones gubernamentales para lograr acuerdos que generen seguridad vial a todo nivel.

Figura 21

Problema del transporte en las empresas



Fuente. propia adaptado de Ministerio de transporte (2021).

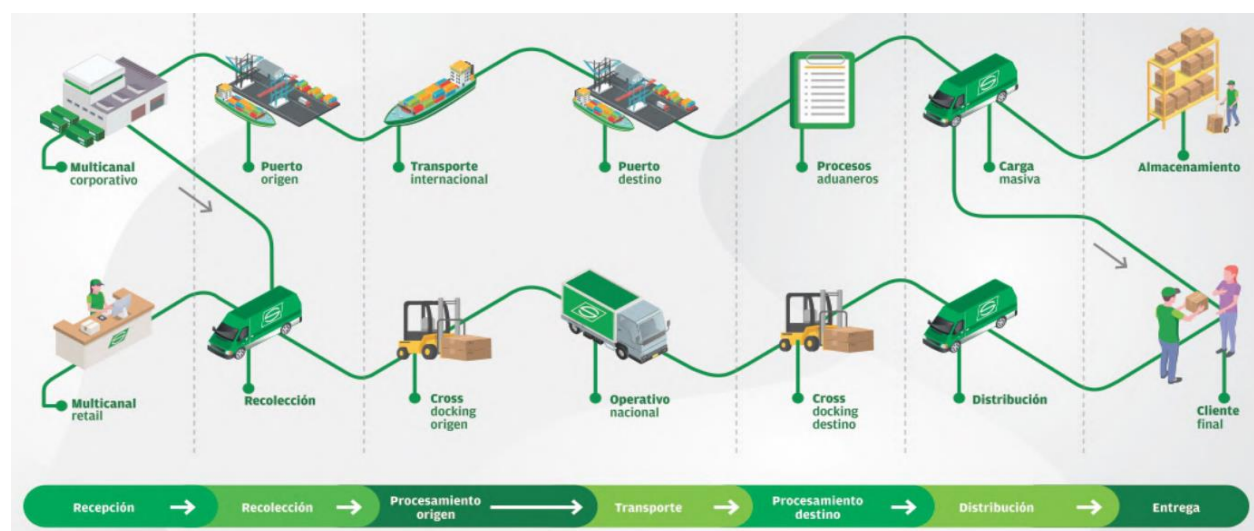
Empresas Líderes en Industria Logística de Transporte 4.0 en Colombia

Servientrega autodenominada centro de soluciones, es uno de los ejemplos tangibles de la implementación de la Industria 4.0 en Colombia, debido a que tiene cobertura amplia a nivel nacional, manejando el transporte de E-Commerce el cual ha tenido un crecimiento postpandemia del 119%, después de Chile en el cual se registra un crecimiento del 125%. A partir de ello, se tiene en cuenta diferentes programas de implementación de tecnología que ayudan a gestionar la logística en sus entregas. El primer adelanto tecnológico es el seguimiento y monitoreo con GPS, de vehículos el cual se apoya con la plataforma Sisimilenio, lo cual aporta agilidad e información en la nube en tiempo de real de las novedades, y así un proceso multilogístico que permite la toma de decisiones en menor tiempo (Buitrago, 2020).

Otro proceso de optimización es el cross-docking, una operación que permite el preparar los envíos de productos sin pasar por almacenamiento, es decir se recibe el producto y se distribuye de manera directa al usuario. Este proceso elimina el picking un proceso de recolección y conformación de pedidos. Todo lo anterior contribuye al cargue masivo de novedades en la operación, el cual es necesario en una empresa de la talla de Servientrega. De acuerdo con su informe de sostenibilidad (2019) muestra el uso de procesos de comunicación amplios que interconectan, diferentes operaciones de la empresa en tiempo real, algunas de esas operaciones son el multicanal corporativo, retail, servicios de recolección y cross docking, como se muestra en la Figura 22.

Figura 22

Elementos de la Logística Inteligente utilizados en Colombia según Ministerio de Transporte



Fuente. Propia adaptado de Ministerio de transporte (2021).

Otro desarrollo importante es la utilización del código QR, así como el lector de radio frecuencia, bajo el cual el Quick Response, es el encargado de almacenar y reportar toda la información de un producto, el cual se combina con la no necesidad de otro dispositivo compatible para su lectura, más que un celular. Este serial guarda toda la información del envío, el destinatario, la dirección, los tiempos de entrega, la cronología (Buitrago, 2020).

