



# Observatorio

del Transporte y la Logística en ESPAÑA



## La Transformación Digital en el Transporte

Marzo 2019



GOBIERNO DE ESPAÑA

MINISTERIO DE FOMENTO

[observatoriotransporte.fomento.gob.es](http://observatoriotransporte.fomento.gob.es)



*El presente informe se ha elaborado en la División de Estudios y Tecnología del Transporte de la Secretaría General de Transporte, con la colaboración del equipo técnico de*

 **ineco**

## RELACIÓN DE CONTENIDOS

Pág.

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>EL TRANSPORTE Y LA TECNOLOGÍA AL SERVICIO DE LA SOCIEDAD.....</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>TENDENCIAS DE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL DEL TRANSPORTE .....</b>	<b>15</b>
<b>3.1</b>	<b>Marco tecnológico: estándares, tecnología .....</b>	<b>15</b>
3.1.1	Estándares .....	15
3.1.2	Tecnologías.....	16
<b>3.2</b>	<b>La transformación digital en el transporte .....</b>	<b>24</b>
3.2.1	Explotación analítica y predictiva de los datos y de los patrones de movilidad en la planificación y gestión del transporte .....	25
3.2.2	Digitalización del transporte de mercancías: e-freight y trazabilidad de las mercancías.....	28
3.2.3	Infraestructuras y territorios inteligentes .....	32
3.2.4	Desarrollos enfocados a la mejora de la seguridad operacional .....	36
3.2.5	Vehículos autónomos.....	39
3.2.6	Sistemas de información de transporte multimodal y Movilidad como Servicio (MaaS) .....	45
3.2.7	Optimización del transporte de última milla.....	49
3.2.8	Transporte a la demanda y rutas dinámicas .....	52
3.2.9	Aplicaciones relacionadas con la navegación por satélite.....	55
3.2.10	Seguridad física basada en las nuevas tecnologías.....	59
3.2.11	Resumen de las tendencias .....	62
<b>4</b>	<b>PRINCIPALES OPORTUNIDADES Y RETOS DE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN EL TRANSPORTE.....</b>	<b>64</b>
<b>4.1</b>	<b>Oportunidades de la transformación digital en el transporte .....</b>	<b>64</b>
4.1.1	Foco en el usuario.....	64
4.1.2	Eficiencia .....	65
4.1.3	Sostenibilidad ambiental.....	66
4.1.4	Seguridad.....	66
4.1.5	Multimodalidad e intermodalidad.....	67
4.1.6	Cohesión territorial y accesibilidad .....	67
<b>4.2</b>	<b>Retos de la transformación digital en el transporte .....</b>	<b>67</b>
4.2.1	Técnicos .....	68
4.2.2	Económicos .....	69
4.2.3	Sociales .....	70
4.2.4	Legales, normativos o regulatorios .....	71
<b>5</b>	<b>ACOMPañAMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN AL PROCESO DE DIGITALIZACIÓN.....</b>	<b>74</b>
<b>5.1</b>	<b>Políticas, estrategias y planes.....</b>	<b>75</b>

<b>5.2 Regulación y legislación.....</b>	<b>82</b>
<b>5.3 Financiación .....</b>	<b>84</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Etapas del proyecto en la que el BIM proporciona mayor valor .....	20
Tabla 2. Desarrollos emprendidos por empresas navieras con base en la tecnología <i>blockchain</i> .....	29
Tabla 3. Resumen de las principales características de las tendencias y servicios considerados.....	63
Tabla 4. Principales instrumentos de financiación para la digitalización del transporte.....	84

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	<b>Pág.</b>
Gráfico 1. Porcentaje de empresas con un índice de intensidad digital superior a alto por rama de actividad económica. Años 2016 y 2017.....	8
Gráfico 2. Evolución prevista del volumen de datos en el periodo 2010 – 2020 .....	17
Gráfico 3. Uso de la tecnología BIM en infraestructuras de transporte .....	18
Gráfico 4. Evolución trimestral de la inversión y número de licitaciones públicas con requisitos BIM según sector. Años 2017 y 2018. ....	19
Gráfico 5. Uso de la tecnología <i>blockchain</i> por sector a nivel mundial en 2018.....	21
Gráfico 6. Adopción de tecnologías en el sector transporte.....	23
Gráfico 7. Disposición al cambio modal .....	48
Gráfico 8 Desglose de los costes de entrega de paquetes en ciudades desarrolladas y densas en 2017, por método de entrega (en EE.UU.) .....	50
Gráfico 9. Número de viajes en el servicio de transporte a demanda en EEUU en el período 1996-2017 .....	53
Gráfico 10. Ratio de horas trabajadas por los seres humanos y las máquinas en los años 2018 y 2022 .....	71

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Evolución digital.....	7
Figura 2. Objetivos de desarrollo sostenible .....	11
Figura 3. Ejemplo de aplicación de tecnología <i>blockchain</i> en una cadena de distribución terrestre.....	22
Figura 4. Proceso de digitalización.....	24
Figura 5. Esquema de una ventanilla única logística .....	31
Figura 6. Esquema de ciudad inteligente.....	33
Figura 7. Ubicación de los proyectos piloto de <i>C-Roads Spain</i> .....	38
Figura 8. Grados de automatización de los vehículos.....	42
Figura 9. Esquema <i>MaaS</i> .....	46
Figura 10. Envíos potenciales de paquetería con drones .....	51
Figura 11. Zonas de transporte a la demanda en Castilla y León .....	54
Figura 12. Evolución del número medio de pasajeros al día en un día laborable tras seis semanas desde la aplicación de soluciones de transporte a la demanda .....	55
Figura 13. Oficinas de la GSA en Praga .....	56
Figura 14. Esquema del sistema de señalización europeo (ERTMS) mediante balizas virtuales basadas en GNSS .....	58
Figura 15. Objetivos del transporte a los que la digitalización ayudará para su cumplimiento .....	64
Figura 16. Clasificación de los retos de la digitalización del transporte .....	68
Figura 17. Áreas de actuación en la política industrial de la UE para la transformación digital.....	76
Figura 18. Áreas temáticas de la Agenda Estratégica para el I+D en el Transporte .....	78

## 1 INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, el sector del transporte y la logística ha experimentado una fuerte transformación. Tecnologías ya presentes en nuestro día a día como las aplicaciones móviles, el internet de las cosas, el big data o la inteligencia artificial, tienen infinidad de aplicaciones en este campo que ya han comenzado a desarrollarse pero que, en un futuro próximo, pueden cambiar drásticamente la manera en la que actualmente se transportan viajeros y mercancías. En este sentido, el **objetivo del presente informe es ofrecer una visión general del panorama actual de la transformación digital en el transporte**, describiendo aquellas tendencias que se prevé que tengan un mayor impacto en la sociedad, identificando sus numerosas ventajas, pero también sus retos o inconvenientes y cómo la Administración puede contribuir en este proceso.

En primer lugar, es importante comprender el concepto de transformación digital y el proceso necesario para que se lleve a cabo. La **transformación digital** puede ser entendida como la **evolución y la reorganización profunda de las actividades y de los procesos** de las empresas, instituciones, sistemas o en definitiva de la sociedad en general, como consecuencia del **máximo aprovechamiento de la tecnología**. La transformación digital es, por tanto, la consecuencia final de un proceso de evolución que requiere de una serie de pasos previos para poder llevarse a cabo.

El primero de ellos es la **digitalización de la información** o documentación existente, entendiendo la misma como el procedimiento de conversión de una información analógica en formato digital. Como consecuencia de disponer de su información en formato digital, las instituciones, empresas o particulares comienzan a **digitalizar sus procedimientos**. A modo de ejemplo, la posibilidad de gestionar con los distintos organismos o empresas solicitudes y trámites de forma telemática ha propiciado un cambio sustancial en el funcionamiento interno y externo de cada uno de los actores. El resultado final de combinar la digitalización de la información y de los procesos y procedimientos desemboca en el fenómeno de transformación digital.

Figura 1. Evolución digital



Fuente: Elaboración propia del OTLE

Este proceso de transformación digital ha fomentado el crecimiento y el incremento en la eficiencia de las empresas e instituciones, dando lugar a nuevos modelos de negocio o a modificaciones en los patrones de consumo de la sociedad, entre otros factores. Estos grandes cambios, que además se suceden a una escala y velocidad considerables, llevan aparejados nuevos desafíos en materia de políticas públicas (por ejemplo, medidas de estímulo, coordinación, regulación o supervisión entre otros aspectos) cuyo objetivo final es sacar el mayor beneficio posible de este nuevo paradigma digital.

En segundo lugar, resulta conveniente contextualizar todo este proceso de transformación digital. A este respecto, una de las 10 prioridades de la Comisión Europea en el periodo 2015-2019 es el desarrollo de un mercado único digital en la Unión Europea. En este sentido, en mayo de 2015 se publicó la **"Estrategia para el Mercado Único Digital de Europa"**<sup>1</sup>, que se sustenta en tres pilares fundamentales:

- Mejora en el **acceso** en línea para los consumidores y las empresas en Europa. A este respecto, un mayor desarrollo del comercio electrónico impactará positivamente en el desarrollo de actividades relacionadas con el transporte y la logística, al prestar servicio a este tipo de intercambios comerciales.

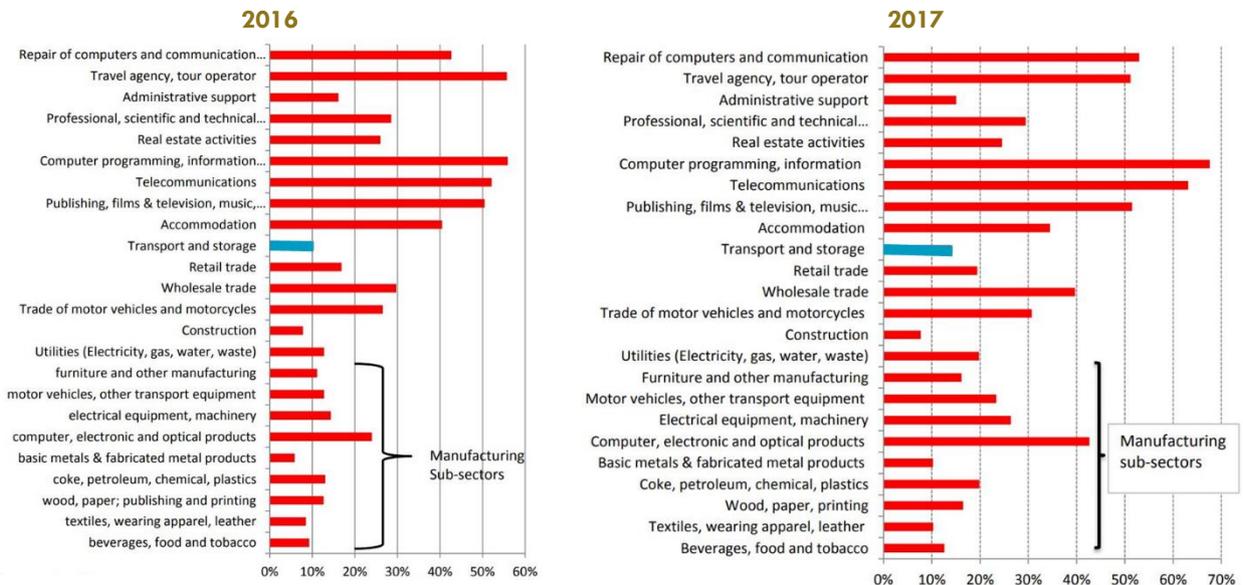
<sup>1</sup> COM(2015) 192 final

- Creación de un **ecosistema** que permita disponer de las condiciones adecuadas y equitativas para las redes digitales avanzadas y los servicios innovadores. En este sentido, un marco adecuado que favorezca el desarrollo de negocios con base digital, manteniendo y respetando la competencia y la seguridad y privacidad de sus usuarios, resulta esencial para el desarrollo de cualquier sector, viéndose afectado especialmente la actividad del transporte.
- Aprovechar al máximo el potencial de crecimiento de la economía digital redundará en beneficios para la **economía y la sociedad**. En particular, el empleo de datos como catalizador para el crecimiento económico y la innovación cobra especial relevancia en el transporte, no solo por sus beneficios en la gestión del transporte, sino por la enorme cantidad de datos que este puede llegar a generar. Asimismo, la necesidad de impulsar la competitividad mediante la interoperabilidad y normalización de la información resulta también esencial en el ámbito del transporte y la logística, al poder disponer de información de la multitud de actores involucrados en esta actividad de forma que se pueda abordar el transporte en su conjunto, y no como una mera yuxtaposición de modos.

De acuerdo con la citada estrategia, su completo desarrollo permitiría crear un nuevo marco de oportunidades. En particular, en dicho documento se estima que las empresas llegarían a un **mercado de más de 500 millones de personas**, pudiendo aportar al **conjunto de la economía europea más de 415 mil millones de euros anuales**. Todo ello supondría nuevas oportunidades de empleo y mejoras sustanciales en el acceso a la información y en la prestación de los servicios públicos.

En línea con lo anterior, las habilidades digitales están adquiriendo especial importancia, aspecto que ya se está viendo reflejado en las empresas. En particular, si se analizan los datos de los dos últimos informes de "The Digital Economy and Society Index - Integration of Digital Technology" publicados por la Comisión Europea, se observa un fuerte crecimiento en el porcentaje de empresas europeas con un valor alto del índice de intensidad digital<sup>2</sup>.

**Gráfico 1. Porcentaje de empresas con un índice de intensidad digital superior a alto por rama de actividad económica. Años 2016 y 2017**



Fuente: "The Digital Economy and Society Index - Integration of Digital Technology"

<sup>2</sup> El Índice de Intensidad Digital es un índice que mide la disponibilidad a nivel empresarial de 12 tecnologías digitales diferentes ([http://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc\\_id=52243](http://ec.europa.eu/newsroom/dae/document.cfm?doc_id=52243))

En el caso de la actividad de "transporte y almacenamiento", a pesar de tener un porcentaje reducido de empresas, se observa un incremento importante en el último año, como se muestra en los anteriores gráficos.

Los datos anteriores parecen constatar la creciente relevancia de la tecnología en la sociedad en general y en las empresas en particular. A tal respecto, el discurso realizado por la Comisaria de Transportes, Violeta Bulc, el pasado 9 de noviembre de 2017 en los *Digital Transport Days* en Tallin (Estonia)<sup>3</sup> ponía de manifiesto el contexto global de las **sociedades y economías, siendo la tecnología transversal a todas ellas**. Un ejemplo de todo esto es como la empresa Google, que en sus inicios se configuró como un motor de búsqueda en Internet, ahora mismo es una gran compañía que incluso está dando pasos para posicionarse en el sector de la fabricación de automóviles.

En el ámbito nacional, la "Estrategia Digital para una España Inteligente", que se estructura en 5 pilares<sup>4</sup> en línea con los pilares de la estrategia de la Comisión, concluye que tanto el transporte de viajeros como el transporte de mercancías y logística son actividades prioritarias. En lo relativo a los retos económicos y sociales a abordar, la estrategia cita al empleo de energía segura, limpia y eficiente como la principal cuestión a tratar, jugando en este caso el transporte un papel esencial, al ser el sector que emite un mayor volumen de gases de efecto invernadero a la atmósfera en España. Asimismo, el transporte inteligente, ecológico e integrado, se considera como la segunda preocupación a resolver, lo que pone de manifiesto la **gran relevancia del transporte en la estrategia digital española**.

Por tanto, el **transporte y la logística** es uno de los sectores donde el impacto de la **transformación digital puede ser más disruptivo**. En este sentido, algunos aspectos claves por los que el proceso de transformación digital puede tener una mayor incidencia en el ámbito del transporte y la logística son los siguientes:

- En los últimos años, se ha producido un vertiginoso **incremento en el volumen de información** que se está generado, debido en parte a la proliferación **de dispositivos conectados a Internet o a otro tipo de dispositivos**. Y no se trata solo de los dispositivos personales asociados al usuario, como los teléfonos móviles y demás aparatos electrónicos conectados a Internet, sino también de elementos vinculados a la propia infraestructura (sensores y demás equipamiento asociado a sistemas de gestión y ayuda a la explotación) y a los vehículos. Es lo que se conoce como el Internet de las Cosas, o lo que es lo mismo, la interconexión digital de muchos de los elementos que componen el sistema. En este sentido, la publicación de IBM "*Global Technology Outlook*"<sup>5</sup> aporta algunas cifras de interés, como que en torno al 90% de los datos actuales han sido creados en los últimos 2 años, y que el crecimiento en el volumen de información está siguiendo una función exponencial, previendo alcanzar los 44 zettabytes en 2020.
- Otro aspecto fundamental a la hora de analizar el previsible impacto de la transformación digital en el transporte y la logística son las posibilidades que la **georreferenciación de los datos** ofrece. Este hecho supone, por ejemplo, un salto cualitativo en relación con el proceso anterior de toma de datos, dado que permite conocer la posición de los viajeros y de las mercancías con una mayor precisión y cobertura e incluso en tiempo real, representando una mejora sustancial frente a los procesos

<sup>3</sup> [https://ec.europa.eu/commission/commissioners/2014-2019/bulc/announcements/speech-commissioner-bulc-tallinn-digital-transport-days\\_en](https://ec.europa.eu/commission/commissioners/2014-2019/bulc/announcements/speech-commissioner-bulc-tallinn-digital-transport-days_en)

<sup>4</sup> Los cinco pilares son: economía de los datos, ecosistemas 4.0, regulación inteligente, infraestructuras tecnológicas y ciudadanía y empleo digital.

[http://www.agendadigital.gob.es/agenda-digital/noticias/Documents/Resultados\\_Consulta\\_Estrategia\\_Digital\\_Espana.pdf](http://www.agendadigital.gob.es/agenda-digital/noticias/Documents/Resultados_Consulta_Estrategia_Digital_Espana.pdf)

<sup>5</sup> [https://www-01.ibm.com/events/ww/grp/grp308.nsf/vLookupPDFs/18%20IT%20Trends%20GTO%2020161108%20Praesentati%20onAndrea%20Martin/\\$file/18%20IT%20Trends%20GTO%2020161108%20PraesentationAndrea%20Martin.pdf](https://www-01.ibm.com/events/ww/grp/grp308.nsf/vLookupPDFs/18%20IT%20Trends%20GTO%2020161108%20Praesentati%20onAndrea%20Martin/$file/18%20IT%20Trends%20GTO%2020161108%20PraesentationAndrea%20Martin.pdf)

tradicionales de definición de patrones de movilidad, configurando un instrumento fundamental para la toma de decisiones.

- Por último, la posibilidad de **personalización de los servicios de transporte**, de forma que mediante el empleo de estas nuevas tecnologías se puedan tener en cuenta las necesidades y los obstáculos específicos de cada usuario mediante soluciones adaptadas.

No obstante, la transformación digital en el transporte y la logística no es un fenómeno nuevo, si bien en los últimos años este proceso se ha intensificado. A modo de ejemplo, desde mediados de los años 90 aparecieron en Europa compañías aéreas de bajo coste que, entre otros factores, utilizaban Internet como principal punto de venta de sus billetes, con el ahorro de costes que esto suponía frente a las aerolíneas tradicionales. Más recientemente, en el ámbito del transporte de mercancías, la implantación de soluciones de ventanilla única portuaria ha permitido agilizar todos los trámites requeridos en las escalas de los buques en los puertos.

Resumiendo, en la actualidad son numerosos los campos dentro de la actividad del transporte y la logística donde este proceso de digitalización ya está presente. A día de hoy, cuestiones como los billetes electrónicos y el *e-ticketing*, la gestión centralizada del tráfico, los sistemas de ayuda a la explotación de los servicios de transporte, las aplicaciones para información al usuario, la gestión electrónica de equipajes en los aeropuertos, etc. son avances en materia de digitalización que, en gran medida, ya forman parte del transporte y la logística de hoy. Pero este proceso no acaba aquí, sino que al amparo de todo este desarrollo de las tecnologías de la información están surgiendo nuevas tendencias, servicios y modelos de negocio relacionados con la actividad del transporte y la logística.

Finalmente, teniendo en cuenta los distintos aspectos relacionados con la transformación digital en el ámbito del transporte y la logística y su previsible incidencia en la sociedad actual, el documento se estructura de la siguiente forma:

- En el **epígrafe 2** se realiza un breve resumen de los objetivos que el transporte y la logística debe alcanzar en los próximos años y cómo la transformación digital se configura como una herramienta clave para poder lograrlo.
- En el **epígrafe 3** se describe el marco tecnológico actual, enumerando las tecnologías, infraestructuras y estándares que conforman el contexto actual de aplicación en el proceso de digitalización del transporte (epígrafe 3.1). Seguidamente, se analizan y describen detalladamente las principales tendencias y desarrollos que se están llevando a cabo en el campo de la digitalización del transporte y la logística (epígrafe 3.2).
- En el **epígrafe 4** se profundiza sobre las principales oportunidades y los posibles retos que el proceso de transformación digital lleva aparejados.
- Por último, en el **epígrafe 5** se analizará el papel de la Administración en todo el proceso de transformación digital que actualmente se está produciendo y cómo su contribución puede ser esencial para que la sociedad en general y el sector del transporte y la logística en particular puedan obtener los mayores beneficios posibles.

Como es habitual en los distintos informes monográficos que se han elaborado en el OTLE, el objetivo de este informe no consiste en plantear una descripción técnica detallada de los distintos temas propuestos. El propósito principal de este informe es poder ofrecer al lector una visión general del contexto actual de la digitalización en el transporte y la logística.

## 2 EL TRANSPORTE Y LA TECNOLOGÍA AL SERVICIO DE LA SOCIEDAD

Como se ha comentado en el epígrafe anterior, el proceso de transformación digital permitirá a la sociedad en general y al transporte y la logística en particular, contar con una serie de herramientas que puedan aportar un fuerte impulso a la hora de mejorar su actual desarrollo o desempeño. En particular, la digitalización en el transporte y la logística puede constituir un instrumento clave para alcanzar los objetivos marcados para un desarrollo más sostenible, entendiendo la sostenibilidad como un concepto que engloba tanto la eficiencia medioambiental, como la eficiencia económica, financiera y social del sistema de transporte. Consecuentemente, las posibilidades que ofrece el proceso de digitalización en el campo del transporte y la logística coadyuvarán a alcanzar los objetivos fijados por las políticas públicas en materia de transporte y establecidos en sus documentos de planificación.

En este sentido, en el año 2015 Naciones Unidas elaboró la **Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible**<sup>6</sup> que adoptaron los países que conforman esta organización (entre ellos España). Dicha Agenda incorpora 17 objetivos que pretenden dar respuesta a los retos y desafíos globales del planeta (pobreza, desigualdad, medioambiente, etc.) con el compromiso de lograr el cumplimiento de cada uno de ellos en el año 2030.

Figura 2. Objetivos de desarrollo sostenible



Fuente: Naciones Unidas

Al estar interrelacionados todos los objetivos entre sí y ser el transporte una actividad que da soporte a otras actividades esenciales (abastecimiento y distribución de productos, acceso al trabajo, etc.), varios de los objetivos inciden directa o indirectamente en el transporte y la logística. Concretamente, de los 17 objetivos de la Agenda 2030, los que guardan una mayor relación con la actividad del transporte son:

- Energía asequible y no contaminante, en donde la migración del transporte hacia soluciones que empleen energías limpias, con unas tecnologías más avanzadas que proporcionen una mayor eficiencia energética y menor dependencia de los combustibles fósiles va a jugar un papel esencial. En este

<sup>6</sup> <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>

sentido, la digitalización puede jugar un papel fundamental en el fortalecimiento de un sistema de transporte multimodal interconectado, al permitir, además de otras soluciones, la creación de soluciones de movilidad puerta a puerta de personas o mercancías donde se primen los modos más sostenibles en toda la cadena multimodal.

- Industria, innovación e infraestructuras, que en relación con el transporte y su desarrollo pone especial relevancia en dos principales aspectos:
  - Por un lado, el proporcionar infraestructuras de transporte que sean fiables, resilientes y de calidad, de forma que contribuyan al desarrollo económico y social, promoviendo un acceso asequible y equitativo que permita garantizar la sostenibilidad del sistema. En este campo, la digitalización de las infraestructuras de transporte permitirá, entre otros aspectos, evaluar la calidad y nivel de servicio que soporta una infraestructura (intensidades de tráfico en tiempo real, gestión de incidencias, etc.) o prever el comportamiento estructural que tendrán ante determinados acontecimientos, pudiendo planificar las distintas actividades relacionadas con su mantenimiento preventivo y correctivo.
  - Por otro, incrementar y potenciar el acceso a las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones, de forma que mediante este medio se pueda acceder a los servicios de transporte a través de un acceso universal y asequible a Internet. Este aspecto resulta clave a la hora de poder lograr un mayor beneficio del proceso de transformación digital del transporte, dado que gran parte de sus potencialidades residen en un acceso universal a Internet, al configurarse la red como elemento de interconexión entre la multitud de agentes intervinientes en el transporte.
- Ciudades y comunidades sostenibles, donde al ser el transporte uno de los elementos claves de las ciudades, se incluyen varias metas al alcanzar en el año 2030 entre las que destacan las siguientes:
  - Proporcionar sistemas de transporte, con especial énfasis en el transporte público, seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos los colectivos, poniendo el foco en los colectivos con mayores dificultades de acceso (personas con movilidad reducida y de avanzada edad). En este caso, si bien la transformación digital del transporte lleva aparejadas nuevas soluciones de movilidad, las mismas deben ser entendidas como un complemento al transporte público, en el que los medios tradicionales son los que deberían continuar movilizándolo a un mayor número de viajeros -constituyendo el esqueleto del sistema de transporte en las ciudades- y estas nuevas formas ser un complemento aportando, entre otros aspectos, una mayor capilaridad y flexibilidad al sistema.
  - Aumentar las capacidades, herramientas e instrumentos que favorezcan una planificación y gestión participativas, integradas y sostenibles de las ciudades y sus infraestructuras y servicios de transporte asociados. En este sentido, el apoyo con los vínculos económicos, sociales y ambientales positivos entre las zonas urbanas, periurbanas y rurales será una palanca importante para el fortalecimiento de la planificación del desarrollo nacional y regional. Adicionalmente, el poder contar con nuevas tecnologías y servicios que permitan la explotación analítica y predictiva de los patrones de movilidad a través de los datos obtenidos de los distintos dispositivos y sensores constituyen un elemento fundamental a la hora de lograr una correcta planificación del transporte y sus infraestructuras.
  - Reducir el impacto ambiental negativo de las ciudades promoviendo políticas y planes integrados que favorezcan la inclusión, el uso eficiente de los recursos, la mitigación del cambio climático y la adaptación a él y la resiliencia ante los desastres. Como ya se ha comentado previamente, las posibilidades que ofrece el proceso de digitalización, promoviendo la integración entre los distintos modos de transporte, permitirá a las administraciones con

competencias en movilidad el planificar y potenciar aquellas soluciones que aporten una mayor contribución a la sostenibilidad económica, medioambiental y social del sistema de transporte.

- Acción por el clima, donde el sector del transporte tiene un papel relevante al ser uno de los más contaminantes, por lo que se considera necesaria la incorporación de medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales del sector. Para ello, las tecnologías digitales, tales como sensores de medición de emisiones u otros dispositivos se antojan claves a la hora de realizar una correcta planificación y seguimiento de las estrategias implementadas.

En el ámbito europeo, las orientaciones estratégicas en materia de transporte se han ido plasmando en los "Libros Blancos" del transporte publicados en los años 2001 y 2011. En este sentido, en el último **Libro Blanco del Transporte** del año 2011<sup>7</sup>, la Comisión definió las áreas prioritarias de actuación con el horizonte temporal de 2050, incluyendo entonces como novedad la multimodalidad y una definición más clara del papel que desempeñarán las tecnologías de la información y las comunicaciones como elemento crítico en todos los ámbitos del transporte: competitividad, planificación y gestión de infraestructuras, sostenibilidad, seguridad, etc.

El equipo del actual Presidente de la Comisión Europea, Jean-Claude Juncker planteó una agenda marcada por los cambios en el contexto mundial y subrayó la necesidad de que el transporte contribuya al aumento de inversión, crecimiento y empleo, sin dejar de lado los aspectos de seguridad, ambientales y sociales, y la digitalización del transporte. En este último campo, en el ya mencionado discurso de la Comisaria de Transportes, Violeta Bulc, en los *Digital Transport Days* se identificó a la **digitalización como uno de los principios y objetivos esenciales para lograr alcanzar un espacio único europeo de transporte**. En su discurso, puso de manifiesto la importancia del dato, que en palabras suyas denominó como el "nuevo oro" y afirmó que servirá de apoyo para configurar la red de transporte en el futuro. Resaltó la importancia de contar, en el ámbito de la Unión, con una serie de estándares e interfaces abiertos y comunes para todos los Estados Miembros para sacar el máximo partido de los datos y alcanzar un espacio único europeo, garantizando al mismo tiempo la ciberseguridad y privacidad de sus ciudadanos y empresas.

Profundizando en las oportunidades que puede ofrecer la transformación digital, desde la Comisión Europea se han señalado a la seguridad, la reducción de emisiones, la contaminación atmosférica y acústica o la congestión como algunos de los campos del transporte donde el desarrollo de soluciones digitales puede contribuir a mejorar su desempeño.

Por su parte, el **Plan de Infraestructuras, Transporte y Vivienda 2012 – 2024 (PITVI)**<sup>8</sup> establece cinco grandes objetivos estratégicos que se articulan como marco de referencia a la hora de planificar las infraestructuras y el transporte en nuestro país. Estos objetivos son:

- Mejorar la eficiencia y competitividad del Sistema global del transporte optimizando la utilización de las capacidades existentes.
- Contribuir a un desarrollo económico equilibrado, como herramienta al servicio de la superación de la crisis.
- Promover una movilidad sostenible compatibilizando sus efectos económicos y sociales con el respeto al medio ambiente.
- Reforzar la cohesión territorial y la accesibilidad de todos los territorios del Estado a través del Sistema de transporte.

<sup>7</sup> COM(2011) 144 final, de 28 de marzo de 2011

<sup>8</sup> <https://www.fomento.gob.es/el-ministerio/planes-estrategicos/2024/pitvi-2012/2024/plan-de-infraestructuras-transporte-y-vivienda-pitvi-2012/plan-de-infraestructuras-transporte-y-vivienda-pitvi-2012-2024>



- Favorecer la integración funcional del Sistema de transporte en su conjunto mediante un enfoque intermodal.

En el campo de la digitalización, el PITVI centra sus esfuerzos en soluciones relacionadas con la seguridad operacional y gestión del tráfico, especialmente en el modo ferroviario (implantación del ERTMS o del ASFA digital) y en el transporte aéreo (a través del desarrollo de la iniciativa Cielo Único Europeo). Como complemento al citado plan, recientemente el Secretario de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda anunció que se está trabajando en la elaboración de una **Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada para España**. Esta estrategia parte de la premisa general de reorientar esfuerzos, cambiando el paradigma de *inversión en infraestructuras* por el de *inversión en movilidad*. Esto supone convertir a los usuarios en el elemento central de las políticas de movilidad, planteando soluciones eficaces a sus necesidades más allá de la dotación de infraestructuras, donde en los años precedentes se ha realizado un importante esfuerzo. Además de la reorientación de esfuerzos y la consideración de los usuarios como núcleo central de las políticas, algunos de los elementos básicos en la formulación de la estrategia serán la sostenibilidad, la seguridad y el uso intensivo de las tecnologías de la información y comunicación.

Del repaso de los distintos instrumentos de planificación comentados se observa, como no podría ser de otra manera, una clara alineación en cada uno de los objetivos o metas a alcanzar, independientemente del organismo o administración responsable de la redacción de cada uno de los documentos. Esta necesaria alineación o coordinación entre organismos y administraciones, también debe hacerse extensible al resto de agentes intervinientes en la actividad del transporte y la logística, dado que la responsabilidad de cumplir con los objetivos del transporte debe de ser compartida. Concretamente, desde las distintas Administraciones responsables de la planificación del sistema, pasando por los gestores (tanto públicos como privados) de las infraestructuras, los prestadores de servicios de transporte (públicos y privados), hasta los usuarios y los organismos encargados de la supervisión y control deben contribuir a la sostenibilidad del sistema de transporte entendida en su sentido más amplio. En particular, la responsabilidad del sector público estará más enfocada en el área o ámbito de la planificación del transporte, así como en la supervisión y control del sistema, mientras que el sector privado se concentrará principalmente en la prestación de servicios de transporte (con alguna excepción de empresas de transporte públicas) y en la provisión de infraestructuras, si bien también compartida con el sector público.

## 3 TENDENCIAS DE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL DEL TRANSPORTE

### 3.1 Marco tecnológico: estándares, tecnología

La transformación de la sociedad está hoy en día impulsada por un factor determinante: la tecnología. Esta herramienta ayuda a la sociedad en general (ciudadanos, empresas, instituciones, etc.) a avanzar en el cumplimiento de sus objetivos, con el firme propósito de ofrecer a sus habitantes una mejor calidad de vida. Un uso adecuado de la tecnología permitiría tener un mundo más interconectado, pudiendo ofrecer alternativas de mejora en la eficiencia y eficacia en la utilización de los recursos; así como también, en la prestación de los servicios a sus ciudadanos.

La tecnología aplicada al transporte puede constituir un medio para el alcance del progreso en este sector, haciéndolo más efectivo y competitivo. Este proceso de evolución demanda, entre otros aspectos:

- Sistemas de comunicaciones que soporten cada vez mayores volúmenes de datos.
- Despliegue de dispositivos para la recolección de información.
- Gestión eficiente de gran volumen de datos.
- Interoperabilidad entre las soluciones utilizadas.

La interoperabilidad juega entonces un papel clave en el proceso de avance tecnológico y genera una necesidad de estandarización y normalización de las tecnologías que están emergiendo actualmente. La interoperabilidad garantiza la comunicación entre los distintos elementos del transporte (infraestructuras, vehículos, viajeros, mercancías) de forma que, idealmente la flexibilidad del sistema sea mayor lo que redundaría en un beneficio para todos los actores intervinientes en la actividad del transporte y la logística.

#### 3.1.1 Estándares

La normalización o estandarización tiene como objeto la elaboración de una serie de especificaciones técnicas, conocidas como Normas, que son utilizadas de modo voluntario. La legislación<sup>9</sup> define norma o estándar como "la especificación técnica de aplicación repetitiva o continuada cuya observancia no es obligatoria, establecida con participación de todas las partes interesadas, que aprueba un Organismo reconocido, a nivel nacional o internacional, por su actividad normativa". En este sentido, todas las partes se benefician de la estandarización a través de una mayor seguridad y calidad de los productos, así como de menores costos y precios de transacción.

En términos de estandarización española en cuanto al ámbito del transporte se refiere, se viene trabajando en dos enfoques:

- Desarrollo de estándares para establecer un marco común de datos a compartir.
- Desarrollo de estándares para establecer los mecanismos de recepción, envío e intercambio de los datos (semánticas y protocolos de comunicación); con el objetivo de garantizar la interoperabilidad de los servicios.

A nivel nacional, AENOR es la entidad reconocida en España como organismo de normalización<sup>10</sup> y es la representante de España ante las organizaciones de normalización internacional (Organización Internacional

<sup>9</sup> Artículo 8 de la Ley 21/1992 de Industria

<sup>10</sup> Conforme a lo establecido en el Reglamento de la Infraestructura para la Calidad y la Seguridad Industrial, aprobado por Real Decreto 2200/1995 y en el Reglamento (UE) 1025/2012 sobre Normalización Europea.

de Normalización-ISO-) y europeas (Comité europeo para la estandarización -CEN- y Comité europeo para la estandarización electrotécnica CENELEC). En este sentido, AENOR participa activamente en los trabajos de estandarización correspondientes a la gestión de los servicios públicos y a la promoción de la interoperabilidad.

Dentro de las contribuciones realizados por AENOR en el sector transporte, destacan las normas desarrolladas para las **infraestructuras de transporte**. Es importante resaltar que estas infraestructuras juegan un papel muy importante en la movilidad. Aeropuertos, estaciones de tren y puertos son elementos generadores de gran cantidad de información útil para el entendimiento de la movilidad de los viajeros y las mercancías. Es por ello que desde el Comité Técnico de Normalización (CTN178-AENOR) se identificó la necesidad de estandarización de este tipo de elementos, con el objetivo de favorecer la comunicación de estas infraestructuras de transporte entre sí y con otras infraestructuras adyacentes.

Debido a la cantidad de datos asociados a las infraestructuras y los servicios de transporte existentes, se han generado un elevado número de estándares abiertos<sup>11</sup> de referencia, cuyo objetivo común es garantizar la compatibilidad de información y herramientas existentes en el sector. Entre los que se encuentran, en el ámbito nacional, los estándares para las **estaciones inteligentes**<sup>12</sup> y estándares para la **gestión de los servicios básicos**<sup>13</sup> en las ciudades inteligentes, mientras que a nivel internacional están aún en elaboración los estándares para los **aeropuertos**<sup>14</sup> y **puertos**<sup>15</sup> inteligentes.

Con respecto a la estandarización de los protocolos de comunicación, los organismos públicos están trabajando activamente en la estandarización del intercambio de la información que se genera en el transporte. En ese sentido, destacan las siguientes iniciativas orientadas a definir ontologías y semánticas para facilitar la comunicación entre los activos existentes en el sector: iniciativas que definen ontologías para el uso del *IoT* (*Saref4city*), iniciativas que proporcionan un marco común para soportar el desarrollo de aplicaciones y servicios conectados (*oneM2M*), iniciativas orientadas a satisfacer las necesidades semánticas de las plataformas inteligentes (*NGSI\_LD*) e iniciativas aplicadas a los modelos de intercambio de datos de los sistemas de transporte (*DATEX II*, *Network Timetable Exchange -NETex-*, *Aeronautical Information Exchange Model -AIXM-*, *Weather Information Exchange model -WXXM-*), entre otros.

### 3.1.2 Tecnologías

La tecnología es hoy en día un recurso transversal para la correcta implantación y gestión de los servicios públicos. Los sistemas de transporte se ven impulsados alcanzar sus objetivos de sostenibilidad con la ayuda, entre otras cosas, del despliegue tecnológico, la planificación urbana y las intervenciones políticas, adaptadas en función a las necesidades que demanda la sociedad.

Para abordar los diversos retos tecnológicos que afronta el sector del transporte como el procesado de grandes volúmenes de información, la gestión del tráfico, disposición de la información en tiempo real, generación de rutas dinámicas, conducción y navegación autónoma, entre otros; existen numerosas tecnologías originadas bajo

<sup>11</sup> Estándares abiertos" son estándares puestos a disposición del público en general y son desarrollados (o aprobados) y se mantienen a través de un proceso impulsado por la colaboración y el consenso. "Estándares abiertos" facilita la interoperabilidad y el intercambio de datos entre los diferentes productos o servicios y están destinados para la adopción generalizada. <https://www.itu.int/en/ITU-T/ipr/Pages/open.aspx>

<sup>12</sup> UNE 178109:2018 "Ciudades Inteligentes. Estación inteligente y conexión con la plataforma de ciudad inteligente"

<sup>13</sup> UNE 178402:2015 "Ciudades Inteligentes. Gestión de servicios básicos y suministro de agua y energía eléctrica en puertos inteligentes"

<sup>14</sup> Documento en estudio, aún en proceso de definición: Y.SmartAirport. "Services and high-level requirements of smart airports for interaction with external platforms"

<sup>15</sup> Documento en estudio, aún en proceso de definición: Y.Smartport "Requirements of Smart Management of supply services in Smart Port"

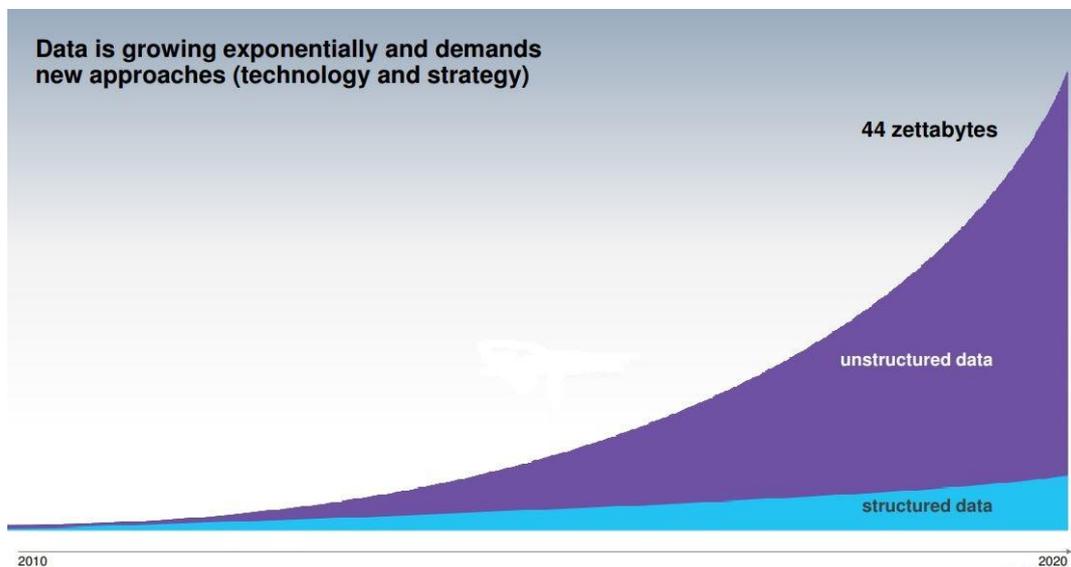
el paraguas de la transformación digital, que facilitan la renovación de los procesos y servicios implicados en el sector.

A continuación, se incluyen las tecnologías que se han considerado más relevantes o que son mayoritariamente empleadas en el ámbito del transporte y la movilidad.

### 3.1.2.1 Big data

Se conoce como *big data* a la capacidad analítica en tiempo real de grandes volúmenes de datos, que permite incrementar la riqueza de la información y el conocimiento que proporcionan estos datos<sup>16</sup>. Es una realidad que los datos que se generan en la sociedad aumentan su volumen de forma muy acelerada, así como también la variedad de sus formatos (estructurados y no estructurados); lo que ha inducido al desarrollo de nuevas herramientas y tecnologías que permitan generar inteligencia a partir de la información que se está almacenando.

**Gráfico 2. Evolución prevista del volumen de datos en el periodo 2010 – 2020**



Fuente: IBM Global Technology Outlook

Estas técnicas que analizan gran cantidad de volumen de datos están siendo utilizadas para tomar mejores decisiones y ayudar a definir estrategias más adecuadas en diversos sectores de la sociedad. En el sector transporte, por ejemplo, las Administraciones competentes podrían obtener beneficios del uso del *big data* para tomar sus decisiones; retos como la reducción y optimización de los tiempos de transporte, la disminución del impacto ambiental, la planificación de rutas inteligentes, congestión de tráfico, entre otros; están siendo gestionadas a través del *big data*, pudiendo esta tecnología contribuir a abordarlos con mayor precisión. Un ejemplo es el caso de la ciudad de Los Ángeles (California) donde la sincronización de los semáforos con el nivel de tráfico se utiliza para mejorar la circulación y disminuir los atascos; por otro lado, España utiliza técnicas de *big data* como herramienta estratégica para la gestión de activos y previsión de la demanda en autopistas y aeropuertos. Esta tecnología se utiliza también para la gestión inteligente de los aparcamientos, análisis de flujo de desplazamientos de la red de transporte público, predicción de escenarios, mejora en la eficiencia de las operaciones portuarias, construcciones de aeropuertos inteligentes, entre otros.

<sup>16</sup> IBM, 2014.

### 3.1.2.2 BIM (Building Information Modeling o Modelado de Información para la Edificación)

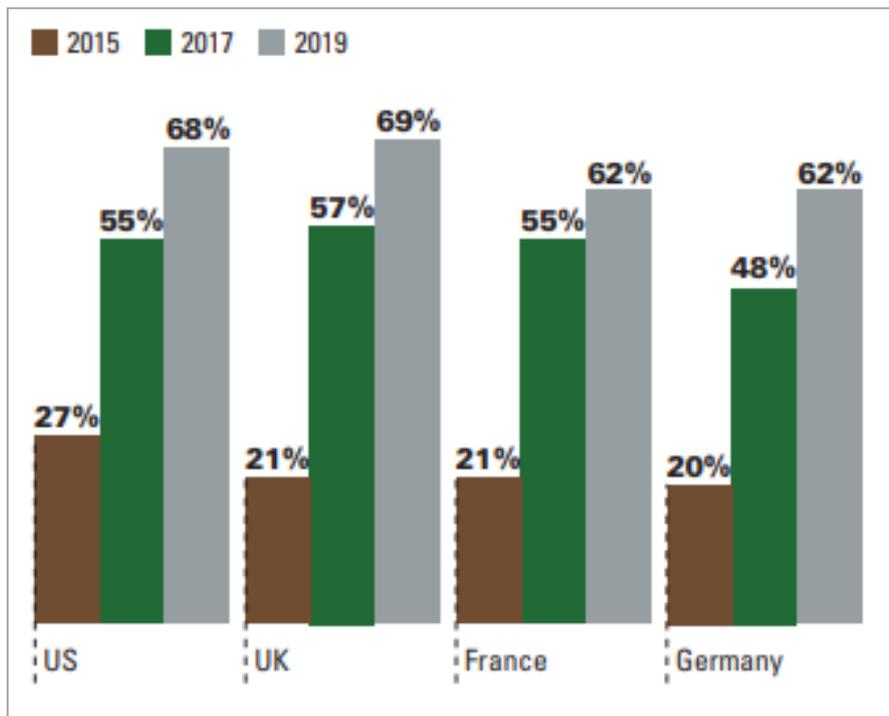
Es una metodología de trabajo relativamente nueva basada en la digitalización y la colaboración entre agentes a lo largo de todo el ciclo de vida de una edificación o infraestructura. La colaboración entre los numerosos agentes que forman parte de una edificación o de una infraestructura hace necesario establecer reglas relativas a cómo realizar la gestión de la información digital de los datos relativos a los proyectos de edificación e infraestructuras en todo su ciclo de vida.