Por su parte, la empresa Interrapidísimo tiene como ejes de innovación el reemplazo de la guía de papel, por su efecto de manera digital a través de este dispositivo se puede hacer seguimiento a los envíos. Otro avance es el desarrollo de los “Inter Drones”, elementos que buscan lograr entregas en los lugares más apartados de Colombia, lo cual reduce los tiempos de entrega hacia un 40%. Asimismo, el desarrollo de centros tecnológicos de experiencia en los cuales los usuarios puedan dejar sus encomiendas en estos centros sin bajarse del carro (Meléndez, 2022).

En otra escala, se puede reconocer el avance que tiene el Puerto Bahía en Cartagena, el cual en compañía de la organización Claro implementa su red privada 4G LTE industrial a través de la cual busca ser un puerto multipropósito, para mejorar las condiciones de comunicación entre puertos, mejorar la

cobertura con los medios marítimos, con el fin de mejorar la eficiencia y la productividad, controlar operaciones manuales y remotas. Esta red privada no solo mejora los tiempos y la calidad de la comunicación, sino que permite mejorar la seguridad y la automatización a través de la herramienta “*Nokia Digital Automation Cloud*”, esta herramienta conecta por medio de sensores a operarios, grúas, vehículos y equipos que intervienen en la operación portuaria (Ibañez y Bulla, 2021).

De acuerdo con el informe de gestión (DIMAR, 2021) se evidencia la inclusión en puertos de estaciones de control de tráfico, para la vigilancia marítima, además de un centro de monitoreo, que en la ciudad capital recibe la señal de todos los sensores que emiten información de los litorales Caribe y Pacífico, los cuales registran trayectorias, rutas, identificación, procesos de distribución, rastreo. Finalmente, el desarrollo del Sistema Integrado de Marina Mercante (Sinam) un instrumento de nueva tecnología que permite a los altos directivos tomar decisiones frente al conocimiento de un panorama real, también ofrece un seguimiento a las metas y por ende respuesta inmediata sobre el cumplimiento a diferentes convenios internacionales y tomar acciones de corrección en operaciones marítimas o mercantes.

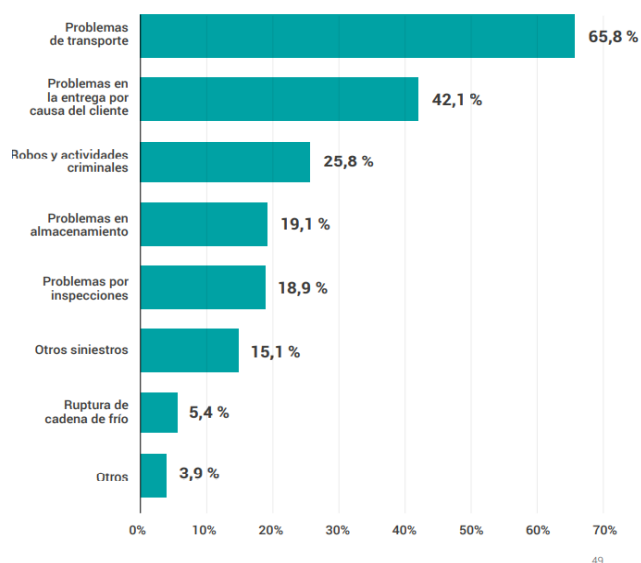
De manera que, en un panorama global, la implementación de las tecnologías 4.0 también dependerá del desarrollo tecnológico del país en referencia a la implementación de redes 5G en adelante, investigación científica, formación en competencias digitales y educación STEM, ampliación de las operaciones comerciales utilizando inteligencia 4.0. Encaminar el sistema económico, arancelario y tributario más favorecedor hacia las nuevas tecnologías. Finalmente, producción nacional relacionada con el desarrollo tecnológico.

Las tecnologías de la industria 4.0 aplicables al transporte de carga en Colombia desde el enfoque de costos y oferta de proveedores

Una de las primeras aproximaciones al tema de costos, como punto de partida en la aplicación de la Industria 4.0 en Colombia dentro del sector de logística, los desafíos más importantes y las barreras por superar están relacionadas con los problemas de transporte que en el año 2020 reportaba un porcentaje del 68 y en 2022 logró disminuirse sólo al 64%. Hacia el año 2022 el segundo tema que representaba problemas en logística eran casusas asociadas al cliente, en el año 2020 se reportó un 42%, pero en 2022 se logró una reducción al 30%. Por su parte en la encuesta del año 2022 un factor determinante en el normal desarrollo logístico fueron los daños en las mercancías que estuvieron por encima del 32% en el año 2022 al 12%, mientras que las dificultades relacionadas con otros siniestros en 2020 estaban en un rango de 15%, en el año 2022, tan solo se redujo al 12%. Cabe destacar que los impactos por actividad criminal se redujeron los problemas de almacenamiento pasaron de un 19% a la mitad en el año 2022, como se muestra en la Figura 23.