La implantación de esta metodología, supone un cambio radical en la forma tradicional de trabajo en el sector de la construcción, al pasar a basarse en el trabajo colaborativo, y que conlleva importantes ahorros de coste.

Existen varias iniciativas a nivel mundial para el desarrollo y estandarización del BIM<sup>17</sup> que apoyan la evolución y el intercambio de los modelos de datos, dificultad principal que presenta esta tecnología en cuanto a procesos y protocolos de trabajo se refiere y que son obligatoriamente necesarios para poder gestionar la gran cantidad de información que se genera en un proyecto y la necesidad que se haga de manera colaborativa.

El uso de esta tecnología está directamente relacionado con el sector transporte. En particular, su grado de implementación en proyectos de infraestructuras de transporte ha experimentado un gran aumento en los últimos cuatro años. En países como Alemania, Francia, Reino Unido y EE. UU se introduce cada vez más en las infraestructuras de transporte. A continuación se muestran las cifras<sup>18</sup> de su crecimiento durante el período 2015-2019.

Gráfico 3. Uso de la tecnología BIM en infraestructuras de transporte



Fuente: Dodge Data & Analytics, 2017, SmartMarket Report

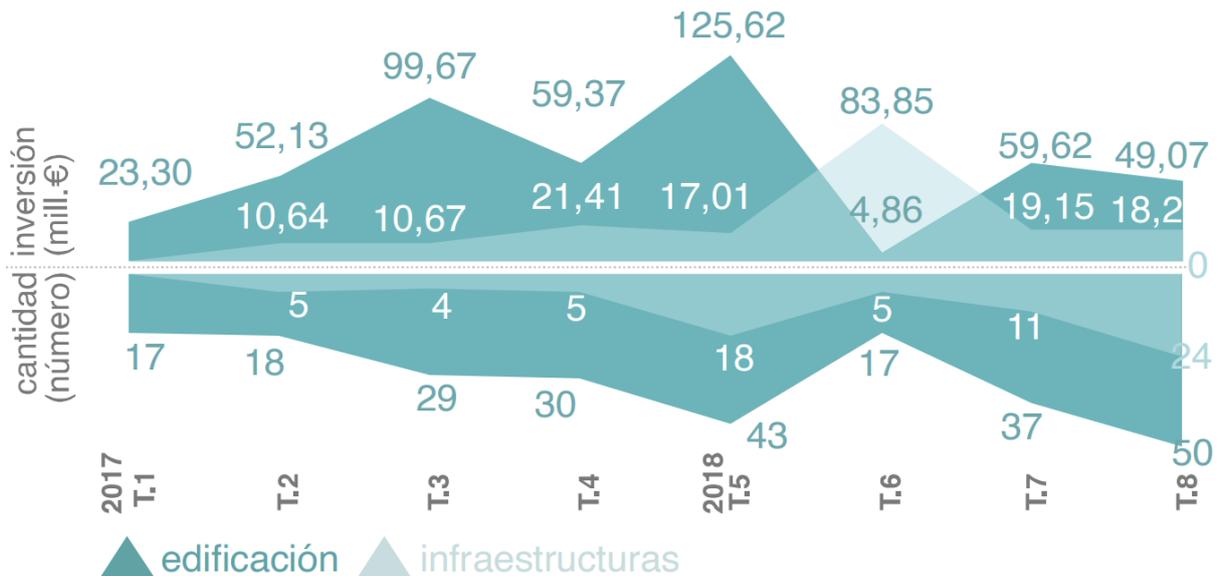
Este patrón de implementación refleja la evolución del BIM tanto en América del Norte como en Europa y es un indicador positivo del avance en el uso de esta metodología en las infraestructuras de transporte. Se

<sup>17</sup> Ej: Europa EU BIM taskGroup /España esBIM / América National BIM Standard NBIMS.

<sup>18</sup> Dodge Data & Analytics, 2017.

identificó un alto porcentaje de uso del BIM en proyectos de túneles, puentes, ferrocarriles y carreteras<sup>19</sup>, tanto en la planificación como en la gestión de la vida útil de la infraestructura; facilitando la toma de decisiones de diseño y la gestión basada en una mejor información. Por su parte el observatorio español del BIM<sup>20</sup> aplicado al sector público refleja también un notable aumento, alcanzando el número de 313 licitaciones públicas con algún requisito de tecnología BIM publicadas durante los años 2017 y 2018.

**Gráfico 4. Evolución trimestral de la inversión y número de licitaciones públicas con requisitos BIM según sector. Años 2017 y 2018.**



Fuente: Observatorio es.BIM

La tecnología BIM está generando su mayor valor añadido tanto en las etapas previas al diseño del proyecto (ingeniería conceptual), así como también durante la etapa de diseño (ingeniería básica). Experiencias de éxito como el programa de autopistas inteligentes de Reino Unido, proyectos aeroportuarios en EE. UU (Terminal C del aeropuerto internacional de Orlando -Florida- y el aeropuerto internacional de Denver -Colorado-) utilizaron BIM para resolver sus complejidades de diseño, logística de la construcción y necesidades de operaciones futuras y fueron analizadas para obtener los resultados que muestra el *SmartMarket Report*, como se observa en la siguiente figura.

<sup>19</sup> Dodge Data & Analytics, 2017, SmartMarket Report

<sup>20</sup> Observatorio es.BIM./ <https://www.esbim.es/>

**Tabla 1. Etapas del proyecto en la que el BIM proporciona mayor valor**

	US	UK	France	Germany
<b>Before Design Begins</b>				
Preplanning (US)/Brief (UK, France, Germany)	7%	0%	4%	2%
Pre-design (US)/Concept (UK, France, Germany)	15%	22%	10%	19%
<b>During Design</b>				
Design Development (US)/Developed Design (UK, France, Germany)	36%	49%	49%	44%
Construction Documentation (US Only)	11%			
<b>Bidding/Construction/Installation</b>				
Bid Letting (US)	1%			
Production (UK, France, Germany)		13%	20%	22%
Construction (US)/Installation (UK, France, Germany)	28%	7%	3%	13%
<b>Post-Construction</b>				
Project Closeout (US)/As Constructed (UK, France, Germany)	0%	7%	12%	0%
Maintenance (US)/Use (UK, France, Germany)	0%	2%	1%	0%

Fuente: Dodge Data & Analytics, 2017, SmartMarket Report

En términos de regulación, el Parlamento Europeo emitió una directiva<sup>21</sup> (enero de 2014) para impulsar el uso de la metodología BIM en las empresas europeas de los Estados Miembros de la Unión en proyectos financiados con fondos públicos. En este sentido, Alemania ha puesto en marcha una serie de proyectos pilotos para probar el potencial del BIM con el objetivo de usar esta tecnología en todos sus nuevos proyectos que se iniciarán a partir del año 2020. Francia por su parte, utiliza también esta tecnología en los 200 nuevos km en la extensión de la red del metro de París. Casos de éxito como el uso del BIM en el Aeropuerto de El Prat en Barcelona y en el aeropuerto Adolfo Suárez Madrid-Barajas (prueba piloto en la terminal T3) son algunos de los ejemplos de aplicación que actualmente se le está dando a esta tecnología en el sector transporte.

### 3.1.2.3 Blockchain

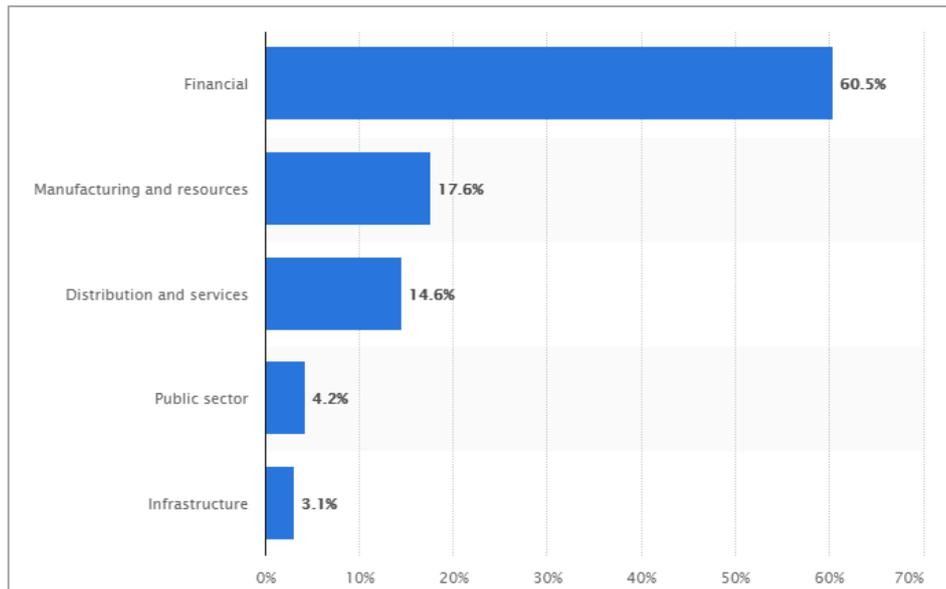
El *blockchain* es una tecnología basada en cadenas de bloques o registro de información, que permite compartir datos a través de un registro distribuido, descentralizado y sincronizado, en lugar de una base de datos tradicional<sup>22</sup>. La criptografía es un elemento esencial en la tecnología *blockchain*, donde la información se comparte de forma encriptada<sup>23</sup>. El uso de criptografía garantiza la seguridad e integridad de la información. Esta tecnología no permite deshacer o reescribir lo registrado, y toda la información visible para cualquier participante de la red (si es pública), lo que garantiza la transparencia.

Esta tecnología se utiliza para el tratamiento de operaciones, en su mayoría para gestionar transacciones financieras, sin embargo, tiene otros modelos de implementación. Por ejemplo, para el sellado de documentos y protección de alteraciones (*Smart Contract Blockchains*), que facilitan un mayor cumplimiento de normativas y la capacidad de determinar el estado del sistema en cualquier momento.

<sup>21</sup> Directiva 2014/24/UE del Parlamento europeo y del Consejo, artículo 22 y 64.

<sup>22</sup> <https://bitcoin.org/es/>

<sup>23</sup> Encriptar: preparar un archivo o mensaje para que solo se pueda interpretar si se dispone de su contraseña.

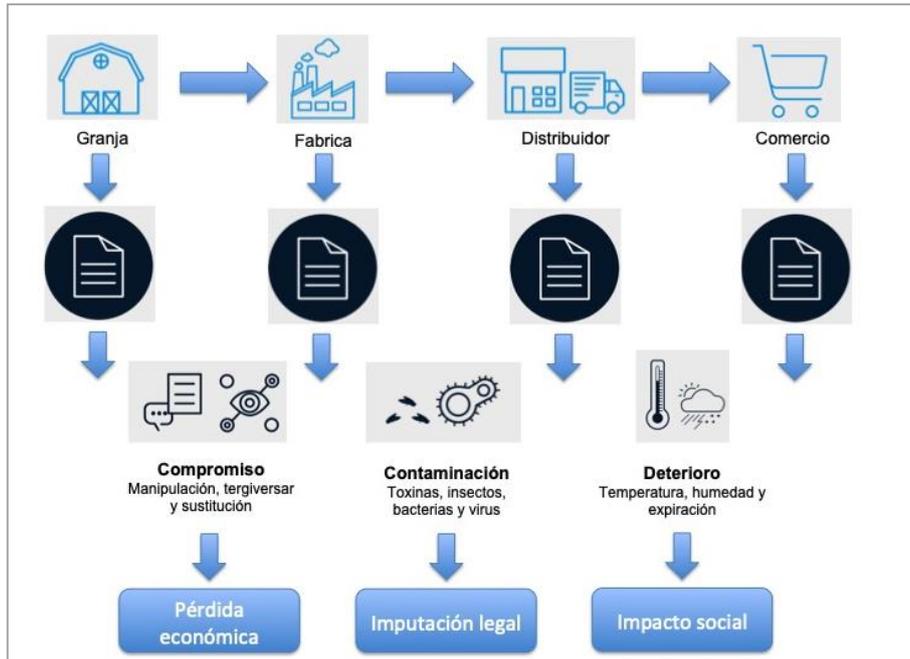
**Gráfico 5. Uso de la tecnología blockchain por sector a nivel mundial en 2018**

Fuente: IDC Worldwide Blockchain Spending Guide 2017.

De acuerdo con el gráfico anterior, la tecnología *blockchain* está siendo mayormente utilizada en el sector financiero y en un porcentaje muy reducido en el sector público e infraestructuras, sin embargo, se ha identificado que puede ser aplicada al sector transporte generando importantes beneficios. Por ejemplo, en el caso de puertos puede aportar mayor rendimiento en la cadena de suministros y mejorar la gestión del servicio, reduciendo notablemente los costes y riesgos de operaciones portuarias, como en el caso del seguimiento de los contenedores desde su carga. En cuanto a los vehículos eléctricos, puede jugar un papel relevante tanto en la movilidad como en la energía a través de los "Smart Contracts" o contratos inteligentes, que permiten gestionar los recorridos de última milla. Asimismo, puede ser utilizada en el futuro en la navegación de los buques autónomos o controlados remotamente

En términos generales, el *blockchain* puede ser de utilidad en el transporte facilitando transacciones de pago sin bancos intermediarios, acelerando el manejo logístico al disminuir el papeleo y la coordinación necesaria entre las partes implicadas, facilitando el uso de contratos inteligentes y colaborando con la implementación de nuevos modelos de negocio dentro del concepto de "producto como servicio". A continuación, un ejemplo práctico de aplicación de la tecnología *blockchain* al transporte de mercancías por carretera en su modelo de implementación de *Smart Contract*.

Figura 3. Ejemplo de aplicación de tecnología *blockchain* en una cadena de distribución terrestre



Fuente: Escuela de negocios de la innovación, España

#### 3.1.2.4 Inteligencia Artificial (IA)

Esta tecnología está compuesta por sistemas de inteligencia autónomos que mecanizan la toma de decisiones sin la intervención humana<sup>24</sup>. En este proceso se combinan algoritmos con el propósito de crear máquinas capaces de tomar decisiones, resolver problemas, aprender, realizar tareas de forma similar como lo hacen las personas, emular el pensamiento lógico racional de los humanos e incluso imitar de manera racional el comportamiento humano.

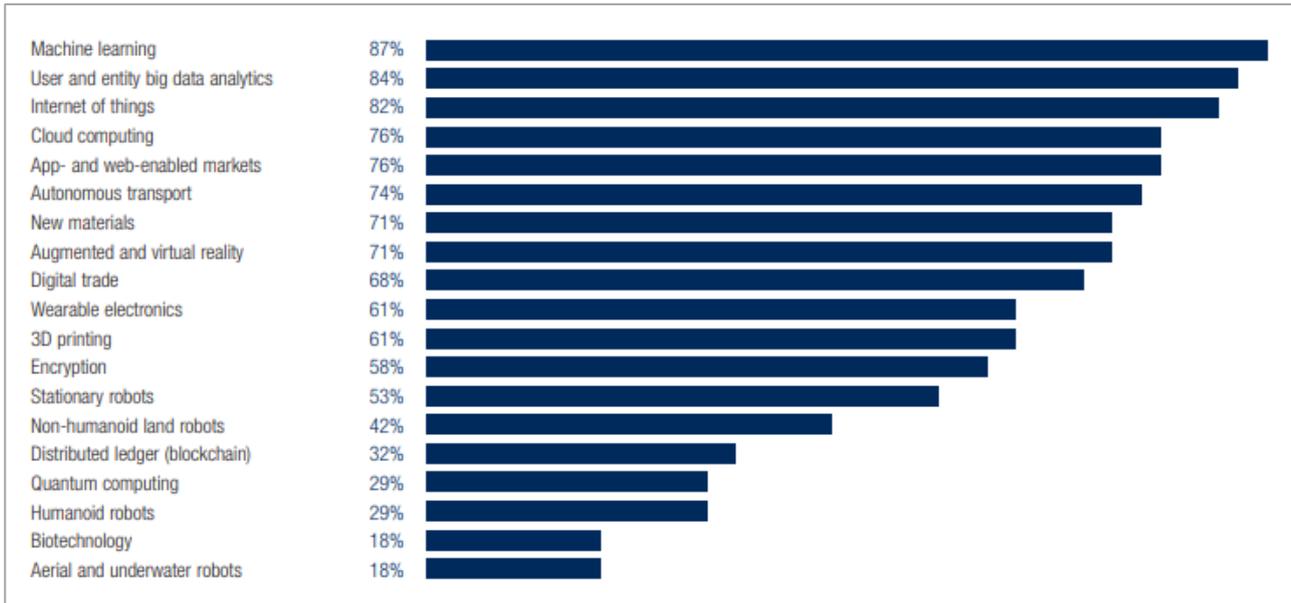
La IA puede ser aplicada a un amplio número de campos tanto para actividades del sector privado (finanzas, industria, telecomunicaciones, etc.) como para el sector público (medicina, transporte y logística, aviación, seguridad nacional, etc.), donde sea posible utilizar la ciencia de la computación para resolver los problemas.

En el sector transporte se han adoptado distintas tecnologías con el objetivo de prestar mejores servicios en todos sus ámbitos. El gráfico a continuación, muestra cómo la inteligencia artificial es una de las tecnologías que mayor aceptación tiene a través de la disciplina de *machine learning*<sup>25</sup>.

<sup>24</sup> <https://www.pwc.com/gx/en/sustainability/assets/ai-for-the-earth-jan-2018.pdf>

<sup>25</sup> Machine Learning es un sub-campo de la Inteligencia Artificial cuyo objetivo es el desarrollo de sistemas capaces de identificar tipos de patrones originados a partir de información no estructurada e implementar soluciones automáticamente.

**Gráfico 6. Adopción de tecnologías en el sector transporte**



Fuente: World Economic Forum, Insight Report 2018

La inteligencia artificial aplicado a los sistemas de transporte, está dando impulso por ejemplo a la optimización de los sistemas de gestión de transporte y logística (definiendo rutas y horarios inteligentes), permitiendo una previsión cada vez más cercana al corto plazo. Además, esta tecnología acelera la transformación del transporte, pudiendo incrementar su seguridad y eficiencia, como en el caso del vehículo o el buque autónomo. En términos de carreteras la IA ayuda a analizar los datos, prevenir accidentes, detectar riesgos, etc.; en cuanto a la ingeniería de tráfico facilita la planificación, detección de incidencias, análisis de los modelos de tráfico, determinación de los usos del suelo, monitoreo del tráfico, etc.

En el proceso de digitalización del transporte este tipo de tecnologías ayudan a una rápida adaptación al entorno competitivo que se está experimentando debido a la necesidad de transformación de la experiencia del cliente, la necesidad de transformación de los procesos operativos y la necesidad de transformación del modelo de negocio.

### 3.2 La transformación digital en el transporte

Para el desarrollo de los distintos servicios o tendencias que se describen en el presente apartado, ha sido necesario seguir el proceso de digitalización. Dicho proceso consiste en pasar desde un conjunto de datos en bruto a un conocimiento específico sobre la materia concreta, para lo cual habitualmente se sigue el proceso que se resume en la siguiente figura.

Figura 4. Proceso de digitalización



Fuente: Elaboración propia del OMLE

Este proceso ha desembocado en numerosos servicios y tendencias en el campo del transporte y la logística, recogiendo en este epígrafe aquellos desarrollos que se considera que su puesta en servicio va a tener un mayor impacto y relevancia. Dicho impacto se evalúa tanto en términos de ventajas o beneficios para los usuarios del transporte y la sociedad en su conjunto, como en términos de su contribución a alcanzar los objetivos del transporte previamente comentados.

Por lo tanto, a la hora de desarrollar cada una de las tendencias y servicios identificados, se ha seguido el siguiente esquema:

- Se comienza realizando una **descripción técnica** de cada tendencia, indicando las tecnologías que le son aplicables y lo que se persigue mediante su aplicación.
- Para finalizar arrojando algunos ejemplos de **experiencias y casos de éxito** tanto en el ámbito nacional como en el internacional.

A la hora de analizar cada una de las tendencias o servicios, los mismos se han ido ordenando de acuerdo a las fases o ámbitos de transporte sobre los que su aplicación es más directa, entendiendo por fases o ámbitos los siguientes:

- Planificación de infraestructuras y servicios de transporte.
- Provisión de infraestructuras.
- Prestación de servicios.
- Control y supervisión de infraestructuras y servicios de transporte.

Conviene precisar que muchas de las tendencias aplican sobre varios de estos ámbitos, por lo que su asignación no resulta evidente ni exclusiva en la mayoría de los casos. A este respecto, en el epígrafe 3.2.11 se incluye un resumen con las principales características de todas las tendencias analizadas donde se precisa de una forma más visual los ámbitos o fases del transporte donde cada tendencia incide.

A continuación, se detallan las tendencias identificadas siguiendo el esquema anterior para cada una de ellas.

### 3.2.1 Explotación analítica y predictiva de los datos y de los patrones de movilidad en la planificación y gestión del transporte

La movilidad es un fenómeno complejo y dinámico que requiere una aproximación multidisciplinar para su estudio ya que un sistema de transporte conjunto implica a numerosos actores como son los usuarios, los proveedores de servicios, las infraestructuras o las administraciones. El objetivo final de un sistema de transporte conjunto en el que intervienen la intermodalidad y multimodalidad es el de permitir al usuario trasladarse con facilidad desde un punto A hasta otro punto B utilizando varios medios de transporte, sin interrupción ni barreras que pongan obstáculos a la fluidez y la experiencia del usuario, y minimizando riesgos tanto para el viajero como para la mercancía trasladada. Los denominados servicios "puerta a puerta", como se detalla en el epígrafe 3.2.6, son una tendencia creciente en el transporte de viajeros y mercancías, donde la emisión de billetes combinados es cada vez más común entre las operadoras, y el creciente mercado del e-commerce impactan en la competitividad de las empresas al tener estas que encontrar métodos de entrega rápidos y eficientes que eviten tanto al remitente como al destinatario el desplazamiento para entregar o recoger la mercancía.

En este contexto la explotación analítica y predictiva de los patrones de movilidad, y en general de los datos generados por los usuarios y por la propia red de transportes, se han convertido en herramientas muy útiles a la hora de dar servicio al usuario y la a la propia red, mejorando al mismo tiempo los procesos de planificación del transporte, la interoperabilidad y la eficiencia y competitividad del sistema en su totalidad.

El análisis de patrones de movilidad nos permite obtener información sobre el comportamiento espacial de los usuarios de una red de transportes. El entendimiento de estos patrones es fundamental para que los gestores puedan definir cuál es la estrategia más apropiada a adoptar de cara a poder alcanzar los objetivos fijados para el sistema de transporte. Información sobre el número de trayectos que realizan, el origen y destino de los viajes, el propósito de los mismos, los modos de transporte y/o las rutas escogidas o el perfil socioeconómico de los viajeros son datos esenciales para la realización de cualquier estudio de la movilidad.

Las técnicas tradicionales de obtención de estos patrones, consistentes en matrices de Origen-Destino y encuestas de uso, permiten obtener información detallada sobre los patrones de movilidad de las personas e información sobre sus características socio-demográficas. Sin embargo, presentan también ciertas carencias prácticas importantes, como:

- Dilatación en los tiempos. Dependiendo de la tipología de la encuesta que sea necesaria para ejecución de un trabajo, los tiempos de recogida y sobre todo de procesado de la información pueden variar desde unas pocas semanas hasta meses o años. En muchas ocasiones esto dilata los plazos de ejecución de los proyectos.
- Precisión y/o veracidad de las respuestas: El uso de encuestas para la obtención de la información detallada obliga a asumir sesgos y errores en la información por el simple hecho de que el encuestado a veces no recuerda con precisión la misma, o es reacio a contestar con total veracidad para preservar su privacidad o reducir el tiempo de contestación del cuestionario. La falta de detalle o veracidad en la localización de los puntos intermedios de un trayecto y los tiempos de este, son carencias habituales con el uso de estas técnicas.

Estas limitaciones prácticas tienen como consecuencia que en muchas ocasiones sea complicada la actualización de la información de movilidad con la periodicidad deseada. Además, los sistemas tradicionales de recolección, almacenamiento, análisis y explotación de la información dificultan el manejo de grandes volúmenes de datos y obligan a trabajar con muestras a veces poco representativas, lo que limita el potencial analítico de los datos y la aplicación práctica de este análisis.

Ante esta realidad, las nuevas fuentes de datos asociadas al exponencial aumento del número y tipo de dispositivos móviles y sensores instalados en nuestro entorno, han abierto la puerta a nuevas técnicas para



obtención de patrones de movilidad. La popularización de los dispositivos inteligentes (teléfonos móviles, *tablets*, *smart watches*, pulseras de actividad, tarjetas inteligentes, etc.), la integración de la tecnología GPS o los sistemas de reconocimiento de imágenes, dan pie ahora a la recogida masiva de datos geo-localizados que, tras un adecuado análisis, permiten la obtención de información relevante sobre los patrones de actividad y movilidad de manera anónima y agregada. La recopilación de datos complejos requiere de herramientas igualmente complejas, y en ese sentido la continua evolución de los dispositivos inteligentes y de los sensores que alimentan el *Internet of Things* han permitido que el volumen de la información disponible sea cada vez mayor y de mejor calidad.

Por ejemplo, actualmente un *smartphone* dispone de sensores para informar de dónde estamos (GPS), lo rápido que nos movemos (acelerómetro) o incluso de que presión atmosférica tenemos en nuestro entorno (barómetro), y una simple tarjeta inteligente de transporte, además de información sobre la localización y hora a la cual un usuario accede al servicio de transporte, también nos informa de la línea o estación a la cual accede o el modo de transporte elegido. El dato se recoge de manera pasiva y objetiva, sin que haya necesidad de intervención por parte del usuario y sin que este realice ningún juicio de valor.

Las limitaciones en cuanto al detalle y veracidad de los trayectos, tiempos o recurrencia, con estas nuevas técnicas se reducen considerablemente, dando paso a otra problemática que es la del almacenamiento eficiente de la ingente cantidad de información disponible. En este sentido la tecnología punta actual relacionada con el *big data* permite almacenar información de diferentes bases de datos en ubicaciones distribuidas y conectadas por redes. La llamada informática distribuida ha permitido almacenar la información de muy diferentes fuentes en distintos servidores y conectarla a través de herramientas que gestionan el almacenamiento compartiendo recursos de manera rentable, fiable y adaptable. Ahora los recursos físicos (hardware) y virtuales (software) se pueden compartir y están disponibles para cualquiera y en cualquier momento, incluso para aquellos con presupuestos bajos y soportes informáticos limitados.

Los avances en la forma que podemos analizar los datos, véase en los algoritmos que actualmente nos permiten encontrar patrones, reconocer imágenes, entender textos y que incluso analizan significado y emociones (por ejemplo, podemos saber si una opinión es positiva o negativa), cada día son mayores y permiten comprender mejor cualquier sistema, aumentando considerablemente el potencial analítico de todo lo que pasa dentro y a alrededor de un sistema de transporte conjunto.

El uso del *big data* permite además la utilización de técnicas predictivas como el *machine learning* o la inteligencia artificial que ayudan a mejorar los procesos de planificación y explotación, potenciando además la aparición de nuevas aplicaciones prácticas. Previsiones de demanda en tiempo real, hábitos de uso del sistema presentes y futuro, análisis de perfiles de usuario o predicción de incidencias, son algunos de las aplicaciones que estas técnicas predictivas han permitido implementar.

En definitiva, las nuevas técnicas de obtención de patrones de movilidad asociadas a la captación de información, almacenamiento, análisis y predicción de acontecimientos, están permitiendo el uso de soluciones nuevas que contribuyen a disminuir las problemáticas de precisión y veracidad, y que ofrecen servicios en tiempo real a los usuarios y a los propios gestores del sistema de transporte, lo que permite también mitigar parte de la problemática asociada a dilatación en los tiempos.

Gracias a estas nuevas técnicas, los objetivos alrededor del análisis de patrones de movilidad son ahora más ambiciosos, y se centran en dar respuesta a la demanda creciente de numerosos servicios asociados al transporte, como los servicios "puerta a puerta" anteriormente citados. Cada vez más servicios de transporte pretenden aprovechar el potencial de estas técnicas, y dar un uso práctico en tiempo real a los datos disponibles, ya sean servicios orientados al usuario o servicios para la gestión y planificación del propio sistema. Los patrones y los datos asociados a estos, ya no solo sirven para la toma de decisiones a medio y largo plazo (campo en que las nuevas técnicas han permitido también una gran mejora y abrir nuevas líneas de actuación), sino que el abanico de posibilidades que ofrece la toma de decisiones en tiempo real, permite la creación de servicios personalizados al usuario, que le proporcionen soluciones eficientes en función de las diversas

condiciones de contorno (situación de origen y destino, hora del día, condiciones meteorológicas, incidencias en el propio sistema, etc...).

Para entender un poco mejor la aplicación práctica de la digitalización asociada a la explotación de los patrones de movilidad, a continuación, vamos a ver un **ejemplo de caso de éxito y otro de proyecto prometedor aún en desarrollo**:

- **Transport for London.** El organismo de gobierno local "Transport for London" (TfL) monitoriza una red de autobuses, trenes, taxis, carreteras, bicis de alquiler, carriles bici, aceras e incluso ferris que utilizan millones de personas al año en una de las mayores ciudades del mundo. TfL es capaz de analizar datos de 1.400 millones de pasajeros anuales para dar servicio a una red de aproximadamente 400 km.

Teniendo esto en cuenta, TfL tiene dos prioridades a la hora de analizar y recoger los datos que le ofrece su red gracias a la digitalización y el uso del Big Data: planificar los servicios y devolver información a los usuarios.

La introducción en 2003 de un sistema de pago con tarjetas inteligentes (Oyster) ha permitido recoger una ingente cantidad de datos sobre los trayectos específicos que se realizan en su red. Los usuarios recargan sus tarjetas o compran un abono de temporada y acceden a los servicios de la red o, desde 2014, hacen uso de sistemas de pago *contactless* ahorrándose realizar trámites previos. Esto produce decenas de millones de validaciones al día que arrojan al sistema datos anónimos que se utilizan para comprender cuándo y dónde viaja la gente.

TfL busca patrones en estos datos para comprender qué tipos de personas usan la red, cuándo viajan, hacia dónde van y qué modo de transporte están utilizando. Luego haciendo uso de ese conocimiento les capacita para modificar la cantidad de autobuses, trenes o bicicletas que actúan en una zona concreta, colocar una estación o parada más cerca de los puntos críticos de tránsito, y en definitiva diseñar su red para que beneficie a los usuarios del transporte en sus desplazamientos.

Además, de cara a ofrecer información a los usuarios, TfL usa nuevas tecnologías asociadas al Big Data para dar respuesta inmediata a cualquier tipo de alteración. Por ejemplo, cuando ocurre algo inesperado como una avería en la red, el organismo puede medir cuántas personas sufren retrasos y cuántas pueden solicitar un reembolso. Si la demora es superior a 15 minutos por una razón dentro del control de TfL, los clientes pueden solicitar en ese mismo momento un reembolso por demora en el servicio. TfL luego analiza los datos en la ruta para evaluar la validez del reclamo. Además, TfL al conocer cuándo un cliente utiliza de forma frecuente una ruta puede incluir en su información personal alertas sobre cambios en el servicio en una estación de uso frecuente o sobre incidencias que están ocurriendo o van a ocurrir en su trayecto habitual.

Adicionalmente a estas aplicaciones prácticas ya implantadas, TfL sigue investigando otras mediante el análisis de patrones de movilidad. En diciembre de 2017, TfL completó una prueba piloto en la que utilizaba datos Wi-Fi despersonalizados para comprender cómo las personas se mueven dentro de una estación de metro. Los resultados mostraron cómo los corredores se vaciaban y ocupaban en función de las horas y de la llegada y salida de trenes, y cuáles eran los caminos que los pasajeros tomaban entre los diferentes puntos de la estación. Este estudio puede ayudarles a optimizar el diseño futuro de las estaciones y comprender cómo de lleno o vacío puede estar un tren en un momento concreto, y cuál es la mejor ruta que un pasajero podría tomar para encontrarlo.

Desde la implantación del uso de las nuevas técnicas de análisis de patrones de movilidad, TfL ha podido reducir el impacto de agentes externos como el mal tiempo en el funcionamiento de su red de transportes, construir intercambiadores que den respuesta a las necesidades de sus usuarios como el del Putney Brigde y ha podido constatar el impacto positivo que el servicio personalizado ha tenido sobre sus usuarios.

- **Proyecto piloto 'Smart Passenger Flow Pilot'**. La empresa española Indra, al frente de un consorcio de empresas compuesto por AIA (Aeropuerto Internacional de Atenas), la aerolínea AEGEAN y la firma de consultoría Airport Gurus, lidera este proyecto que pretende analizar y entender el flujo de pasajeros dentro de los aeropuertos mediante el uso de *big data*. Este proyecto piloto se enmarca dentro del proyecto "Transforming Transport", y es una de las iniciativas más importantes impulsadas por la Comisión Europea en el marco del programa de apoyo a la I+D Horizonte 2020.

Por los aeropuertos de todo el mundo pasan a diario millones de personas. En el año 2018, sólo por los aeropuertos de Aena en España transitaron cerca de 264 millones de pasajeros. El rastro de datos que estos pasajeros dejan al interactuar con la red es de enorme valor para los gestores de estas infraestructuras, y gracias a las nuevas tecnologías ahora puede recopilarse y almacenarse de forma eficiente.

Las aplicaciones prácticas que toda esta información puede generar son innumerables. Tantas que, en solo 6 meses de programa, el consorcio pudo presentar frente a representantes de la Comisión Europea un modelo descriptivo de los movimientos de los pasajeros con el que se pudieron demostrar conclusiones tales como que los viajeros de *business* siempre llegan con la misma antelación y que los de clase turista varían su tiempo de llegada en función de la hora del día y del destino. También pudieron calcular el porcentaje de pasajeros que no abandonan el aeropuerto cuando realizan escalas de varias horas.

En una siguiente fase del proyecto, el sistema pretende mejorar la capacidad para realizar estimaciones relacionadas con posibles retrasos que pueden producirse debido a pasajeros que llegan tarde a su puerta por tiempos ajustados de embarque, los viajeros que podrían perder una conexión concreta con otro vuelo o los recursos necesarios para atender la llegada de pasajeros en las zonas de seguridad. También adelantaría a los establecimientos comerciales el perfil de pasajero que llegaría en los vuelos, y daría información sobre sus gustos y necesidades.

El análisis espacial de cómo utiliza cada viajero una terminal de aeropuerto, sus preferencias, motivaciones y comportamiento en función de las horas de salida de su vuelo, su destino y otros factores permitiría elaborar modelos analíticos y predictivos que ayuden a la gestión del propio aeropuerto, a una mejor experiencia del pasajero y a detectar nuevos nichos de negocio que contribuyan al desarrollo económico del propio aeropuerto, y en consecuencia al desarrollo y económico y social de la ciudad donde se ubique.

### 3.2.2 Digitalización del transporte de mercancías: e-freight y trazabilidad de las mercancías

Históricamente el transporte de mercancías ha requerido de multitud de trámites administrativos, especialmente relacionada con el comercio internacional (aduanas, inspecciones, etc.), pero también en el ámbito nacional, siendo un claro ejemplo el transporte de mercancías peligrosas. Con objeto de reducir esta carga administrativa, desde los puertos se comenzaron a desarrollar soluciones de ventanilla única portuaria y *Port Community Systems* (PCS). Este tipo de desarrollos han permitido mejorar la fluidez en el paso de las mercancías por las instalaciones de los puertos, permitiendo en muchos casos una correcta y fluida interacción entre el lado marítimo y el lado terrestre.

En consecuencia, al ser los puertos los grandes nodos de generación y atracción de cargas, en este tipo de desarrollo han sido pioneros a la hora de coordinar, de una forma fluida, armonizada y objetiva, el transporte marítimo con el terrestre (carretera y ferrocarril), por ejemplo mediante la coordinación de la expedición y recepción de las mercancías en el puerto con los modos terrestres (procedimientos de cita previa).

Sin embargo, este tipo de soluciones en ocasiones han sido desarrolladas por las propias terminales o puertos sin tener en cuenta a otras terminales o puertos del territorio, lo que ha producido cierta falta de interrelación.

Adicionalmente, este proceso de digitalización no ha seguido el mismo grado de desarrollo e intensidad en el resto de modos de transporte. Esto conlleva que cada parte de la cadena logística tenga sus propios desarrollos y además con un distinto grado de avance, lo que produce que el transporte de mercancías no pueda ser tratado como un sistema global, sino como una mera superposición de modos.

Este hecho se explica en parte por las diferencias entre los distintos modos. A modo de ejemplo, en el transporte marítimo, en parte por su concepción más global, existe una gran concentración de empresas de muy importante tamaño y consecuentemente con mayores recursos para la innovación y el desarrollo. En este sentido, las grandes compañías navieras tienen en marcha una serie de desarrollos empleando la tecnología *blockchain*, como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 2. Desarrollos emprendidos por empresas navieras con base en la tecnología *blockchain***

Empresas participantes	Aplicación de la tecnología <i>blockchain</i>
PIL, PSA & IBM	Memorándum de entendimiento para probar la tecnología <i>blockchain</i> en los negocios relacionados con la cadena logística y los mercados financieros.
MOL, NYK, K-Line y 11 compañías navieras japonesas	Consorcio para desarrollar una plataforma compartida de datos de comercio exterior basado en la tecnología <i>blockchain</i>
EY, Guardtime con MAERSK y otros cinco socios	Plataforma <i>blockchain</i> para los seguros en la industria marítima
HMM & Samsung SDS	Prueba piloto para una plataforma que permita compartir datos encriptados en los envíos de mercancías.
MAERSK & IBM	Aplicación basada en la tecnología <i>blockchain</i> que digitalice todos los procesos asociados al comercio y transporte global de mercancías con el objetivo de disminuir la carga administrativa y el uso del papel.

Fuente: Elaboración propia del OMLE con datos de Alphaliner

Asimismo, se está realizando, por parte de gobiernos y sociedades de clasificación que actúan en nombre de estos, la digitalización de los certificados técnicos de los buques para permitir –por parte de los Estados del puerto- una más rápida comprobación del cumplimiento por parte de estos de los convenios internacionales en materia de seguridad marítima y prevención de la contaminación.

Estos desarrollos en el transporte marítimo contrastan con el transporte por carretera. Probablemente como consecuencia de esa concepción más local, es un sector mucho más atomizado y, a priori, con menos capacidad innovadora.

Esta coyuntura, hace que la interrelación entre los distintos modos deba abordarse con intensidad ahora, antes de que cada uno tome un camino y la integración posterior resulte más complicada. Previendo este desarrollo, desde la Comisión Europea se creó en 2015 el *Digital Transport & Logistic Forum* (DTLF) que es un grupo de expertos que reúne a representantes del transporte y la logística, tanto del sector privado como del público. Su objetivo es construir una visión común y una hoja de ruta para el transporte y la logística digital en la UE, contribuyendo a la identificación de las necesidades a superar mediante el desarrollo e implantación de las acciones y acciones necesarias en el ámbito de la UE.

En el primer mandato de la Comisión al DTLF, que concluyó en 2018, profundizaba sobre el conocimiento de dos campos:

- Fomentar del uso de documentos de transporte electrónicos.
- Desarrollar sistemas de información digital interoperables para optimizar los flujos de carga a lo largo de los corredores de transporte.



Los resultados de este primer mandato han permitido a la Comisión, a través de las recomendaciones del DTLF, el desarrollar la propuesta de reglamento sobre la información electrónica en el transporte de mercancías (ver epígrafe 5.2). Esta propuesta, que establece el marco para la comunicación electrónica de formalidades (*regulatory information*) relativas al transporte de mercancías en la Unión, es el primer paso lograr una integración total del sistema de transporte de mercancías.

Adicionalmente, el segundo mandato de la Comisión al DTLF, que tuvo lugar en septiembre de 2018, define los siguientes campos de actuación como prioritarios:

- Facilitar y fomentar la cooperación y coordinación entre la Comisión, los Estados miembros y las principales partes interesadas en la digitalización del transporte de mercancías.
- Proporcionar asesoramiento y experiencia técnica, para apoyar a la Comisión en la preparación, desarrollo e implementación de propuestas legislativas e iniciativas políticas.
- Intercambiar información, experiencias y buenas prácticas;
- Emitir opiniones e informes, así como desarrollar y proponer soluciones innovadoras a la Comisión.

De otra parte, en el transporte aéreo también se han producido avances en el tratamiento digital de las mercancías y más concretamente de los equipajes. Si bien este modo es el que menos volumen de mercancías transporte (en unidades físicas, ya que en unidades monetarias sí es un modo relevante), en el transporte de viajeros juega un papel esencial en el reparto modal, siendo la gestión de los equipajes un aspecto fundamental de la operativa aeroportuaria.

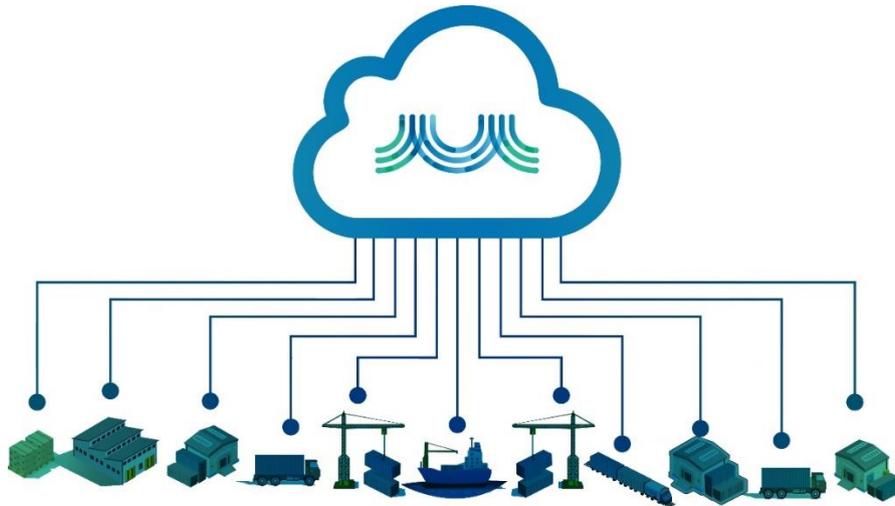
En este sentido, el desarrollo e implementación de los Sistemas Automáticos de Tratamiento de Equipajes (SATE) han supuesto un salto cuantitativo y cualitativo en la gestión de los equipajes y mercancías transportadas en el modo aéreo. Este tipo de sistemas han permitido mejorar la gestión (reduciendo el número pérdidas o extravíos) y la seguridad mediante la reconciliación entre pasajero y equipaje (una maleta no debe viajar en un avión si el pasajero no ha subido al mismo).

Además de las distintas aproximaciones que las compañías navieras están desarrollando y que se han enumerado con anterioridad, a continuación, se mencionan **dos ejemplos** que aportan una perspectiva más multimodal a la digitalización en el transporte de mercancías:

- El primero de ellos es la implantación de la **Ventanilla Única Logística (JUL por sus siglas en portugués)** en nuestro país vecino. El proyecto, gestionado por la Asociación de los Puertos de Portugal (APP), comenzó en febrero del 2018 con el objetivo de actualizar y extender la ventanilla única portuaria a toda la cadena logística del país, permitiendo la interconexión con los medios de transporte terrestres, con los puertos secos y con las plataformas logísticas en una lógica intermodal y multimodal.