Figura 23

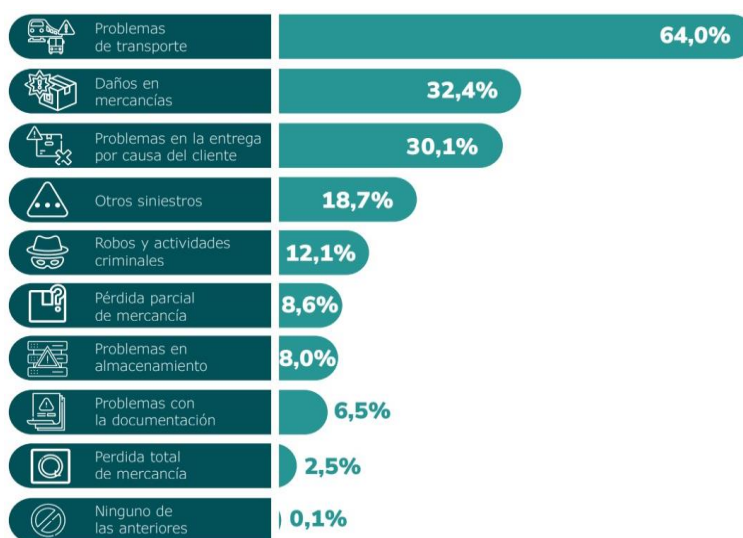
Problemas Logísticos en Colombia 2018 y 2019



Fuente. DNP ENL 2018 y 2019.

Figura 24

Problemas Logísticos en Colombia 2022



Fuente. DNP ENL 2022.

Con el panorama tecnológico actual, dispuesto en el desarrollo de este capítulo se enlazan los sectores de transporte de carga por las vías fluviales, aéreas y terrestres incluyendo el transporte ferroviario y por carreteras. Es por ello que a través de una pesquisa en cada uno de los sitios web oficiales de los puertos se logra consolidar el cuadro que se muestra en la Tabla 8, con el fin de mostrar los avances en Industria 4.0 que se han implementado a la fecha y cuáles son los beneficios que han traído consigo.

Tabla 7

Modo Marítimo

Nombre	Implementación Tecnología 4.0	Beneficios
Puerto de Santa Marta	Utilización del sistema Modelo Único de Ingresos y Servicios de Control Automatizado –Muisca. Dentro del cual se registra toda la información tributaria	<ul style="list-style-type: none"> • Tener la información en relación al cumplimiento de los objetivos estratégicos para el recaudo y la gestión de impuestos. Necesarios para la operación portuaria. • Operaciones financieras • Consulta de información • Firma electrónica • Facturación • Devoluciones • Compensaciones
Sociedad Portuaria de Buenaventura	Entrada en vigor del Sistema Operativo de Terminal (TOS) – y portal de negocios NAVIS 4 Seguridad y protección marítima en las instalaciones del puerto CCTV de la SPRBUN	<ul style="list-style-type: none"> • Facturación de cargas de importación. • Órdenes de retiro de contenedores (IDO) • Órdenes de entrega para la carga general y gráneles (DO). • Facturación de cargas de exportación (Sociedad Portuaria de Buenaventura, 2018). • Centros de Monitoreo. • Geo-portal del Centro Integrado de Seguridad Portuaria. • Radares perimetrales integrados • Sistemas de control de acceso • Cámaras Body Cam Integradas. • Drones y seguimiento en tiempo.

Grupo Puerto de Cartagena	SPRC online sistema que permite la realización de procesos aduaneros de terminal.	<ul style="list-style-type: none"> • Simplificación de procedimientos logísticos, portuarios y aduaneros (eliminando el trámite persona a persona o los documentos físicos). • Obtener información en tiempo real. • Trámites de ingreso o egreso de carga. • Acompañamiento a más de 1.600 compañías en procesos de importación y exportación. • Elaboración y registro de manifiestos de carga. • Reservas de carga. • Autorización de ingresos de contenedores. • Pago de facturas, con disponibilidad 24 horas 365 días. • Reducción sobrecostos • Pantallas dinámicas.
---------------------------	---	---

Fuente. Elaboración propia.

Además de los puertos se realizó una observación a las páginas de las empresas más reconocidas en servicios de transporte para validar las experiencias con la Industria 4.0, como ha sido su implementación y cuáles han sido los beneficios.

Tabla 8

Modo Terrestre

Nombre	Implementación Tecnología 4.0	Beneficios
DHL	Sistema Cognos Business Intelligence	<ul style="list-style-type: none"> • Extraer información de diferentes fuentes con la misma plataforma. • Información de la operación en línea en tiempo real. • Empleados trabajan con las cifras más exactas. • Se revela el número de transacciones, y la fidelización de clientes. • Se visualizan diferentes áreas como ventas, producción y logística. • Predecir oportunidades de negocio.