La JUL se configura como un ecosistema digital, fomentando el desarrollo del negocio a lo largo de la totalidad de la cadena logística. A través de este ecosistema los actores de las redes logísticas y las autoridades compartirán información en tiempo real y alinearán sus procesos para asegurar el mayor nivel de sincronización de las operaciones, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 5. Esquema de una ventanilla única logística



Fuente: JUL

Para la implementación de este tipo de soluciones se requiere la participación de numerosos agentes, destacando los siguientes:

- Agentes públicos entre los que destacan autoridades portuarias, aduanas, inspecciones fronterizas, fuerzas y cuerpos de seguridad del estado, etc.
- Participantes de la comunidad portuaria (estibadores y operadores de terminales, navieras, transitarios, operadores logísticos, servicios asociados a los modos terrestres, consignatarios de mercancías y buques, agentes de aduanas, prestadores de servicios portuarios y al buque, etc.)
- Agentes involucrados en el transporte terrestre, como asociaciones y operadores de transporte por carretera, empresas de transporte ferroviario de mercancías y los administradores de la infraestructura.
- Empresas tecnológicas para el desarrollo que implementen este tipo de soluciones.

La implementación de la JUL permitirá conocer:

- Los flujos de mercancías en el interior del territorio nacional, poder obtener el hinterland de los respectivos puertos de forma sencilla.
- Disponer de los flujos de mercancías hacia el exterior.
- Armonizar los procesos en los puertos y terminales de mercancías potenciando las cadenas multimodales. Este permitirá agilizar los trámites de recepción y expedición de las mercancías con soluciones tecnológicas como aplicaciones móviles.

El proyecto comenzó en febrero de 2018 con una inversión asociada de 5,1 millones de euros y un plazo de 2 años hasta su total implementación.

- La **iniciativa DGAssistant (Dangerous Goods Assistant)**, desarrollada por empresas españolas en colaboración con la Universidad de Burgos, consiste en el desarrollo de un software que permite la gestión del transporte de mercancías peligrosas con un enfoque multimodal y global, esto es que permita la gestión de este tipo de mercancías ya sean transportadas nacional o internacionalmente e independientemente del modo o modos que se utilicen.

La complejidad de este tipo de soluciones radica en la necesidad de integrar las diferentes normativas existentes. A modo de ejemplo, en Europa, norte de África, Rusia y Turquía aplica la ADR, la 49CFR-

DOT para Estados Unidos, mientras que China cuenta con su propia normativa. Algo similar sucede con los distintos modos de transporte, dado que el transporte marítimo se rige por la IMO-IMDG, en contraste con el transporte aéreo que emplea la normativa IATA, ambos con una cobertura global.

Dado este complejo entorno, el software permite, mediante una interfaz sencilla que guía al usuario paso a paso, la creación de toda la documentación asociada al transporte de mercancías peligrosas cumpliendo con todos los requerimientos exigidos por cada una de las normas que apliquen. Actualmente, este desarrollo está siendo utilizado por empresas como Mercedes-Benz, Bridgestone, Airbus o Defence Science and Technology Laboratory, entre otras muchas que apuestan por el uso de esta herramienta para la gestión de la documentación necesaria para el transporte de mercancías.

Durante el 2019 está previsto que DGAssistant incorpore la normativa de transporte terrestre de EEUU, así como la normativa China, con objeto de tener una presencia global en el mercado.

### 3.2.3 Infraestructuras y territorios inteligentes

La operación y gestión del transporte y las infraestructuras en el entorno urbano siempre ha tenido una especial problemática. Existen numerosos ejemplos en los que se constata que una mayor coordinación entre los distintos participantes en la prestación de servicios y gestión de infraestructuras de transporte en las ciudades es necesario (en zonas portuarias incremento del tráfico de vehículos pesados, congestión, ruido, etc.)

Adicionalmente, de acuerdo con las previsiones de crecimiento de la población urbana de Naciones Unidas, se espera que en 2030 más del 60% de la población mundial vivirá en ciudades y en 2050 la población urbana podría representar dos terceras partes. Esto implicará un notable incremento de la demanda de recursos (agua, luz, gas, alimentos, tierra, etc.) y de servicios, entre los que destacan los relacionados con la movilidad, que suele llevar asociado también un incremento de consumo energético y emisiones de gases de invernadero.

Para poder dar respuesta a esta coyuntura, la adopción de soluciones de infraestructura inteligente resulta fundamental, entendiendo como tal la dotación de inteligencia en los elementos que componen las mismas a través del empleo de las actuales herramientas y metodologías tecnológicas para conseguir impulsar una gestión productiva, eficiente, sostenible y segura de las mismas. La gestión inteligente posibilitará mejorar las actividades que afectan a sus activos a lo largo de la vida útil de la misma, señalando entre los principales: planificación, inversión, detección de riesgos, operación, explotación, reparación y mantenimiento.

Para conseguir estos beneficios, que favorecerán tanto a los usuarios como a las administraciones y gestores de sistemas transporte, se necesitarán datos en tiempo real. El análisis de estos datos permitirá la toma de decisiones ya que se podrá tener una total visión del estado en el que se encuentran los elementos que componen la infraestructura, de la tendencia de comportamiento temporal necesaria para anticipar riesgos, planificaciones, etc. Se favorecerá la asignación proactiva de recursos humanos y económicos, el mantenimiento predictivo, conseguir datos fiables de calidad y rendimiento, apoyo en el cumplimiento regulatorio, etc. La integración de todos los datos que se recopilen junto con las interfaces necesarias que relacionen de forma sencilla y univoca los elementos se considera una base sobre la que cimentar este proceso.

Cabe señalar que la localización precisa será uno de los principales interfaces para interrelacionar las características y las propiedades de cada uno de los elementos entre ellos y a su vez con las actividades sobre las que quiere poner el foco de actuación. La actualización de las interfaces se considera también un punto muy importante porque una modificación en uno de sus elementos seguirá afectando a los otros, como por ejemplo una reparación necesaria en un elemento modificará el ciclo de mantenimiento previsto para ese elemento y sus interrelacionados antes de la reparación.

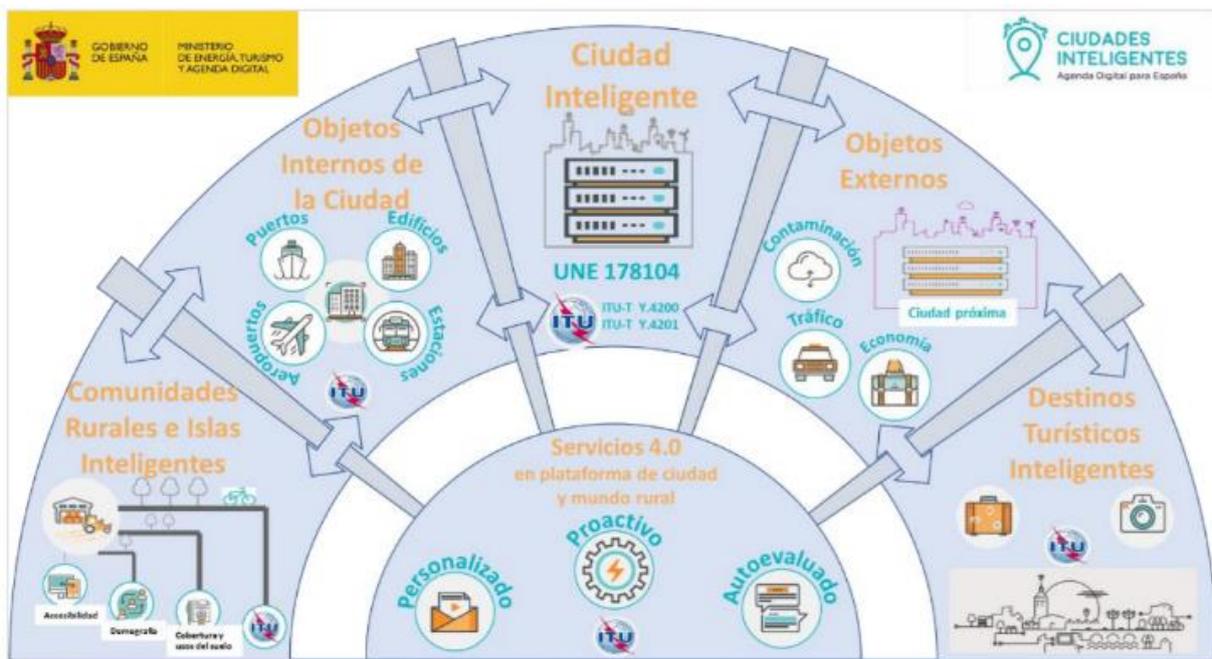
Otro requisito es dotar de facilidad el manejo de toda esta información por parte del gestor. Un entendimiento práctico y directo de lo que está ocurriendo facilitará la rapidez en la toma de decisiones y en las consecuentes actuaciones y puesta en práctica de las mismas. La agilidad y rapidez implicarán reducciones de costes de

tiempo y por lo tanto económicos, así como los relacionados directamente con la sostenibilidad y el medio ambiente.

Todo ello incidirá en la prestación de los servicios, aumentando su calidad, su optimización, su eficiencia y productividad para que sea posible que puedan llegar a todos en las mejores condiciones posibles, así como que se resuelvan las condiciones ambientales para conseguir la máxima sostenibilidad posible. También se tendrá que tener en cuenta la ordenación y reordenación de los existentes y de los nuevos espacios urbanos y rurales debido al crecimiento de la población.

La gestión inteligente de todas las infraestructuras que integran la ciudad facilitará el uso óptimo y control de los recursos existentes proporcionando al ciudadano servicios adecuados a sus necesidades. Pero es necesario un enfoque integrado de las mismas que permita conectar todos sus elementos. El nuevo Plan Nacional de Territorios Inteligentes (en adelante PNTI) de diciembre de 2017 de la Secretaria de Estado para la Sociedad de la Información y la Agenda Digital, actualmente Secretaria de Estado para el Avance Digital perteneciente al Ministerio de Economía y Empresa establece las estrategias a seguir orientadas en tres campos de acción: Acciones territoriales, Acciones de Soporte y Acciones Complementarias hasta el 2020. A continuación, se expone el modelo generado en el Plan de Territorios Inteligentes donde se reflejan las reflexiones contenidas en el Plan.

Figura 6. Esquema de ciudad inteligente



Fuente: Plan Nacional de Territorios Inteligentes

La ciudad proporciona a los ciudadanos servicios necesarios en su día a día que constituyen “los verticales” que alimentan a las plataformas: iluminación, agua, recogida de residuos, gestión de la contaminación, movilidad, regulación semafórica, gestión de aparcamientos, gestión de servicios de salud, administración electrónica, etc. Con ello se optimiza la gestión de estos servicios para poder ofrecer al usuario una comodidad, facilidad y eficacia en sus necesidades. Pero el tratamiento de los servicios por separado no es suficiente porque el usuario y la ciudad demandan una gestión más eficiente para sus servicios. Por ello la información que gestiona a los mismos debe estar conectada entre sí y dotarse de inteligencia para que al usuario le llegue y perciba una verdadera gestión integrada e inteligente de todos los servicios públicos dispuestos a su alcance. En el modelo del PNTI aparece una “ciudad inteligente” en la parte central del semicírculo, como cúspide, que se interrelaciona con: todos los “objetos internos” de la ciudad: edificios, puertos, aeropuertos y estaciones,



necesarios porque aportan información muy valiosa dado que es donde se mueven los viajeros y las mercancías; con los objetos externos que pueden ser tangibles como el tráfico que entra, ciudades próximas, etc., pero también pueden ser elementos como la economía, los gobiernos y autoridades, leyes y normas, etc.; con los destinos turísticos inteligentes, dado que la creciente población envejecida, que dispondrá de más tiempo de ocio, unido a la facilidad de las comunicaciones existentes a día de hoy potenciarán aún más el servicio del turismo; con las comunidades rurales e islas inteligentes que hay también que considerar como una parte muy importante de los territorios que deben tener acceso a las mismas oportunidades como un ciudadano más de una gran ciudad. A su vez todo lo descrito está en íntima relación con los denominados "Servicios 4.0" en plataformas de la ciudad y mundo rural encaminados en profundizar en la personalización de todo tipo de servicio público que necesita el ciudadano y maximizar sus posibilidades.

Cabe profundizar en el concepto de "objetos internos" referido anteriormente: edificios, puertos, aeropuertos y estaciones de una ciudad. Realmente representan pequeñas ciudades en muchos casos ya que han hecho un uso intensivo de las tecnologías para mejorar, primero su planificación y gestión interna y posteriormente su relación con los pasajeros/mercancías mejorando la experiencia de los mismos.

Un ejemplo de ello son los conocidos como "CGA" (Centros de Gestión Aeroportuaria), que son el núcleo del aeropuerto, que suponen utilizar todo tipo de tecnologías para proporcionar la gestión de las operaciones del aeropuerto en una localización única y en tiempo real: Gestión de procesos aeroportuarios, coordinación y optimización de recursos y supervisión de todos los sistemas aeroportuarios. Y relacionado con la búsqueda continua de la mejora de la experiencia del pasajero se están desarrollando aplicaciones que permitan reservar una plaza de aparcamiento, información de acceso al medio de transporte (avión, ferrocarril, autobús...), ubicación de recogidas de equipaje, etc.

Adicionalmente, en el campo de las infraestructuras inteligentes, cabe mencionar los sistemas de telepeaje de las carreteras. En este campo, se han ido desarrollando soluciones tecnológicas para sustituir la barrera física y el pago del usuario en cabina, por otros sistemas que agilicen el paso por los puntos de cobro a la par que den seguridad a los mismos. Generalmente se resuelven con un equipo embarcado (OBE -on board equipment-) conectados mediante radiofrecuencia con los puestos de cobro, pero hay otros sistemas como sistemas de flujo libre (*free flow*) con lectores de matrículas o basados en sistemas de geolocalización (GPS, Galileo). También han desarrollado sistemas de gestión innovadores como los sistemas de gestión de carriles con tarificación dinámica (*managed lanes*)

Los sistemas de telepeaje han sido desplegados a escala nacional, regional o local en algunos Estados miembros de la UE y su número está aumentando constantemente. La falta de interoperabilidad transfronteriza conlleva una serie de costes y cargas tanto para los usuarios al tener que equipar sus vehículos con múltiples unidades a bordo para poder conducir sin trabas en los distintos países. Asimismo, las autoridades deben adquirir y mantener unidades a bordo redundantes que funcionan a escala nacional pero no pueden utilizarse en el extranjero. Para abordar estas cuestiones, en 2004 se adoptó la Directiva 2004/52/CE relativa a la interoperabilidad de los sistemas de telepeaje de las carreteras<sup>26</sup>. Asimismo, en 2009 se publicó la Decisión de la Comisión relativa a la definición del Servicio Europeo de Telepeaje<sup>27</sup>, donde se determinaba que los proveedores especializados del "Servicio Europeo de Telepeaje" (SET) deberían ofrecer a los usuarios de las carreteras unidades a bordo compatibles con todos los sistemas de telepeaje en la UE.

Adicionalmente, en junio de 2017 la Comisión Europea propuso al Parlamento y al Consejo, la revisión de la Directiva 2004/52/CE mediante un texto refundido<sup>28</sup>, ya que ésta no había conseguido totalmente los objetivos que se proponía. En consecuencia, el principal objetivo de la propuesta de directiva consiste el

<sup>26</sup> <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004L0052&from=BG>

<sup>27</sup> <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009D0750&from=EL>

<sup>28</sup> [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9dc5ae17-462d-11e7-aea8-01aa75ed71a1.0012.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9dc5ae17-462d-11e7-aea8-01aa75ed71a1.0012.02/DOC_1&format=PDF)

fomentar y facilitar el despliegue de sistemas de telepeaje de ámbito europeo, ya que con la anterior directiva no se había conseguido ningún proveedor de servicios que abarcara todo el territorio de la Unión. En este sentido, los principales puntos sobre los que debía tratar la futura directiva, a juicio de la Comisión, son:

- Eliminar las barreras administrativas, entre ellas las especificaciones técnicas de carácter local.
- El uso obligatorio de sistemas de localización por satélite en todo el ámbito geográfico de la Unión.
- El establecimiento de un sistema de intercambio de información transfronterizo entre Estados Miembros para identificar a los conductores que no paguen los peajes, ya que este problema se da principalmente en usuarios que transitan por un Estado Miembro distinto al suyo.

Además, la mencionada propuesta aborda también otros puntos e ideas importantes como:

- Controlar el desarrollo de nuevos servicios y aplicaciones, en particular el de servicios de transporte inteligentes (STI) cooperativos, para explotar en una fase temprana sus potenciales sinergias con el telepeaje. También es importante permitir la oferta de servicios de valor añadido que utilicen la misma plataforma tecnológica (equipo a bordo) que la utilizada para el telepeaje.
- La implantación de los peajes electrónicos, facilitaría una aplicación más amplia de los principios «el usuario paga» y «quien contamina paga», y contribuiría, por lo tanto, a la consecución de los objetivos de la Unión de la Energía.
- Al mejorar las condiciones marco del mercado del telepeaje, se contribuiría a completar el mercado interior y el mercado único digital.

A la hora de reflejar algunos desarrollos de éxito que se están implementando en la gestión inteligente de infraestructuras y del territorio, se recogen a continuación dos ejemplos: uno en el ámbito internacional relacionado con la tarificación inteligente de las carreteras y otro más cercano que trata sobre la gestión de fenómenos de contaminación:

- **Singapur** apuesta por digitalizar sus servicios de transporte e incorporar inteligencia a sus infraestructuras a través de la implementación de sistemas electrónicos de tarificación de carreteras (*Electronic Road Pricing System, ERP*) que se utilizan para gestionar la congestión que en ellas se produce. Este sistema está basado en el servicio de pago por uso, que varía en función del período de tiempo (horas punta), tipo de carretera, condiciones de tráfico local, etc. La tarificación de carreteras es una de las herramientas más eficaces para la gestión de la movilidad, evolucionando los peajes hacia tarifas dinámicas, sensibles a las condiciones del tráfico en el momento del viaje, al tipo de vehículo y número de ocupantes, o al itinerario.

Como objetivo principal, esta política pretende promover el uso de transporte público en los usuarios de las carreteras y aprovechar al máximo la capacidad de la infraestructura a lo largo del día. Este sistema está vigente desde el año 2008 y parte de su éxito se debe a la revisión trimestral que realizan las autoridades de transporte de Singapur (responsables del ERP), a las condiciones del tráfico en las autopistas y carreteras en las que el ERP está en funcionamiento; después de esta revisión las tasas del ERP se ajustan para minimizar la congestión en las carreteras.

Los beneficios que se han conseguido con el uso de estas infraestructuras inteligentes son muy diversos; desde la reducción del volumen del tráfico en las carreteras muy transitadas y las principales autopistas, la optimización del uso de la red de carreteras alentando a los conductores a considerar vías alternativas, hasta la reducción del factor de error humano, ya que el ERP es un sistema fiable y totalmente automatizado que funciona las 24 horas del día.

Esta experiencia ha sido importante para Singapur, debido principalmente a la reducción de costes y al aumento de la calidad de vida de sus ciudadanos, resultados obtenidos gracias a la reducción de

la congestión del tráfico, lo que se traducía en pérdida de horas productivas, contaminación ambiental, desperdicio de combustible y efectos adversos para la salud.

- **Madrid** implementó en el año 2018 un nuevo protocolo de contaminación con el objetivo de mejorar la calidad del aire de la ciudad. Este proyecto requiere de la interacción de la ciudad con distintas infraestructuras, así como también con las autoridades de transporte, que le permitirán de esta manera controlar el cumplimiento de la normativa establecida. El protocolo ha sido diseñado para evitar la circulación por las vías de Madrid de los vehículos y motocicletas más contaminantes, en aquellos casos en que se superen los umbrales considerados como contaminación nociva, que pueden afectar a la salud de los ciudadanos.

Con el objetivo de poner en marcha este protocolo se han establecido distintivos ambientales que serán los encargados de determinar qué tipo de vehículos pueden circular y estacionar en la ciudad para cada uno de los escenarios existentes. Los vehículos son clasificados en función de su impacto medioambiental y se ha calculado que el parque automotor afectado comprende unos 16 millones de vehículos. En esta clasificación se le da "valor" a vehículos cero emisiones (vehículos eléctricos, híbridos, y motocicletas eléctricas) colocándoles unas pegatinas azules y se endurecen las medidas para aquellos vehículos de gasolina y diésel matriculados antes del año 2000 y 2006 respectivamente. Los vehículos anteriores a este año se consideran que no cumplen con los requisitos para circular en ninguno de los escenarios de actuación previstos en el protocolo. Las restricciones establecidas se notifican en función de las pegatinas y se controlan parámetros de velocidad de circulación e incluso de aparcamiento en las vías madrileñas.

Es importante destacar, que, en ausencia de infraestructuras inteligentes, la aplicación de este tipo de medidas resultaría mucho más compleja de lo que ya es de por sí. Los paneles informativos, las cámaras de vigilancia, los centros de control de tráfico y la ingesta de datos que este protocolo supone, sin la digitalización serían medidas impensables o que quizás tomaría mucho más tiempo lograr su ejecución y control.

### 3.2.4 Desarrollos enfocados a la mejora de la seguridad operacional

Las infraestructuras y servicios de transporte han ido incorporando nuevas herramientas tecnológicas con el objetivo de, entre otros aspectos, mejorar sus prestaciones e incrementar la seguridad en la operación basada principalmente en un proceso continuo de identificación de peligros y gestión de riesgos. Algunos ejemplos de ello son:

- **Carretera:** Las nuevas tecnologías están desarrollando las futuras comunicaciones vehículo-vehículo (V2V), así como carretera-vehículo. La correcta comunicación entre los diferentes elementos tiene multitud de aplicaciones directas en la gestión y control del tráfico y las condiciones de las carreteras tales como: gestión dinámica del tráfico, detección predictiva de congestiones y planificación de rutas alternativas, gestión dinámica de la señalización, gestión y comunicación de información a los usuarios, así como sugerencias de conducción a los vehículos, que puedan integrarse directamente en el control del vehículo, y se implementen de forma semiautomática, etc.

A todas estas aplicaciones hay que añadir otras relacionadas con la seguridad, título de este subapartado. Entre ellas cabe citar:

- Interacción entre vehículos: Compartir información entre vehículos para que las incertidumbres sobre las decisiones de otros vehículos cercanos disminuyan permitiendo que el sistema realice decisiones automáticas, emita avisos o acciones potenciales.
- Seguridad y asistencia en incorporaciones, cruces y otros elementos de la vía.
- Gestión de vehículos prioritarios de emergencia, o vehículos de fuerzas de seguridad.

- Gestión de incidentes en la vía e información a los usuarios de rutas alternativas
- Gestión de mantenimiento de activos de la vía interrumpiendo el servicio durante un menor periodo de tiempo y en mejores condiciones de seguridad para la circulación.

Al objeto de incluir algún detalle adicional en este campo, en el ámbito de la seguridad operacional en el transporte por carretera, al ser el medio de transporte que registra un mayor nivel de accidentalidad, es donde puede resultar de mayor interés los avances en materia de seguridad operacional. En este sentido, el proyecto **C-Roads Spain**<sup>29</sup> tiene entre sus objetivos principales acelerar el despliegue de C-ITS (ITS cooperativos o sistemas cooperativos). Estos sistemas permiten, a través del uso de diversas tecnologías y aplicaciones, un intercambio de datos eficaz a través de tecnologías de comunicación inalámbrica. Dicha comunicación puede realizarse entre vehículos (vehículo a vehículo o V2V) o entre vehículos e infraestructura (vehículo a infraestructura o V2I).

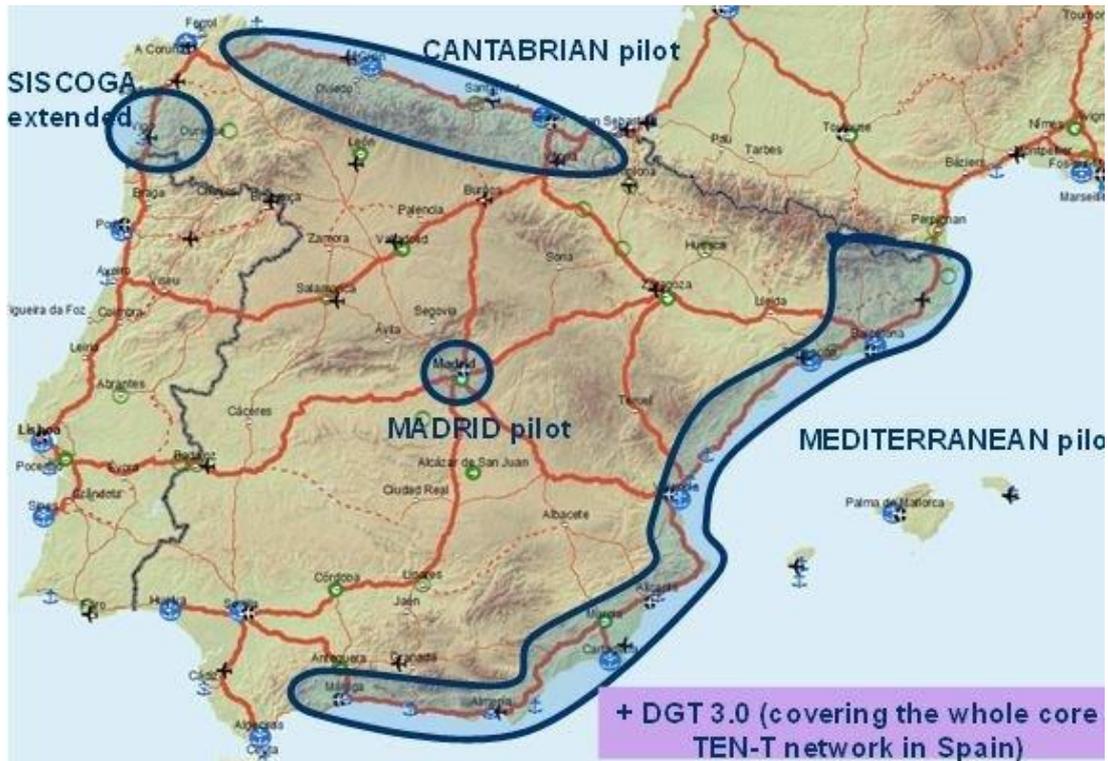
Dicho despliegue es progresivo y comenzará con los casos de uso menos complejos, conocidos como servicios "Day 1", que consiste en el envío de ubicaciones o situaciones de peligro, así como aplicaciones de señalización. Posteriormente, se implementarán los servicios "Day 1.5", que suponen un salto cualitativo considerable al permitir el envío de información de estaciones de repostaje y de carga para vehículos de combustible alternativo, protección de usuarios vulnerables de la calzada, gestión e información de aparcamiento (tanto en la calle, como en parkings tradicionales o parkings disuasorios) o información de tráfico y establecimiento de la ruta óptima entre otros.

En este sentido, en España se están llevando a cabo los 5 pilotos siguientes:

1. **DGT 3.0**, ubicado a lo largo de toda la red de carreteras de España con una extensión aproximada de 12,270 km. Se implementará utilizando tecnologías de comunicación celulares (3G y 4G / LTE).
2. **SISCOGA Extended**, comprendido en la extensión que abarca el ya existente test site localizado en la ciudad de Vigo y su área metropolitana preparado para probar tecnología de la comunicación ITS-G5. Tendrá una extensión de 150 km.
3. **Madrid**, ubicado a lo largo de la vía "Calle 30" en Madrid, con aproximadamente 32 km. Los servicios C-ITS se implementarán utilizando tecnologías de comunicación híbrida.
4. **Cantábrico**, desarrollado a lo largo de 75 km en la zona norte de España utilizando tecnologías de comunicación híbrida.
5. **Mediterráneo**, implementado a lo largo de 125 km en secciones de carretera seleccionadas de Cataluña y Andalucía utilizando tecnología híbrida.

<sup>29</sup> <https://www.c-roads.es/>

Figura 7. Ubicación de los proyectos piloto de C-Roads Spain



Fuente: C-Roads Spain

- **Ferrocarril:** A diferencia de la carretera, la comunicación de la infraestructura ferroviaria con el tren es algo que, por sus propias características, ya se produce de manera natural. Algunas de las aplicaciones relacionadas con la seguridad operacional en las que intervendrán las nuevas tecnologías son:
  - Por mandato de la UE todos los países europeos deben comenzar el proceso de cambio de los sistemas de señalización nacionales hacia el sistema ERTMS (*European Rail Traffic Management System*, Sistema de Gestión de Tráfico Ferroviario Europeo). El objetivo final del ERTMS reside en sustituir progresivamente los sistemas de señalización existentes en Europa por un sistema único a fin de fomentar la interoperabilidad de las redes ferroviarias nacionales y el transporte ferroviario transfronterizo. El ERTMS tiene por objeto garantizar una norma común que permita a los trenes circular de forma ininterrumpida a través de diferentes países y propiciar la competitividad ferroviaria. Es consecuencia, el despliegue del sistema ERTMS se realizará de forma progresiva en aquellas redes que cuenten con tráficos ferroviarios internacionales y, en particular, en los corredores de la Red Transeuropea de Transporte establecidos en el Reglamento (UE) 1315/2013<sup>30</sup>.
  - Detección preventiva de alteraciones y anomalías en elementos de la infraestructura y superestructura que inciden directamente en la seguridad de las circulaciones.
  - Detección de intrusos en las inmediaciones de las vías, tales como animales u otros objetos que pongan en riesgo la circulación.
  - Potenciar la automatización de determinados tipos de inspección de la vía.

<sup>30</sup> <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=celex%3A32013R1315>

- **Transporte marítimo:** Cabe destacar para este tipo de infraestructura el *Sea Traffic Management* (STM) es un concepto inspirado en el proyecto SESAR de gestión integral del tráfico aéreo. Busca el desarrollo de nuevos paradigmas de gestión de tráfico marítimo cuyo eje común es la integración de los datos y el flujo de información. El objetivo principal de STM es lograr un sector marítimo más seguro, más eficiente y más respetuoso con el medio ambiente. Una de sus metas para 2030 es la seguridad: reducción de los accidentes del 50%. Permitirá entre otros: planes de ruta con respecto a las limitaciones climáticas y geospaciales, monitoreo automático para que se ejecuten las acciones apropiadas si el barco se desvía del rumbo, evitación de colisiones ya que al compartir las coordenadas de la embarcación se pueden modificar las rutas con facilidad, asistencia de piloto a los barcos en áreas difíciles de maniobrar o cuando lo solicite el capitán, los capitanes pueden tomar decisiones de navegación informadas en áreas de alto tráfico -ya que los datos del entorno circundante se distribuyen fácilmente a través de la red-, etc. En este campo, son de interés herramientas como los *Automated Behaviour Monitoring* (ABMs)<sup>31</sup>, las cuales detectan situaciones de riesgo de los buques en función de su aproximación a zonas de peligro, comportamiento anómalo, desvío de su ruta, situaciones de cruce, etc.
- **Transporte aéreo:** Además de las referencias incluidas en este documento en relación con las aplicaciones relacionadas con la navegación por satélite (ver epígrafe 3.2.9), hay que resaltar en este apartado que Aena culminó en diciembre de 2017 el proceso de certificación en seguridad operacional en 33 aeropuertos según el Reglamento UE 139/2014, de acuerdo con la reglamentación de la Unión Europea y otros 8 aeropuertos bajo el RD 862/09, según la normativa española. Las certificaciones de las diferentes instalaciones, que han sido avaladas por la Agencia Estatal de Seguridad Aérea (AESA), acreditan el cumplimiento de la normativa comunitaria en los aeródromos de uso público.

La consecución de los certificados europeos implica mejoras en seguridad operacional y garantiza que todas sus instalaciones, sistemas, equipos, servicios y procedimientos, así como el personal implicado en la gestión de operaciones de transporte aéreo, cumplen con los estándares técnicos de diseño y operación exigidos por la Unión Europea a través del Reglamento UE 139/2014.<sup>32</sup>

### 3.2.5 Vehículos autónomos

Los vehículos autónomos dejaron de ser, hace tiempo, una idea de futuro incierto. En los últimos tiempos estamos asistiendo a la aparición de vehículos que incorporan cada vez más controles automáticos y funciones semiautónomas, o siendo algunos de ellos directamente autónomos al completo, como es el ejemplo de algunas líneas de metro o los drones con capacidad para el vuelo autónomo. Aunque el esfuerzo innovador en este campo alcanza a la mayoría de modos de transporte, en la actualidad hay un especial interés por el desarrollo del coche autónomo, habiendo pasado la conducción autónoma a ser un objetivo oficial de numerosas compañías automovilísticas. Las nuevas tecnologías ya permiten que, gracias a los sistemas de asistencia automática, el conductor de un automóvil haga frente a situaciones peligrosas y, gracias a herramientas como los sistemas integrales de navegación móvil, se optimicen todo lo relacionado a los trayectos. Llevar la asistencia automática y la geolocalización hasta el límite de sus posibilidades va a permitir poner en cuestión el concepto mismo del conductor.

En este contexto podemos definir un **vehículo autónomo como aquel capaz de replicar las capacidades humanas de manejo y control**, siendo capaz de percibir y analizar los estímulos de su entorno y actuar en consecuencia mediante la navegación. Un vehículo autónomo es una máquina independiente que no necesita la

<sup>31</sup> <http://www.emsa.europa.eu/combined-maritime-data-menu/abm.html>

<sup>32</sup> <http://www.aena.es/es/corporativa/aena-culmina-certificacion-en-seguridad-operacional-aeropuertos---de-acuerdo-normativa-europea.html?p=1237548067436>

intervención directa de personas en la ejecución de su tarea, y que es capaz de interpretar la información sensorial para detectar peatones, otros vehículos, obstáculos, señalización, y otros agentes que intervienen en la movilidad, y trazar una ruta de navegación que tenga en cuenta esta información.

Más allá del automóvil autónomo, ya hay varios ejemplos exitosos de vehículos con conducción autónoma, algunos con cierto recorrido. A continuación, se describen algunos de estos:

- **Piloto automático aplicado en la aviación:** con el fin de reducir las necesidades de atención por parte de los pilotos y la fatiga asociada a esto, la industria aeronáutica lleva implementando estos sistemas desde hace décadas. Actualmente, varias de las fases de un vuelo pueden automatizarse y no requieren de un piloto, como pueden ser la fase de crucero o la de aproximación.
- **Ferrocarril y metro sin conductor:** el sector ferroviario fue uno de los primeros en automatizar vehículos al completo. Desde 1981, se operan líneas de metro en las que los trenes no requieren ningún conductor. Algunos ejemplos son la línea 1 de París, o en España, la línea 9 de Barcelona. Otros vehículos similares, aunque de menor capacidad son los *Automatic People Mover*, lanzaderas que circulan sobre raíles sin conductores, como la que conecta las terminales 4 y 4S del aeropuerto Adolfo Suárez-Madrid Barajas.
- **Buques autónomos:** en los últimos años se están desarrollando multitud de proyectos destinados a reemplazar las tripulaciones de los buques parcial o totalmente. En España se están desarrollando, al menos, cuatro proyectos de embarcaciones autónomas destinadas a labores de vigilancia en el ámbito de la seguridad portuaria o de la protección medioambiental. En el extranjero, destacan los proyectos que se están desarrollando en Finlandia o Noruega, en esta última está en una fase avanzada de pruebas el proyecto YARA BIRKELAND<sup>33</sup>, en el que un buque autónomo y eléctrico, inicialmente con tripulación, realizará trayectos dentro del fiordo de Frier, en el sur de Noruega.
- **Logística:** la gestión de mercancías lleva décadas incorporando innovaciones con el fin de automatizar sus procesos. Estos son los casos de las terminales de puertos automatizadas, que cargan y descargan mercancías sin la participación de operadores. En España las terminales de Algeciras Isla Verde y Barcelona Hutchinson están semi automatizadas. En el extranjero, destacan los puertos de Los Ángeles, Rotterdam y Shanghái, con terminales completamente automatizadas. Otras tecnologías similares en el sector son las presentes en los almacenes inteligentes, tales como las carretillas y otros vehículos de carga autónomos.
- **Drones:** los drones comerciales actuales cuentan con capacidades para, de forma autónoma, seguir a un objeto en movimiento o volver a un punto de partida en caso de desconexión con el piloto remoto. Drones más sofisticados, como los militares, pueden volar de forma plenamente autónoma.

Sin embargo, los desafíos tecnológicos para dotar al automóvil de capacidades y soluciones similares a las anteriormente descritas son significativamente más complejos por lo general, y suponen un reto central en el transporte actualmente. El desarrollo de un coche autónomo requiere la integración precisa de muy **diversas tecnologías** para poder completar la difícil tarea de sustituir a un conductor humano. Su funcionamiento depende de dos elementos imprescindibles:

- Un vehículo autónomo debe ser capaz de **pensar**. Debe poder tomar decisiones, siendo capaz de analizar cada situación y escoger cual es la solución más eficiente ante dicha situación. Para ello debe disponer de un software que interactúe con todos los componentes del vehículo (véase, acelerador, freno, dirección, intermitentes, etc...) y estructure el funcionamiento de cada uno de ellos.
- Un vehículo autónomo debe ser capaz de **ver**. Posibilitar que una máquina sea capaz de percibir las señales de tráfico, evitar a otros vehículos y peatones, o negociar su turno en una intersección es una

<sup>33</sup> <https://www.yara.com/knowledge-grows/game-changer-for-the-environment/>

tarea de gran complejidad. La mayoría de pruebas realizadas hasta el momento plantean escenarios de autopistas vacías o con obstáculos sencillos, por lo que este aspecto tiene aún por delante un gran margen de mejora y evolución.

Aunque la realidad es que cada fabricante ha tomado su propio camino mediante el desarrollo de sistemas propios, la mayoría de los prototipos comparten elementos comunes que tratan de dar solución a los puntos anteriores. Para hacernos una idea de que componentes específicos (y adicionales a los de un vehículo "tradicional") forman parte de la estructura básica de un vehículo autónomo, a continuación, vamos a describir algunos de ellos:

- **LIDAR (Laser Imaging Detection and Ranging).** Es un radar laser 3D con visión de 360 grados que habitualmente va montado sobre el techo del vehículo y que permite generar una imagen tridimensional del entorno. Mediante haces de luz láser infrarroja que inciden en los objetos y luego rebotan siendo captados por una cámara permite, entre otras funciones, calcular la distancia entre los objetos que rodean al vehículo.
- **Otros Radares.** Normalmente instalados en la parte frontal y trasera del vehículo, tienen la función de detectar obstáculos en el trayecto. El radio de alcance de estos dispositivos debe ser amplio y suficiente para dar tiempo de reacción al vehículo.
- **Cámaras.** Desde una cámara de video convencional hasta una cámara estereoscópica o infrarroja, dependiendo del prototipo, se usan para el reconocimiento de peatones, otros vehículos, señales de tráfico, etc... Los algoritmos de reconocimiento de imágenes son imprescindibles para la explotación de estos elementos.
- **Sensores de Ultrasonido.** Su principal función es la de medir distancias de corto alcance (hasta los 5 metros aproximadamente) y se utilizan para complementar la información de los radares y realizar tareas concretas como el aparcamiento.
- **Unidad de Medición Inercial.** Se utiliza para medir los cambios de velocidad y el ángulo de giro. Esto permite obtener información del comportamiento del vehículo y enfrentarla a la información del resto de la circulación. Generalmente se sitúa sobre el techo.
- **Sistemas de navegación por satélite.** El uso de datos geo-localizados está totalmente generalizado y es utilizado en innumerables campos relacionados con la movilidad, incluido en los vehículos no autónomos. El uso que el vehículo autónomo hace de ellos es mucho más complejo, y debe ofrecer un rendimiento superior, con precisiones de hasta 30 cm.
- **Procesamiento.** Toda la información obtenida a través de los elementos anteriores y de muchos otros, debe ser almacenada y procesada de forma rápida para obtener una respuesta inmediata que permita al coche realizar la acción en el menor tiempo posible. Según algunos estudios el tiempo de reacción media de algunas de las personas al accionar los frenos es de algo menos de dos segundos, mientras que el de un vehículo autónomo podría ser de tan solo 3 décimas de segundo. Todo ello se consigue gracias a la capacidad de procesamiento que llevan estos vehículos en su interior con numerosos procesadores de última generación.
- **Sistemas de Identificación Automática (SIA/AIS).** En el ámbito de la navegación se utilizan desde hace décadas y permiten que los buques intercambien datos relativos a su identificación, rumbo, velocidad, etc. Estos datos, que se transmiten ya sea mediante ondas métricas o vía satélite, permiten también el seguimiento de los buques desde tierra.

Se puede concluir entonces que el funcionamiento de un vehículo autónomo depende de su capacidad de acumular información redundante que le proporcione una visión continua de su entorno, y le permita ir reconociendo e identificando al resto de actores que intervienen en la circulación. Con toda esa información deberá tomar decisiones en tiempo real que le permitan replicar una conducción humana segura y eficiente.

Pese a que el vehículo totalmente autónomo está todavía en desarrollo, sería injusto decir que toda su historia está aún por escribir. El vehículo autopilotado se empezó a soñar hace mucho tiempo atrás. En la década de los años veinte la pequeña empresa Achen Motor desarrollo el primer prototipo de coche sin conductor, utilizando para ello un receptor de radio que se controlaba desde otro coche que le seguía.

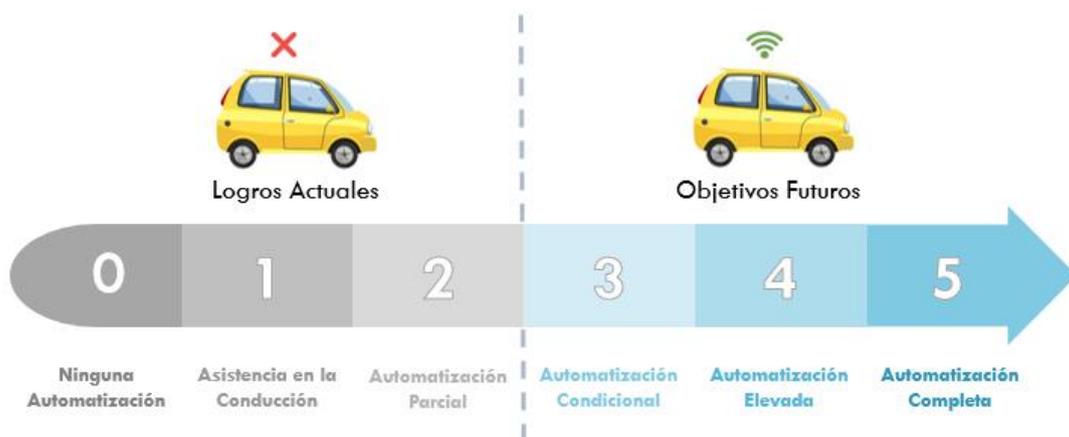
Años más tarde, en la exposición Futurama de 1939 patrocinada por General Motors y cuyo objetivo era teorizar sobre el desarrollo tecnológico en el futuro, el concepto de coche sin conductor volvía a aparecer, mostrándose coche con sistemas de seguridad que evitaban colisiones mediante señales de radiocontrol.

Pero probablemente el punto de inflexión en el mundo del vehículo autónomo se produjo en la década de los 80 gracias al trabajo de Ernst Dickmanns, profesor de la Bundeswehr University de Múnich y experto en inteligencia artificial que lideró el proyecto del primer vehículo realmente robotizado. En los siguientes años, varios países europeos y fabricantes de automóviles se lanzaron a profundizar en el campo de los vehículos autónomos.

Hasta la actualidad, el resto de la historia es más conocida. En Europa y Asia los fabricantes de automóviles han continuado haciendo pruebas de este tipo, a menudo recibiendo financiación de organismos públicos, mientras que en Estados Unidos las empresas tecnológicas, con apoyo de instituciones como la agencia DARPA o la competición Grand Challenge, han desarrollado programas similares. La notoriedad ha llegado al mundo de los vehículos autónomos gracias a potencias tecnológicas como Google o Tesla que están utilizando la tecnología punta de almacenamiento y procesamiento y su relevancia a nivel mundial, para llevar el vehículo autónomo al siguiente nivel. Además, otras empresas como Mercedes, Audi, Volkswagen o Toyota, también trabajan con prototipos con el objetivo de, no sólo de alcanzar el objetivo de la automatización completa, sino de ser el primero en hacerlo.

Por lo tanto, como conclusión tras este breve recorrido por su historia, podemos decir que la automatización de los vehículos es un proceso iniciado, pero no terminado. En ese sentido la Society of Automotive Engineers (SAE) ha definido 5 grados distintos de automatización que se muestran en el siguiente diagrama.

Figura 8. Grados de automatización de los vehículos



Fuente: Society of Automotive Engineers (SAE)

Basándose en la situación actual se podría decir que el primer grado de automatización se encuentra superado, pues ya es muy difícil encontrar vehículos en fabricación y comercialización que no dispongan de alguna funcionalidad relacionada con la automatización. El mercado actual nos sitúa en una realidad en la que la asistencia en la conducción y la automatización parcial son grados de automatización presentes en los vehículos que salen de las fábricas de automoción, sobre todo en lo que se refiere al primero de ellos. Se definen de la siguiente forma:

- Asistencia en la conducción. En este grado de automatización se sitúan vehículos en los que el conductor sigue realizando la mayoría de las tareas de conducción, pero cuentan con sistemas de asistencia ya sea para control del movimiento longitudinal o para el control del movimiento lateral (nunca ambas a la vez). Por ejemplo, un coche con sistema de control de velocidad de cruce adaptativo se situaría dentro de este grado de automatización.
- Automatización parcial. Aquí se situarían vehículos en los que el conductor ya no tiene que realizar las tareas relativas al movimiento (sí todas las demás), puesto que cuentan con sistemas de asistencia para control del movimiento longitudinal y lateral. El funcionamiento del sistema sigue limitado sólo a ciertas condiciones. Estaríamos hablando de vehículos con piloto automático temporal para autopista, sistemas de asistente para atascos de tráfico o vehículos con sistema de aparcamiento asistido que actúa sobre dirección, freno y acelerador.