		<ul style="list-style-type: none"> • Infraestructura de información internacional. • DHL Supply Chain, DHL Global Forwarding y DHL data (DHL, 2022).
JAC y FOTON	Incluye dentro de sus camiones vehículos eléctricos.	<ul style="list-style-type: none"> • Integrando energías renovables para cuidar el medio ambiente. • Reducción de costos • Mitigación de los impactos ambientales
ABLOY	Cierre digital en cerraduras para remolques y contenedores	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento en la seguridad del transporte de carga. • Trazabilidad de las mercancías.

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 9

Modo Aéreo

Nombre	Implementación Tecnología 4.0	Beneficios
Aeropuerto el Dorado	Modernización en las instalaciones para el recibo y despacho de carga. Trabaja con aerolíneas como Avianca cargo, Fedex, Air Canadá cargo, Copa cargo, entre otras. Herramienta Xovis, con 40 dispositivos o sensores en 18 áreas, 20 en emigración y 18 en chek in, internacional	<ul style="list-style-type: none"> • Conectividad aérea. • Cadena logística. • Permite conocer el flujo de personas en un lugar en tiempo real. • Dorado app, una aplicación para ver el estado de los vuelos en tiempo real.

Fuente. Elaboración propia.

Teniendo en cuenta la información descrita en las tablas 8, 9 y 10 o sea puede evidenciar que el mayor sector con influencia y desarrollo de la industria 4.0 en el transporte de carga es el sector marítimo representado por los puertos, quienes tienen su gran avance referenciado en la eliminación de documentos físicos y los trámites de esta modalidad, abriendo un paso así al

manejo del big data, de sensores de cuantificación, sensores de información, y finalmente el manejo de información en tiempo real mediante la nube.

Tabla 10

Clasificación de Colombia con otros países de la región en digitalización

	Colombia		Primer país de América Latina	Promedio OCDE	Primer País OCDE
	Posición en América Latina	Índice			
Índice de Desarrollo TIC (UIT) – 2017	9	5,1	Uruguay (7,2)	7,74	Islandia (9,0)
Índice de preparación de redes (WEF) – 2016	6	4,1	Chile (4,6)	5,24	Finlandia (6,0)
Índice de Desarrollo de Gobierno Electrónico (UN) – 2018	17	0,7	Uruguay (0,8)	0,84	Dinamarca (0,9)
Índice de Digitalización (TAS) – 2018	6	55,8	Chile (59,1)	67,25	Suiza (76,7)
Índice de Desarrollo del Ecosistema Digital (CAF) – 2018	3	54,1	Chile (59,8)	66,7	Noruega (77,1)
Índice de comercio electrónico (UNCTAD) – 2016	11	44,6	Uruguay (62,6)	75,05	Luxemburgo (89,7)
Índice de Economía del Conocimiento (Banco Mundial) – 2012	17	5,4	Chile (7,2)	8,20	Suecia (9,2)
Índice de Innovación Global (Cornell-WIPO) – 2017	5	34,8	Chile (38,7)	52,91	Suiza (67,7)
Índice de Desarrollo de Banda Ancha (BID) – 2014	4	5,1	Chile (5,8)	6,13	Luxemburgo (7,3)
Índice de Facilidad para los negocios (Banco Mundial) – 2018	3	69,4	México (72,3)	78,00	Nueva Zelanda (87,0)
Índice de Rendimiento Logístico (Banco Mundial) – 2018	4	2,9	Chile (3,3)	3,74	Alemania (4,2)
Ranking de Competitividad Mundial (IMD) – 2018	5	57,4	Chile (75,1)	83,8	EE. UU. (100,0)

Fuente. Tomado de Rico y Pineda (2020).

Lo anterior, cual muestra un panorama deficiente en la implementación de tecnologías 4.0 aplicables al transporte de carga en Colombia, hoy y para tener una referencia más amplia en la tabla 11 se muestra el comparativo de los índices de desarrollo y aplicabilidad de las TIC y la industria 4.0 en Colombia con referencia a otros países de la región.

Categorización de las tecnologías de la industria 4.0 en el transporte de carga en Colombia

Con el fin de categorizar las tecnologías de la industria 4.0 aplicables al transporte de carga en Colombia desde el enfoque de costos y oferta de proveedores, además de tener en cuenta los principales problemas que afectan la logística y el desarrollo de los servicios de transporte, se hace necesario considerar, situaciones como la deficiencia en la relación de combustible y el tiempo de traslado. Las situaciones de inseguridad, la accidentabilidad, la falta de control sobre los vehículos, así como, el deterioro en los automotores. La propuesta de implementación de TIC en Colombia debe tener en cuenta los costos, la infraestructura, la capacidad instalada, y las bases legales.

Posibilidades en Referencia a la Aplicación de Tecnologías 4.0 en el Sector de Transporte

De Carga

Big Data

En Colombia una de las herramientas que tiene mayor auge con relación a la ENLE, es el Big Data, algunos de los servicios de esta amplia herramienta son: las estrategias de datos, en las cuales se recoge, analiza, procesa y da cuenta de resultados de IA, con el fin de desarrollar globos de datos que aporten al buen funcionamiento de la empresa. Por otra parte, la seguridad de datos, a fin de reducir al máximo las situaciones de pérdida de información. Además de tener acceso e integración de la información a través de diferentes plataformas como SAP, CMR, y Oracle, como se ha mostrado con anterioridad en este documento el acceso a la información completa en tiempo real permite tomar decisiones importantes a los altos directivos.

Otro punto de inflexión en el Big Data es la oportunidad de procesar grandes cantidades de datos complejos a partir de IA, por lo que la información se presenta a partir de cuadros de

mando, con tendencias con el objetivo de que sea más fácil visualizar el contenido de la información.

En lo referente a las buenas prácticas en términos de uso de datos en Colombia existe una ley para la protección de datos personales, en la cual se promulga que todas las personas tienen derecho recibir información sobre los datos que son capturados en diferentes formularios digitales, teniendo en cuenta datos de información privada y sensible, sobre la cual el autor o propietario tiene todo el derecho de compartir o reservar (Ley 1581 de 2012). Pese a que existe una norma, se hace necesaria la reglamentación de normas relacionadas con economías digitales, organismos que regulen las economías digitales, normas para garantizar procesos neutrales en red, protección de los usuarios en línea, normas en torno a la propiedad intelectual, servicios OTT, reguladores de competencia, reguladores por mercados relevantes y reguladores FinTech (Sarria, 2019)

Código de Barras

El código de barras y RFID, son servicios que a través de la impresión y lectura a través de sensores, pueda compartir información almacenada en estos formatos a fin de contribuir a la descentralización de la información, para que esté disponible en cualquier momento y lugar. Algunos de estos servicios incluyen el desarrollo digital de elementos que apoyados con instrumentos como impresoras y lectores de códigos.

Servicios en la Nube o Cloud

Los servicios disponibles son la migración de cargas de trabajo buena instalación de aplicaciones virtualización de servidores optimización de costos y espacios en la nube despliegue y aplicaciones pipelines.

Rastreo y seguimiento de pedidos

Dispositivos satelitales que permiten identificar en tiempo real el lugar donde se encuentra un producto y la fecha estimada en la que será entregado en su lugar de destino.

Información de capacidad instalada en Colombia de la Industria 4.0

De acuerdo con la revisión del estado del arte de las aplicaciones de la Industria 4.0, se logró identificar que un elemento viable en la solución a la falta de información con respecto a las entregas, es el programa piloto que plantea Vargas et al. (2022) quien desarrolla un programa piloto para recoger información en tiempo real, a través de sensores instalados en vehículos, los cuales aportan información de la carga, información de la trayectoria y otras especificaciones importantes de las mercancías.

Información de Costos y Portafolio en Colombia de la Industria 4.0

La información de costos varía en función del reconocimiento del servicio que se contrata, teniendo en consideración, todas las oportunidades que se tienen actualmente en servicios de Industria 4.0 en la Tabla 12, se muestran detalladamente los costos y el portafolio en cada servicio.

Tabla 11*Costos y Portafolio en Colombia de la Industria 4.0*

No.	Solución	Prestador o Proveedor	Servicio y Productos	Capacidad Estimada	Precio (USD)
1	Adecuaciones	Globant, Reto, Amazon, Ingasisayol	Desmontaje de cableado	M2	9 USD
			Instalación de bastidores, racks, para equipamientos electrónicos	Unidad	20 USD
			Asesorías con Ingenieros TI	Hora	375 USD
			Oracle	Oracle	1000 Terabytes
2	Big Data	SAS Latinoamérica	SAS Latinoamérica	2 a 300 Petabytes	800 USD
		HP Vertica	HP Vertica	300 Terabytes	1500 USD
		Globant*	Globant*	1000 Terabytes	1700 USD
		Amazon	Amazon	900 Terabytes	1500 USD
3	Servicios Cloud	IA Aprendizaje Automático	IA Aprendizaje Automático	Tarifa Mínima	76.29 USD
		IA Plataforma y Aceleradores	IA Plataforma y Aceleradores	Tarifa Mínima	84 USD
		Procesamiento	Procesamiento	Tarifa Mínima	70 USD
4	Código de barras y RFID	Códigos de barras	Impresora Térmica	Tarifa Mínima	371 USD
		Colombia Código Delta	Impresora Industrial	Tarifa Mínima	1311 USD
		Security	Lectores de Código de Barras	Tarifa Mínima	80 – 279 USD
		Código de Barras Global	PDA, terminales y tabletas	Tarifa Mínima	1801 USD
		Cosmos	Impresoras de tarjetas	Tarifa Mínima	23.12 – 1451 USD
		Online Tec it	Software de etiquetas	Tarifa Mínima	299 - 503USD
		Go Daddy	Kiokos interactivos	Tarifa	146.22 USD
		Atatec de Occidente			