Como ya se ha comentado, el **objetivo final de todas las compañías implicadas en el desarrollo del vehículo autónomo no es otro que alcanzar la automatización completa**, y para ello la investigación e innovación apoyándose sobre la digitalización, habrán de abordar de forma progresiva los 3 grados de automatización pendientes de desarrollo<sup>34</sup>:

- Automatización condicional. En este grado se situarán los vehículos en el que el conductor a veces lo será y a veces no. Este deberá estar preparado para intervenir sólo si el sistema se lo solicita o se produce un fallo o pérdida de las condiciones de funcionamiento. El funcionamiento del sistema sigue limitado a ciertas condiciones. Si se produjese un fallo del sistema en un coche con un sistema de conducción automatizada de este nivel, este debe informar al usuario de respaldo con tiempo suficiente para que pueda reaccionar adecuadamente e intervenir, mediante un mensaje o alerta de petición de intervención en la conducción. Dentro de este nivel se incluiría la tecnología "platooning", que consiste en el agrupamiento de vehículos (automóviles, camiones...) en hileras en las que el vehículo que va en cabeza es seguido de forma automática por el resto. Esta función de seguimiento sincronizado permite reducir el consumo de combustible y las distancias de seguridad al ser los tiempos de reacción del sistema inferiores a los humanos.
- Automatización elevada. En este nivel se situarán vehículos en los que por primera vez desaparece la figura del conductor. Ya no es necesario un usuario preparado para intervenir. El propio sistema de automatización de la conducción cuenta con un sistema de respaldo para actuar en caso de fallo del sistema principal y poder conducir hasta una situación de riesgo mínimo. Sin embargo, el funcionamiento del sistema sigue limitado a ciertas condiciones y por tanto el vehículo puede encontrarse en situaciones en las que no pueda seguir conduciendo. En estas condiciones nos movemos en el ámbito de los prototipos, y es inevitable pensar en el vehículo autónomo de Google con conductor, aunque marcas como Tesla, Mercedes-Benz, Audi, Ford, Volvo, Lexus, Nissan, etc... también disponen de prototipos similares. Por ahora todos ellos siguen teniendo volante, freno, acelerador y hasta un botón de pánico para desactivar el sistema de conducción automatizada.

<sup>34</sup> En la Organización Marítima Internacional (OMI) se han establecido cuatro grados de autonomía para los buques autónomos. <http://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/08-MS-C-99-MASS-scoping.aspx>

- Automatización completa. Una vez alcanzado, los vehículos no necesitarán de conductor. El sistema de automatización y el de respaldo no estarán limitados por condiciones específicas para su funcionamiento, y por tanto el vehículo podrá seguir conduciendo en todo momento y circunstancia. Puesto que no es necesario que haya un conductor, se podrá prescindir de los elementos de control y manejo del vehículo: es decir, tendríamos vehículos sin volante, freno y acelerador.

Es importante destacar que estos desarrollos no se limitan al automóvil si no que se extienden a la mayoría de vehículos usuarios de la red viaria, con mayor o menor intensidad. Así como el estado de desarrollo de estas tecnologías en la motocicleta es mínimo, autobuses y camiones están incorporando estas mismas aplicaciones con los mismos objetivos. La mayoría de estas soluciones aún están en desarrollo, aunque ya hay casos de servicios prestados por vehículos autónomos, como es el caso de los autobuses Panda AI Bus de la empresa china Deep Blue, capaces de circular sin conductor y que ya están operando en varias ciudades chinas. También en el ámbito marítimo se están desarrollando multitud de proyectos de desarrollo de buques autónomos por empresas como Rolls-Royce<sup>35</sup> o Kongsberg<sup>36</sup>.

Pensar que alcanzar la automatización completa solo requiere de la mecánica y la electrónica sería un error. El coche totalmente autónomo deberá utilizar un sinfín de tecnologías como Inteligencia Artificial, *Internet of Things*, almacenamiento en nube, ciberseguridad o telefonía 5G. Todas ellas ayudarían a alimentar y facilitar los procesos de "pensar" y "ver" del vehículo autónomo. La mayoría de expertos coinciden en que el coche del futuro será autónomo y eléctrico (o, al menos, movido por energía limpia, quizá el hidrógeno). Tangencialmente a los aspectos tecnológicos, otros campos y disciplinas se ven implicados en la aparición del vehículo autónomo. Este es el caso de las cuestiones éticas asociadas a la toma de decisiones por parte del sistema de conducción autónomo en caso de accidente, en la situación en la que el vehículo debiese tener que elegir entre perjudicar a los pasajeros del vehículo o a otras personas l

Para entender las diferentes aproximaciones que están haciendo las compañías implicadas, se incluyen **dos ejemplos** de empresas que están en los primeros puestos de la carrera por conseguir la automatización completa de los vehículos autónomos: una empresa tecnológica (Google-Waymo) y una empresa de automoción (Daimler - Mercedes-Benz):

- **Waymo:** Antes conocida como *Google Self Driving Car Project*, es sin duda uno de los grandes referentes en cuanto a plataformas de conducción autónoma. Waymo nació para dar seguimiento a los proyectos de coches autónomos de Google, separándose en 2017 del departamento de proyectos especiales Google X. Este hecho la dotó de entidad propia como compañía, y permitió hacerse una idea de las esperanzas que Google tiene puestas en el negocio de vehículo autónomo, dotando a Waymo de presupuesto y recursos propios.

Una de los primeros movimientos de Waymo como compañía fue alcanzar un acuerdo con Fiat Chrysler para la fabricación de los monovolúmenes encargados de probar los sistemas autónomos y desarrollar una plataforma de viajes compartidos (algo que también están haciendo Tesla, Uber y Lyft). Gracias a estas pruebas su experiencia ha crecido exponencialmente, alcanzando en octubre de 2018 los 16 millones de kilómetros recorridos en vías públicas.

Sus recorridos por diversas ciudades de Estados Unidos han permitido que el aprendizaje automático perfeccione sus sistemas, adaptándolos a condiciones climáticas y urbanas. Según la propia compañía, el principal objetivo de Waymo es que la gente pueda usar vehículos en tareas cotidianas sin la necesidad de saber conducir.

<sup>35</sup> <https://www.rolls-royce.com/~media/Files/R/Rolls-Royce/documents/customers/marine/ship-intel/rr-ship-intel-aawa-8pg.pdf>

<sup>36</sup> <https://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0240.nsf/AllWeb/597733F8A1B8C640C12580AC0049C134#A1>

- **Daimler AG – Mercedes Benz.** La empresa alemana es una de las líderes de la industria automovilística y cómo hemos visto anteriormente, su interés y relación con el vehículo autónomo se remonta a la década de los 80 y las primeras pruebas de Ernst Dickmanns demostrando que la conducción autónoma era posible.

En 2017 Daimler alcanzó un acuerdo con Bosch para el desarrollo de un conjunto de software y algoritmos que permitirán la conducción totalmente autónoma en el ámbito urbano. Bosch es el mayor proveedor de electrónica de la industria automovilística, y es el responsable también de aportar los componentes de hardware como unidades de control y sensores. Daimler por su parte es el encargado de trasladar todos estos sistemas de conducción al vehículo, suministrando los propios automóviles, instalaciones de prueba y coches de desarrollo.

En julio de 2018 ha obtenido la licencia de prueba en carretera para vehículos de automatización condicional en la ciudad de Pekín, con el objetivo de perfeccionar su tecnología realizando una recopilación de datos sobre situaciones típicas de tráfico e investigaciones sobre la detección de usuarios vulnerables de la vía.

Muchos de los modelos de la marca comercializan ya sistemas que se sitúan en el ámbito de la automatización parcial. La investigación en pos de la obtención del vehículo totalmente autónomo ofrece a la marca alemana la posibilidad de mejorar sus vehículos comercializables, y ofrecer a sus clientes anticipos de las tecnologías que están por venir. Esto, además, tiene un impacto evidente en su negocio y en su competitividad dentro del mercado automovilístico.

Como se puede apreciar, Waymo es una empresa tecnológica que se apoya en la industria del automóvil mientras que Daimler es una empresa automovilística que necesita de la ayuda de las compañías de electrónica e IT. Los dispositivos y sensores utilizados son parecidos y los objetivos son los mismos, pero la forma de aproximarse a ellos no lo es. Waymo utiliza como clave de su desarrollo tecnologías como IA o *machine learning* (aprovechando sus amplios conocimientos en estos campos) para diseñar sus algoritmos de autoaprendizaje y alcanzar un único objetivo final: la condición totalmente autónoma. Daimler pone el peso del proceso en pruebas de conducción controlada haciendo uso de toda la experiencia acumulada en los aspectos mecánicos y electrónicos de la conducción, sacando partido por el camino de los avances obtenidos y dándoles un uso comercial. Para las empresas de IT el vehículo autónomo es una oportunidad, un campo de desarrollo de enormes posibilidades. Para las empresas automovilísticas en cambio es una necesidad, la forma de seguir siendo competitivos y activos en un mercado en continua evolución.

### 3.2.6 Sistemas de información de transporte multimodal y Movilidad como Servicio (MaaS)

La Movilidad como Servicio (o MaaS por sus siglas en inglés) consiste en la integración de varias formas de servicios de transporte en una misma plataforma de movilidad, habitualmente a través de una aplicación móvil, Este tipo de aplicaciones ofrecen al usuario soluciones de movilidad personalizadas basadas en sus preferencias y necesidades individuales.

El embrión de este tipo de desarrollos son las Autoridades o Consorcios de Transporte Público en la medida que su creación supuso una integración y coordinación entre distintos modos y servicios de transporte público. A través de estas autoridades se fueron dando pasos hasta alcanzar la prestación de servicios multimodales bajo un mismo título de transporte o la integración tarifaria de estos servicios entre otros.

Sin embargo, la coyuntura actual genera una serie de posibilidades que superan en ámbito de actuación de las Autoridades de Transporte, y que generan mayores posibilidades para los ciudadanos en relación con las soluciones y servicios de movilidad que se le ofrecen. En particular podemos destacar los siguientes:

- Recientemente han surgido al amparo de las nuevas tecnologías nuevas formas y soluciones de movilidad promovidas por el sector privado. A modo de ejemplo, las soluciones *car-sharing*, *motobike-sharing* y *bike-sharing* que habitualmente se disponen en las grandes ciudades, los servicios de alquiler

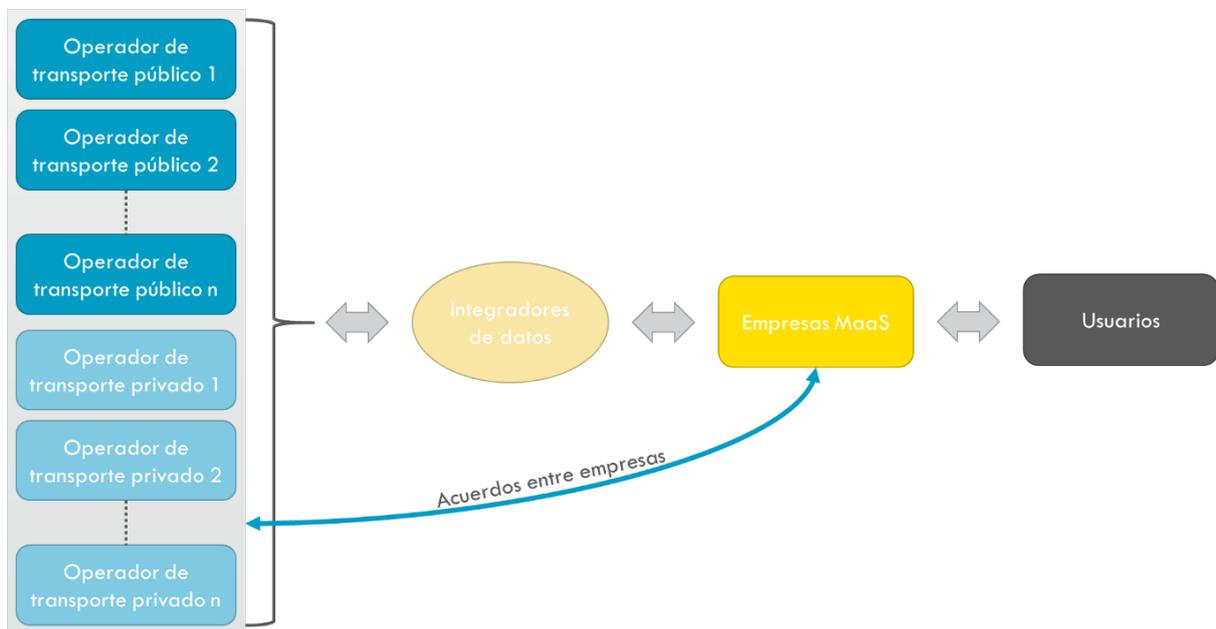
de coche con conductor (también en entornos urbanos), los servicios de coche compartido para trayectos generalmente interurbanos y el vehículo autónomo entre otros deberían ser tenidas en cuenta.

- También es necesario tener en cuenta a otros servicios de transporte tradicionales, como por ejemplo el taxi, dado que estos se han solido tratar de forma independiente por las Autoridades de Transporte.
- Asimismo, habitualmente la integración de servicios y tarifas se realizaba en el ámbito urbano o metropolitano por motivos legales y competenciales. Sin embargo, entender el transporte como algo más global, incluyendo tanto el transporte interurbano, como incluso internacional, puede generar grandes posibilidades.

Un operador de MaaS podrá facilitar las necesidades de movilidad de un usuario ofreciendo distintas opciones de combinación de servicios de transporte multimodales, incluyendo tanto los públicos como los privados, para llevar al viajero desde un origen hasta el destino solicitado. MaaS ofrecerá además el valor añadido de completar el pago de estos servicios por parte del usuario a través de un único canal de pago eliminando así las barreras físicas que suponen la adquisición de varios billetes y/o registros de salida/entrada con el consecuente ahorro de tiempo y aumento de la comodidad.

Lograr la integración de todos los servicios de transporte (los tradicionales y las nuevas formas de movilidad comentadas previamente) en una única plataforma MaaS requiere la colaboración del sector público y sector privado. En este sentido, la regulación europea en relación a los puntos de acceso nacional (ver epígrafe 5.2) cobra especial relevancia, dado que actuaría como integrador de los datos de transporte que luego emplearían las empresas de movilidad como servicios para desarrollar sus soluciones de acuerdo al siguiente esquema.

Figura 9. Esquema MaaS



Fuente: Elaboración propia del OTLE

El esquema anterior puede experimentar ciertas variaciones. Por ejemplo, en el caso que se implemente una plataforma MaaS para el transporte urbano o metropolitano (hasta ahora lo más habitual), podrían ser directamente las Autoridades de Transporte las que pongan en servicio este tipo de aplicaciones, probablemente contando con la colaboración de una empresa tecnológica.



De otra parte, es necesario resaltar que el usuario toma un gran protagonismo, ya que es el desarrollador y productor de datos en el sistema de transporte, siendo a la vez el demandante de las necesidades y consumidor final de las opciones que MaaS ofrecerá.

En las líneas anteriores se ha referido principalmente al viajero como usuario, pero hay que recalcar que el concepto "usuario" hace también referencia a las mercancías que de igual forma buscan un destino y para alcanzarlo necesitan hacer uso igualmente de la combinación de los diferentes sistemas de transporte, es decir de la multimodalidad e intermodalidad. La optimización de la planificación y de la logística de las mercancías a través de una plataforma MaaS ayudará a los gestores a reducir costes de transporte y tiempos. La llegada a tiempo en la entrega de mercancías es uno de los principales requisitos de cumplimiento para las empresas involucradas en el negocio porque es lo que permite crear confianza en el servicio y por lo tanto en la continuidad de los mismos. Adicionalmente, el aunar en tiempo real demanda y oferta disponible de transporte de forma que se puedan elegir los modos, nodos y transportistas en tiempo real, permitiría el rediseño de la cadena de transporte, así como conseguiría reducir recorridos en vacío.

El transporte de mercancías sigue creciendo y, en particular, se prevé que el transporte de mercancías por carretera aumentará en torno al 40% para 2030 y en poco más del 80% para 2050. Por lo tanto, la política de transporte de la UE pretende reducir el transporte por carretera hacia modos de transporte menos contaminantes y más eficientes energéticamente.<sup>37</sup> Se establecen cuatro tipos de acciones principales que apoyan un mayor uso de soluciones multimodales: La internalización de los costes externos en todos los modos de transporte, con vistas a enviar señales de precios adecuadas a los usuarios, operadores e inversores, Inversiones más específicas en infraestructura física, Mejor uso de la información (tráfico, capacidades, disponibilidad de infraestructura, carga y posicionamiento de vehículos) y Soporte directo para el transporte intermodal, según lo dispuesto por la Directiva de transporte combinado (Directiva 92/106 / CEE del Consejo), que tiene como objetivo aumentar la competitividad del transporte combinado (definido como transporte intermodal con un tramo de carretera estrictamente limitado).

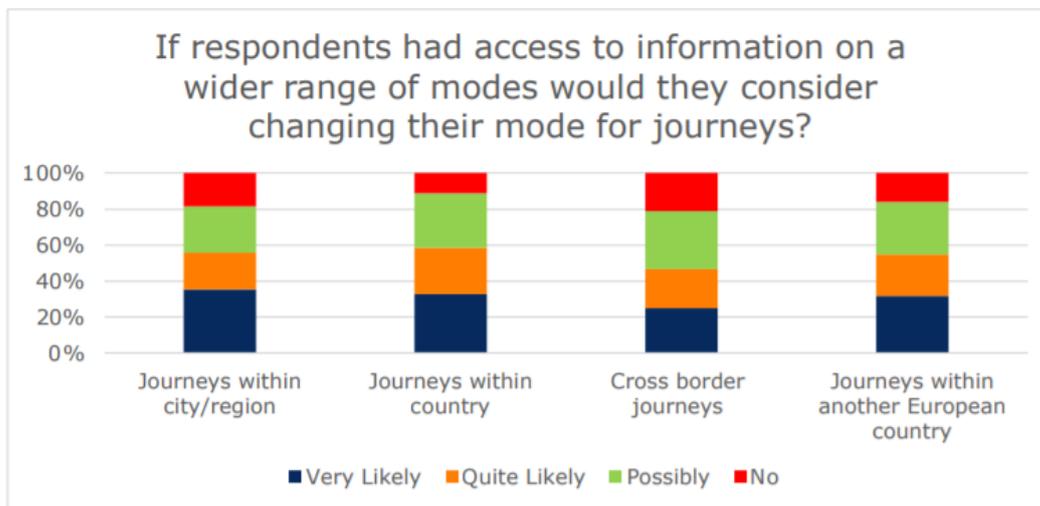
En resumen, a través de tecnologías de geolocalización y el *big data* se pueden diseñar soluciones y aplicaciones de MaaS que, idealmente, podrían incluir las siguientes funcionalidades:

- Personalización de las preferencias de viaje por parte de los usuarios.
- Planificación de rutas en tiempo real, teniendo en cuenta la congestión y otras posibles externalidades. Asimismo, en función de las preferencias seleccionadas por el usuario, la aplicación considerará todos los servicios de transporte posibles. Es decir, se aglutinan todo tipo de prestadores de servicios, (tanto empresas públicas como privadas), de todos los modos de transporte (carretera, ferrocarril, marítimo y aéreo) y ámbitos (urbano, interurbano e incluso internacional).
- Selección de las distintas alternativas ofrecidas, reserva de plaza, compra y pago de los distintos servicios. En el campo del pago, soluciones como el pago a cuenta, que consiste en calcular la mejor tarifa existente en función del uso de servicios que se realice, es una de las funcionalidades más potentes.
- Integración de los billetes en la misma aplicación de forma que no sea necesario la obtención del título físico ni del pago físico por ellos.

<sup>37</sup> [https://ec.europa.eu/transport/themes/logistics-and-multimodal-transport/multimodal-and-combined-transport\\_en](https://ec.europa.eu/transport/themes/logistics-and-multimodal-transport/multimodal-and-combined-transport_en)

En el apéndice I "Stakeholder consultation results" del "Study on ITS Directive, Priority Action A: The Provision of EU-wide Multimodal Travel Information Services D5 Final Report"<sup>38</sup> se presentan los resultados de más de 165 respuestas de distintas organizaciones<sup>39</sup> de todas las partes interesadas y de los Estados miembros de la UE en relación al transporte intermodal. El objetivo general del estudio fue apoyar a la Comisión Europea en el desarrollo de un marco político que permita la provisión de viajes multimodales a escala de la UE mediante Servicios de información (MMTIPS: *Multimodal Travel Information and Planning Services*). El estudio llevó a cabo una amplia revisión de la situación actual, explorando la probable disposición a cambiar a modos alternativos de transporte si hubiera suficiente información de viaje disponible para informar de esta decisión. Los resultados se pueden ver el siguiente gráfico.

Gráfico 7. Disposición al cambio modal



Fuente: Study on ITS Directive, Priority Action A: The Provision of EU-wide Multimodal Travel Information Services D5 Final Report

En el último tiempo han **surgido varias aplicaciones MaaS** que aglutinan varios servicios de transporte, entre las que sobresalen las siguientes:

- **Whim** surge en el año 2016 en la ciudad de Helsinki (Finlandia) como la primera aplicación MaaS. El concepto es el explicado previamente, es decir la posibilidad de que los usuarios tengan acceso instantáneo a prácticamente todo tipo de transporte (taxis, autobuses, trenes y bicicletas compartidas). Se encarga de todo, desde encontrar la mejor ruta para llegar a tu destino hasta el pago de los distintos billetes, satisfaciendo las necesidades de movilidad de las personas de acuerdo con sus preferencias.

Whim ofrece tanto paquetes mensuales de movilidad como viajes pagados a medida que los realizas. La aplicación se sincroniza con el calendario de los usuarios, lo que ayuda a planificar los viajes con antelación.

Actualmente, Whim se ha expandido hacia otras ciudades y territorios tales como Ámsterdam y Amberes y la región de West Midlands.