		(motores de escaneo)	Mínima	
5	Simuladores	Truck Simulator USA. Euro Truck Driver. Truck Parking 2020. Camion simulador. Truck Simulator Offroad 4. Grand Truck Simulator 2.	Por descarga	101.62 USD

Nota. *Globant provee servicios de Big Data a empresas como Nissan, CocaCola, Salesforce, Southwest, Google, Rockweell Automation, BBVA.

Fuente. Adaptado páginas de los proveedores.

Conclusiones

Una vez finalizada la etapa investigativa se logra consolidar un espacio de análisis frente a la valoración de la implementación de Tecnologías 4.0 en el sector de transportes de carga. Considerando la importancia del avance que puede traer la implementación en cualquier empresa sin distinción de su sector, algunos de los puntos de reflexión importantes apuntan, primero a las necesidades de cada una de las organizaciones, segundo a su capacidad instalada, es decir la infraestructura que poseen para lograr integrar servicios logísticos a las redes de información que manejan las 4.0.

En esta misma línea es importante considerar la capacitación que requieren los colaboradores para poder atender las demandas y las necesidades de la empresa en la implementación de tecnología 4.0. También y no menos importante, el tema de costos, ya que este es un ítem sensible, considerando que los precios elevados impiden que muchas empresas logren mejorar sus condiciones de operación y la calidad en la logística a través de herramientas como el Big Data, Realidad Aumentada, Inteligencia Artificial, Simuladores, Ciber seguridad, Cloud computing, e internet de las cosas.

Este tipo de tecnologías permite al sector de transporte de carga la conectividad con servidores en línea, sistemas de transporte autónomo y asistido, recogida de información a través de sensores, mejorar la experiencia de compra y posventa de los clientes, la clasificación de la información, mejoras en los procesos de traslados de mercancías, en el control de vehículos, protección de los sistemas informáticos, sistemas de pago y comunicaciones. Además de apoyo logístico en rutas y operaciones de carga. También el desarrollo de ambientes virtuales para reconocer rutas, costos, tiempos y contratiempos.

En referencia al cumplimiento del segundo objetivo específico, es importante destacar que el estado de aplicación de las tecnologías enmarcadas en la Industria 4.0, muestra que el país se encuentra en un proceso de crecimiento a nivel de conocimiento de la Industria 4.0 en procesos de acuerdo con los modelos de evaluación de Madurez, así mismo, el nivel de implementación aún es inferior, en comparación con otros países, es por ello que aunque existe un avance, es primordial, el desarrollo de una infraestructura que apoye la implementación.

Por último, en cuanto a la categorización de las tecnologías aplicables en Colombia al transporte de carga, se evidencia una oferta nacional amplia en diferentes dimensiones, considerando que existen soluciones de Tecnología 4.0 para las necesidades de cada una de las empresas considerando su tamaño, capacidad instalada. Por lo tanto, cada proveedor, pone a disposición múltiples ofertas de valor para que las empresas logren la reducción de problemas y costos a través de estas herramientas.

En una reflexión final tras el análisis de las tecnologías de información y comunicación de la industria 4,0 aplicables a los sistemas de transporte de carga nacional en Colombia, se evidencian necesidades a nivel de normativa, infraestructura y desarrollo del conocimiento para poder realizar de manera más amplia la implementación de herramientas digitales asociadas a este tipo de tecnología, las cuales sin duda prometen mejores desarrollos.

Referencias

- Arancibia, F. (2011). Flexibilidad laboral: elementos teóricos-conceptuales para su análisis. *Revista de Ciencias Sociales* 1(26), 39-55.
<https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=70822578003>
- Arango, I. (2021). Oportunidades Para La Transformación Digital De La Cadena De Suministro Del Sector Bananero Basado En Software Con Inteligencia Artificial. *Revista Politécnica*, 17(33), 47-63. <https://www.redalyc.org/journal/6078/607868325004/html/>
- Banco Mundial. (2018). *Índice de Desempeño Logístico en Colombia y Latinoamérica*. [PDF] <https://www.analdex.org/wp-content/uploads/1992/11/2018-08-06-ndice-de-desempeo-logstico-World-Bank.pdf>
- Buitrago, N. (2020). *Optimización en el registro de Novedades Operativas e Implementación de Tecnología de la Industria 4.0 en Servientrega S.A* [Tesis de Grado]. Universidad Santo Tomás. Colombia.
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/34904/2021nickbuitrago.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cardona, M. (2013). Innovación empresarial: una mirada desde la competitividad, el desarrollo local y la transformación productiva para la internacionalización en Colombia. *Semestre Económico*, 16(34), 149-168. <http://www.scielo.org.co/pdf/seec/v16n34/v16n34a7.pdf>
- CEPAL (2019). *La revolución industrial 4.0 y el advenimiento de una logística 4.0*.
https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45454/1/S2000009_es.pdf
- Colfecar. (2022). *Balance Trimestral Sectorial Transporte de Carga. II Trimestre de 2022*. [PDF]. <https://www.colfecar.org.co/wp-content/uploads/2022-II.pdf>

Colfecar. (2022b). *Memorias Congreso Colfecar 2022 El transporte y la logística en una era de cambios. Noviembre diciembre de 2022*. https://www.colfecar.org.co/wp-content/uploads/227_ELCONTAINER%20Nov_Dec%2019.pdf

Defencarga. (2023). *Así avanza la digitalización de la economía en Colombia*.

https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:AGyxfl1IYVIJ:https://www.defencarga.org.co/contenido-sis/as%25C3%25AD-avanza-la-digitalizaci%25C3%25B3n-de-la-econom%25C3%25ADa-en-colombia&sca_esv=568071978&hl=es-419&gl=co&strip=1&vwsr=0

DIMAR. (2021). *Informe de Gestión 2021. No. 5 (2022)*.

https://www.dimar.mil.co/sites/default/files/informes/PDFAInforme_de_Gesti%C3%B3n_Dimar_2021.pdf

DNP. (2020). *Encuesta Nacional de Logística 2020*.

<https://planeacionnacional.sharepoint.com/sites/PlataformaDIES2/Shared%20Documents/Forms/AllItems.aspx?id=%2Fsites%2FPlataformaDIES2%2FShared%20Documents%2FEncuesta%20Nacional%20Log%C3%ADstica%2FENL%202020%2FENL%5F2020%5FDocumento%5FResultados%5F10%2D08%2D2021%283%29%2Epdf&parent=%2Fsites%2FPlataformaDIES2%2FShared%20Documents%2FEncuesta%20Nacional%20Log%C3%ADstica%2FENL%202020&p=true&ga=1>

Fontalvo, T., De La Hoz, E., Mendoza, A. (2019). Los procesos logísticos y la administración de la cadena de suministro. *Saber, Ciencia Y Libertad* 14(2), 102-112. DOI: 10.18041/2382-3240/saber.2019v14n2.5880

- Figuerola, W., Vásquez, O., Pinzón, B., Díaz, J. y Gómez, J. (2022). Presente e futuro das redes de valor global para a Colombia em ambientes da COVID-19. *Brazilian Journal of Development, Curitiba*, 8(8), 59210-59229. DOI:10.34117/bjdv8n8-282
- Garmendia Mora, J. (2020). Niveles de competencia en el mercado doméstico de transporte aéreo en Colombia y comparativa con nueve economías. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas. Nueva Época / Mexican Journal of Economics and Finance*, 15(2), 227-240. <https://doi.org/10.21919/remef.v15i2.367>
- González, I., Armas, B., Coronel, M., Maldonado, N., Vergara, O. Granadillo, R. (2021). El desarrollo tecnológico en las revoluciones industriales. *Ingenio y conciencia Boletín Científico de la Escuela Superior Ciudad Sahagún*, 8(16). DOI: <https://doi.org/10.29057/escs.v8i16.7118>
- Ibarra, M. A., González, L. A. y Demuner, M. del R. (2017). *Competitividad empresarial de las pequeñas y medianas empresas manufactureras de Baja California* [Business competitiveness in small and medium-sized enterprises of manufacturing sector in Baja California]. *Estudios Fronterizos*, 18(35), 107-130, Doi:10.21670/ref.2017. 35.a06.
- Ibañez, A., y Bulla, M. (2021). *Industria 4.0 y su aplicación en las operaciones logísticas*. [Tesis de grado]. Universidad Agustiniana. Colombia. <https://repositorio.uniagustiniana.edu.co/bitstream/handle/123456789/1776/IbanezJimenez-AnggieTatiana-2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ics Shipping Org. (2023). *Supporting shipping*. <https://www.ics-shipping.org/supporting-shipping/>

- Jerez, J., Pavón, R., Alberti, M., Ciccone, A., Asprone, D. (2023). Review on the Implementation of the BIM Methodology in the Operation Maintenance and Transport Infrastructure. *Appl. Sci.* 13(1), 2-31. <https://doi.org/10.3390/app13053176>
- Lastra, J. (2017). Rifkin, Jeremy, La Tercera Revolución Industrial. *Boletín mexicano de derecho comparado*, 50(150), 1457-1462. <https://doi.org/10.22201/ijj.24484873e.2017.150.11847>
- Martínez, F. (2009). El sistema de transporte de carga en la Ciudad de México. Factores para considerar en el análisis del transporte de carga y la movilidad de mercancías. *Territorios*, 20(21), 161-174. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=35714248008>
- Medeiros, V., Gonçalves, L., Camargo, E. (2019). La competitividad y sus factores determinantes: un análisis sistémico para países en desarrollo. *Revista de la CEPAL* 129(1), 8-27. https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/45005/RVE129_Medeiros.pdf
- Meléndez, D. (2022). *Plan de negocios para comercializar componentes de cocinas industriales vía internet en la empresa Inversiones Dean S.A.S.* [Tesis de Grado]. Universidad Católica de Colombia. <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/2b0e37f0-4678-4f54-b590-d667ae13024f/content>
- Pangol, A. (2022). Industria 4.0, implicaciones, certezas y dudas en el mundo laboral. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(4), 453-465. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5093-4165>
- Rico, A., y Pineda, T. (2020). “Análisis de los antecedentes y el impacto de la logística 4.0 en el transporte terrestre de mercancías en Colombia, y proyecciones” [Tesis de Grado].

Universidad Cooperativa de Colombia.

<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/bcaf5bd9-2d4e-4efa-8eee-18b0fc24c87c/content>

Rodríguez, C. (2013). *Análisis del transporte de carga en Colombia, para crear estrategias que permitan alcanzar estándares de competitividad e infraestructura internacional*. [Tesis de grado] Universidad del Rosario. <https://acortar.link/ZZfpdX>

Rojas, Hugo. (2017). *Editorial. Investigación & Desarrollo*, 2(17).

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2518-44312017000200001&lng=es&tlng=es.

Rozo, F. (2020). Revisión de las tecnologías presentes en la industria 4.0. *Revista UIS Ingenierías*, 19(2), 177-192, 2020. doi:10.18273/revuin.v19n2-2020019

Sarmiento, S. (2017). Clúster: alternativa para el crecimiento regional. *Dimensión Empresarial* 15(2), 169-187. DOI: <http://dx.doi.org/10.15665/rde.v15i2.1222>

Sarria, L. (2019). *Análisis Económico De La Regulación Del Big Data En Colombia*. [Tesis de Grado]. Universidad del Valle.

<https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/server/api/core/bitstreams/8b81b539-b570-4a1f-a5d8-68141f0c81d4/content>

Servientrega. (2019). *Informe de Sostenibilidad 2019*.

<https://www.servientrega.com/wps/wcm/connect/bee387a0-362f-4140-b5c7-f4a1b0e12021/Informe+Sostenibilidad+Servientrega+2019.pdf?MOD=AJPERES&CON>

VERT_TO=url&CACHEID=ROOTWORKSPACE-bee387a0-362f-4140-b5c7-f4a1b0e12021-nM11d6G

Sociedad Portuaria de Buenaventura. (2018). *Boletín Informativo*. Plan de Contingencia Facturación Cargas de Importación.

<http://www.sprbun.com/documents/20181/25820/Bolet%C3%ADn+Informativo+No.+16+PLAN+DE+CONTINGENCIA+FACTURACI%C3%93N+CARGAS+DE+IMPORTACI%C3%93N/d77e3e87-ac87-434d-8192-8a5dde99a1ad>

Suárez, M., Molina, L., y Villa M. (2018). Redes de valor y logística en la industria manufacturera: procesos claves. Estudio de modelos y casos. *Revista Unibosque* 17(2), 1-8. <https://revistas.unbosque.edu.co/index.php/RevTec/article/view/3333>

Ynzunza, C., Izar, J., Bocarando, J., Aguilar, F. Larios, M. (2017). El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras. *Conciencia Tecnológica*, 1(54), 1-19. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94454631006>

Von, M., Wilhelm, A., y Von, Henrik. (2015). *The complete business process handbook. Body of knowledge from process modeling to BPM*. Vol 1. Ed. Kaitlin Herbert. <https://acortar.link/lX1dZ2>