<sup>38</sup> <https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/2016-05-its-directive-multimodal-services.pdf>

<sup>39</sup> De acuerdo con la referida publicación, entre las organizaciones consultadas se encuentran autoridades públicas de transporte, operadores de transporte, proveedores de servicios, proveedores de datos con experiencia y conocimientos extraídos del mundo académico, consultorías de la industria, asociaciones, organismos de normalización y organismos de viajeros o consumidores, etc.

- **Moovel app** es una plataforma o aplicación de servicios de MaaS para la movilidad urbana en Alemania. Perteneciente al grupo Daimler (Mercedes Benz), permite a sus usuarios seleccionar su destino, planificar la ruta, seleccionar la ruta en función de sus referencias, reserva de plazo, pago y la gestión de los billetes seleccionados bajo una sola aplicación. Actualmente ofrece la posibilidad de acceder a multitud de servicios de movilidad:
  - Transporte público.
  - Car sharing (car2go y Stadtmobil).
  - Bike sharing (NorisBike y Nextbike)
  - Taxis (mytaxi).
  - Deutsche Bahn.
- **MaaS Madrid** es la aplicación que ha desarrollado la Empresa Municipal de Transportes (EMT) que aglutina a la mayoría de prestadores de servicios de movilidad en la capital. Actualmente ya está disponible la primera fase de la aplicación, permitiendo, mediante los sistemas de georreferenciación de los dispositivos móviles, conocer de los servicios de movilidad más próximos a su ubicación. Esta primera fase incluye información sobre el transporte público, incluyendo a las bicicletas compartidas (BiciMAD), así como de las siguientes empresas privadas de servicios de movilidad: coches compartidos (Car2Go, Emov, Zity), motos compartidas (Moving, eCooltra, loscoot), bicicletas compartidas (Obike, OFO) así como también facilita el acceso a las distintas aplicaciones y servicios de radiotaxi.

En fases posteriores se quieren incorporar mayores funcionalidades como la planificación y comparación de rutas, la personalización de las preferencias y la reserva y pago de servicios.

### 3.2.7 Optimización del transporte de última milla

La última milla representa la parte menos eficiente de la cadena de transporte debido a que puede llegar a suponer un porcentaje importante del coste total de entrega de las mercancías<sup>40</sup>. En términos de transporte se conoce como "última milla" al movimiento de mercancías desde una terminal de carga hasta su punto de entrega final, haciendo especial atención en el último kilómetro recorrido para hacer posible la entrega.

Las entregas en la última milla de las ciudades son complejas y costosas, tanto para los operadores de transporte, como para los propios ciudadanos. Entonces surge la necesidad de tener un sistema logístico urbano para el transporte de última milla, cuyo principal objetivo sea prestar un servicio sostenible.

Surge entonces en el sector transporte la tendencia de servicios para el transporte de última milla, que comprenden modos alternativos a los convencionales, como, por ejemplo: entregas en coches/bicicletas eléctricas y entregas a través de drones o robots, entre otros; sus ventajas varían en función de la densidad promedio del área urbana o rural donde se desempeña el servicio.

Sumado a estos modelos de servicio se están implementando herramientas y estrategias que optimizan los procesos logísticos para la entrega de la última milla tales como: softwares de geolocalización, softwares para la administración de la relación con el cliente (*Customer Relationship Management*) o sistemas de notificaciones, entre otros.

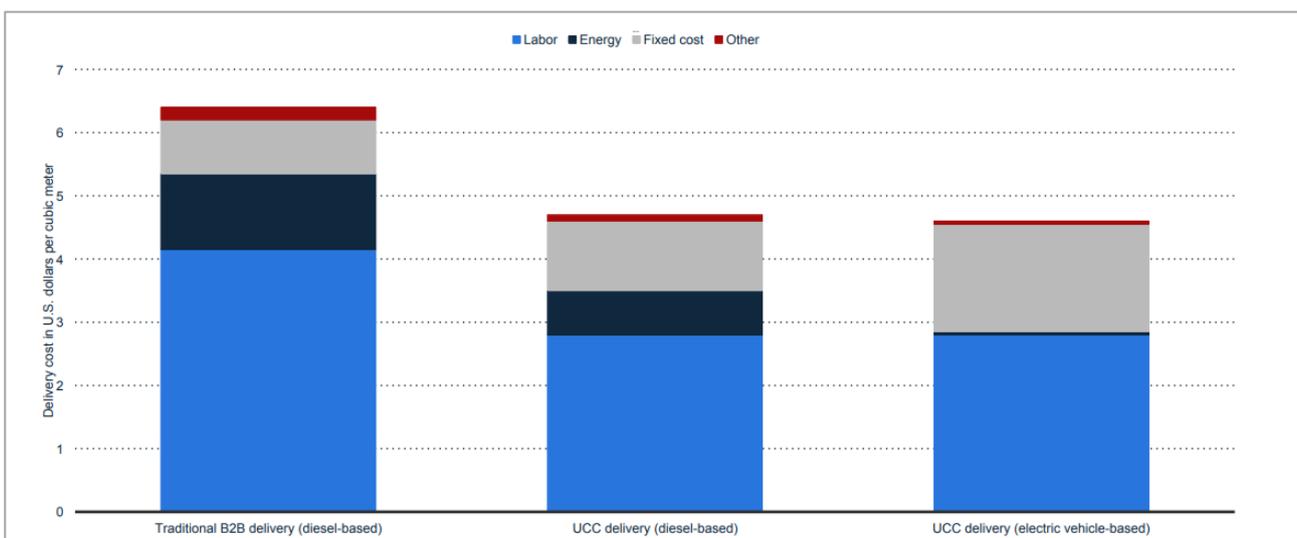
Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, se hace un repaso por los diferentes modos de transporte utilizados para prestar el servicio de entrega de mercancía en la última milla:

<sup>40</sup> A modo de ejemplo, algunos estudios como el elaborado en septiembre de 2016 por McKinsey&Company "The future of the last mile" cifran dicho porcentaje en cerca del 28%.

- Coches/bicicletas eléctricas en el entorno urbano:** Como parte de la planificación de transporte y distribución de mercancías dentro de las ciudades, se están desarrollando programas de logística urbana para la entrega de mercancías a través del uso del coche eléctrico y bicicleta eléctrica. Estos tipos de vehículos representan una alternativa limpia al vehículo convencional al ser respetuoso con el medio ambiente y producir a la vez importantes ahorros económicos en cuanto a consumo de combustibles, además que se adaptan a los estrechos espacios de las calles en las urbes. Sin embargo, en cuanto a las bicicletas, una de las razones principales por la cual este medio a veces se ve desfavorecido en el entorno urbano es la inexistencia de vías que sean exclusivas para este medio de transporte.

A modo de referencia, el informe de Mckinsey *"An integrated perspective on the future of mobility, part 2: Transforming urban delivery"* muestra una comparativa entre los costes de entrega de paquetería de acuerdo al modo de transporte utilizado, constatando que las entregas realizadas a través de vehículos eléctricos reflejan una importante reducción en los costes de energía implícitos a la prestación de este servicio. Este es un ejemplo del comportamiento de este servicio a nivel mundial que se presenta no sólo como una tendencia en las ciudades europeas sino también en el modelo americano que están afrontando de igual manera un importante proceso de transformación digital aplicado a la prestación de sus servicios públicos.

**Gráfico 8 Desglose de los costes de entrega de paquetes en ciudades desarrolladas y densas en 2017, por método de entrega (en EE.UU.)**



Fuente: *An integrated perspective on the future of mobility, part 2: Transforming urban delivery, septiembre 2017, McKinsey.*

- Drones para las áreas rurales:** En las áreas rurales con baja densidad de población resulta extremadamente costoso ofrecer el servicio de entrega de mercancías en un plazo determinado, debido a la menor accesibilidad de estos territorios. En este caso, para paquetes más pequeños (menores a 5 kg) los vehículos aéreos teledirigidos (drones) o autónomos, pueden ofrecer una solución competitiva.

Actualmente se estima que en España existe una demanda de 645 millones de servicios de entrega anuales, de los que el 10% de los pedidos se corresponderían con envíos Premium<sup>41</sup>. Teniendo en cuenta que, debido a las limitaciones de peso y tamaño, se prevé que el 60% podría enviarse haciendo

<sup>41</sup> Plan Estratégico para el desarrollo del sector civil de los drones en España 2018-2020

uso de los drones. Las zonas urbanas densas acapararían el 20% de los paquetes; de esta manera se obtiene que existe un potencial de cerca de 8 millones de envíos anuales empleando estas aeronaves.

Figura 10. Envíos potenciales de paquetería con drones



Fuente: Plan Estratégico para el desarrollo del sector civil de los drones en España 2018-2020

- **Robots:** algunas ciudades ya han apostado por este modo de transporte para el servicio de entrega de última milla de las mercancías en las urbes, cuya competencia se acota en un margen aproximadamente de 10 kg de peso en cuanto a las mercancías a transportar, con un radio de acción que no implique más de media hora de viaje a una velocidad de 6 km/h. Este modo ha sido pensado para dar impulso a los pequeños negocios de las urbes, donde las empresas no cuentan con una gran logística de reparto, ni grandes almacenes para sus mercancías; ayudando de esta forma a reducir los gastos del servicio.

Sin embargo, este es un servicio que todavía se encuentra en la mayoría de las ciudades en etapa de pruebas con la intención de poder ganar experiencia para seguidamente incorporar esta tecnología en diversos procedimientos logísticos. Existen temas pendientes de resolver para que puedan aprovecharse más ampliamente las virtudes de este servicio; principalmente el marco legal. Este servicio requiere de la supervisión humana, ya que así lo expresa la normativa existente de operación con robots en espacios públicos.

Para poner en contexto las potencialidades que la transformación digital supone en la optimización del transporte de mercancías en la última milla, se incluyen los **dos ejemplos**: el primero de ellos aborda el empleo de robots mientras que el segundo considera el empleo de un software de gestión apoyado en las nuevas tecnologías digitales. A continuación, se describe brevemente ambos ejemplos:

- **Londres, Zúrich, Tallin, Hamburgo, Berna, Washington DC, Hangzhou** son algunas de las ciudades que apuestan por el **uso de Robots** para el servicio de entrega de paquetería, la idea es que este servicio sea más ecológico; al contar con un motor eléctrico será menos contaminante que las motos y los coches que convencionalmente se usan para este servicio. Se puede monitorear su ruta y posición desde una aplicación con ayuda del GPS.
- En el ámbito nacional la transformación digital también ha llegado a las grandes empresas, quienes han identificado rápidamente la repercusión económica que representa la optimización de las entregas de última milla de sus productos como soporte de una estrategia de posicionamiento en el mercado. Es por ello que **Zaragoza apuesta por la optimización de las rutas de reparto a través de un software de gestión**, conjugando todas las variables que afectan a la confección de una ruta, para emitir rutas

optimizadas en función de los parámetros introducidos; adicionalmente esta estrategia incluye el geoposicionamiento de las rutas de reparto para una gestión más segura. La optimización de los procesos de última milla ha permitido a las empresas afrontar los retos de distribución del siglo XXI de una forma eficaz y solvente, convirtiendo a la logística en un factor real de competitividad.

### 3.2.8 Transporte a la demanda y rutas dinámicas

Debido a la tendencia de la población a concentrarse en torno a grandes urbes, el despoblamiento de las zonas rurales es una realidad que va en aumento. Esto unido al alto grado de dispersión en muchas de estas zonas, pueden hacer necesaria la existencia de servicios de transporte público alternativos que refuercen las opciones existentes de transporte interurbano por carretera y que garanticen la movilidad para que toda la población pueda acceder a servicios de primera necesidad (centros médicos, abastecimiento, servicios administrativos y financieros, enlaces con otros medios de transporte, etc.). Estas soluciones no deben ser entendidas como una sustitución de los medios de transporte colectivo habituales, que continuarán siendo el esqueleto principal del sistema de transporte al ser los que movilizan un mayor número de usuarios, sino que su implementación debe producirse para dotar de mayor capilaridad e incluso para abastecer a los medios de transporte colectivo habituales.

Un sistema de transporte público interurbano de viajeros a la demanda ya se aplica en algunos tráficos en los servicios de titularidad de la AGE, siendo un sistema pensado para zonas urbanas poco densas, zonas rurales, zonas montañosas, zonas turísticas, etc.), donde el servicio se planifica de forma orientada al usuario, ya que éste deberá comunicarse con un tiempo mínimo de antelación (por ejemplo 12 horas) con el operador para hacerle llegar sus necesidades de transporte, a través de métodos telefónicos y telemáticos, de manera que si no existe demanda no se ejecutará el servicio. Además, hay que tener en cuenta que, de acuerdo a la normativa vigente, el transporte público de viajeros por plaza y cobro individual solo se puede realizar como transporte regular de uso general.

Este servicio de transporte se caracteriza por tener una prestación adaptativa a la demanda, ser prestado tanto por operadores públicos como privados, los cuales van recogiendo y dejando pasajeros de acuerdo a las necesidades de los usuarios, pero dentro de unos puntos de parada prefijados y con una frecuencia regular.

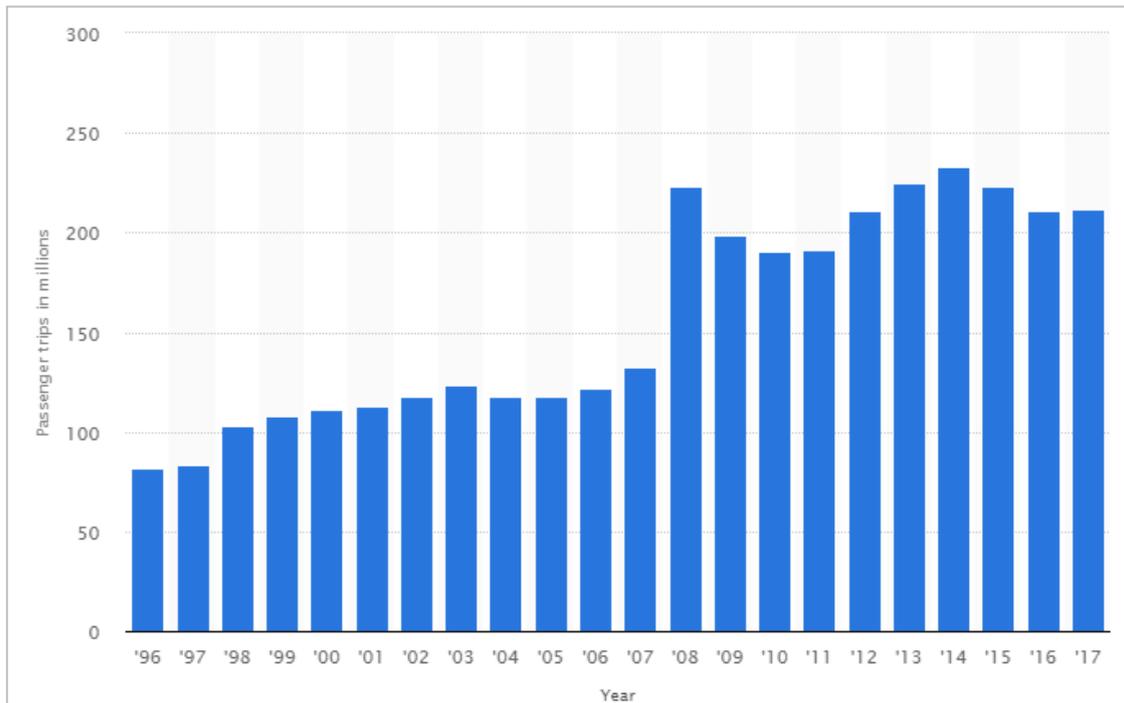
Si además se cuenta con un entorno tecnológicamente avanzado, se puede dar un servicio de transporte público a la demanda irregular y completamente flexible, es decir, con puntos de parada y horas de paso totalmente adaptados a las necesidades concretas de los usuarios. Para hacer posible este servicio se requiere que el sistema optimice de manera eficiente las rutas de los vehículos en función de las solicitudes de viaje de los usuarios, de tal manera que a los viajeros que se dirijan aproximadamente en la misma dirección, se les ofrezcan el servicio con el mismo vehículo. Estos vehículos podrán ser pequeños o medianos atendiendo a las solicitudes que de forma simultánea se deban atender. Por lo tanto, el sistema estima los tiempos de viaje de manera fiable adaptándose a las condiciones del entorno (congestión, meteorología, etc.) que pueden influir en los tiempos de recorrido.

En consecuencia, este tipo de servicios se configuran a través de una aplicación móvil que geolocaliza a los usuarios. Sus peticiones son enviadas y procesadas y teniendo en cuenta el estado del tráfico actual y previsto se le indica la ruta y tiempo de viaje previsto para llegar a su destino. Adicionalmente, en función de sus preferencias enfocadas principalmente a su nivel de servicio (tiempo de recorrido, distancia hasta la parada, etc.) se le asignará una tarifa u otra.

En EE. UU este servicio se ha convertido en una realidad en la mayoría de los territorios rurales, donde se proporcionan alrededor de unos 400 servicios de transporte a demanda. Es un servicio que está muy aceptado en la sociedad norteamericana y que con el paso de los años ha ido incrementado su demanda de usuarios. Existen un gran número de soluciones que en su mayoría pertenecen a las Administraciones de transporte local y que han servido como un importante refuerzo a los sistemas de servicio convencionales para poder llegar a las áreas más desfavorecidas e incluso prestar servicios a personas con características especiales de movilidad.

A continuación, el gráfico elaborado por la Asociación Americana de Transporte Público (APTA) nos muestra esta importante evolución del modelo americano de transporte a demanda:

**Gráfico 9. Número de viajes en el servicio de transporte a demanda en EEUU en el período 1996-2017**



Fuente: APTA (National Transit Database)<sup>42</sup>

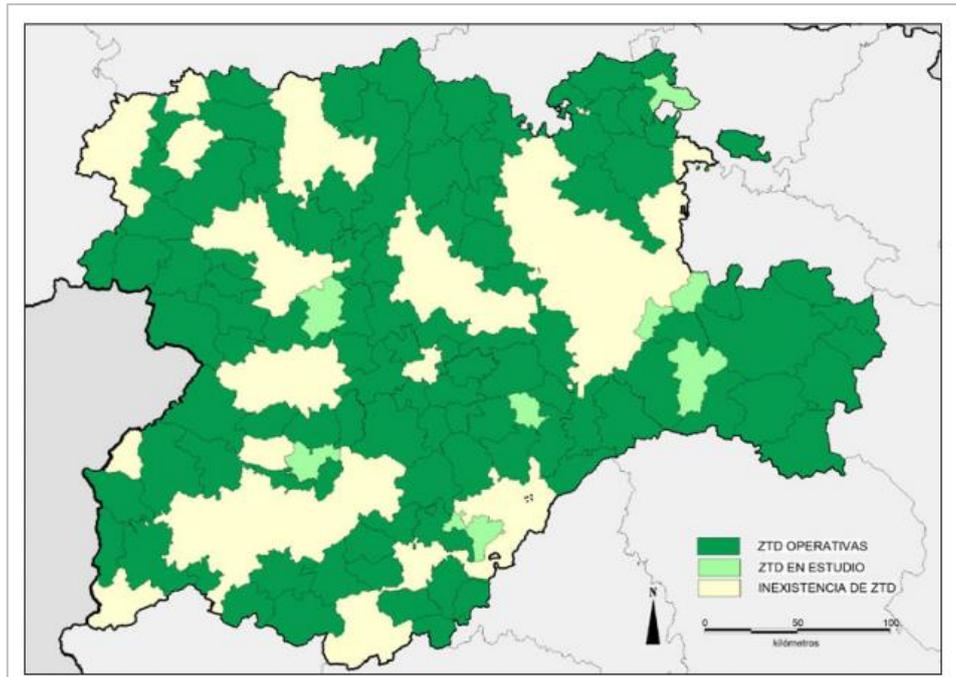
La aplicación de nuevas tecnologías como el *big data* y el posicionamiento mediante sistemas de geolocalización contribuye a mejorar la eficiencia, grado de ocupación, accesibilidad y rentabilidad de este servicio de transporte.

Como se indicaba anteriormente, España ha incluido entre sus servicios de transporte público el transporte a la demanda, por ejemplo, desde el año 2004 en los municipios de la Comunidad Autónoma de Castilla y León se ha implementado este servicio que poco a poco ha ido incrementando su demanda y mejorando la accesibilidad del territorio. Las rutas generadas con este servicio de transporte a demanda en Castilla y León sobrepasan las ochocientas y extendiéndose hacia nueve provincias, cada ruta enlaza pequeñas localidades carentes de otros servicios de transporte con los centros comarcales, donde se encuentran las dotaciones de servicios requeridas por los ciudadanos.

A continuación, la siguiente figura muestra la adopción de este servicio de transporte a demanda en las localidades de la Comunidad Autónoma de Castilla y León.

<sup>42</sup> <https://www.apta.com/resources/statistics/Documents/Ridership/2017-Q4-Ridership-APTA.pdf>

Figura 11. Zonas de transporte a la demanda en Castilla y León



Fuente: El transporte a la demanda como sistema de movilidad alternativo en áreas rurales de baja densidad demográfica: el caso de castilla y león. Universidad de Valladolid. Balance 2014

A continuación, se presentan **dos casos concretos** con distinto grado de éxito: el primero de ellos tuvo lugar en Helsinki (Finlandia), donde no se alcanzaron los resultados esperados mientras que el segundo es una experiencia de éxito que se ha desarrollado en una población ubicada a las afueras de Barcelona.

- Sistema de transporte urbano en el que los ciudadanos de Helsinki podían elegir el lugar donde los recogen y donde van entre una amplia lista de direcciones de la ciudad y de paradas existentes. Este servicio, que comenzó su explotación en el año 2012, permitía a sus usuarios solicitar su recogida anticipadamente desde cualquier ordenador, o través de la aplicación para los dispositivos móviles que fue diseñada. El teléfono les indicaba la forma más rápida de llegar a pie al punto de recogida más cercano. Al llegar al autobús, el viaje se podía pagar directamente también con el teléfono móvil, sin necesidad de dinero en metálico. El servicio era algo más caro que los autobuses convencionales, pero más barato que un taxi. Este sistema utilizaba un algoritmo que gestionaba en tiempo real los datos de todos los usuarios y calculaba la ruta más rápida para dejar en su destino a todos los pasajeros que van en ese momento en el autobús. Básicamente, gestiona eficazmente todas las peticiones de origen y destino, creando las rutas y asignando los autobuses a cada una de ellas.

A pesar de la creciente aceptación de los usuarios y de los resultados positivos que tuvo, el desarrollo de este tipo de servicios a pequeña escala puede requerir de una inyección de capital público a modo de subvenciones. Esto, unido a la coyuntura económica de los años en los que se desarrolló esta iniciativa supuso que el servicio dejase de prestarse a finales de 2015.

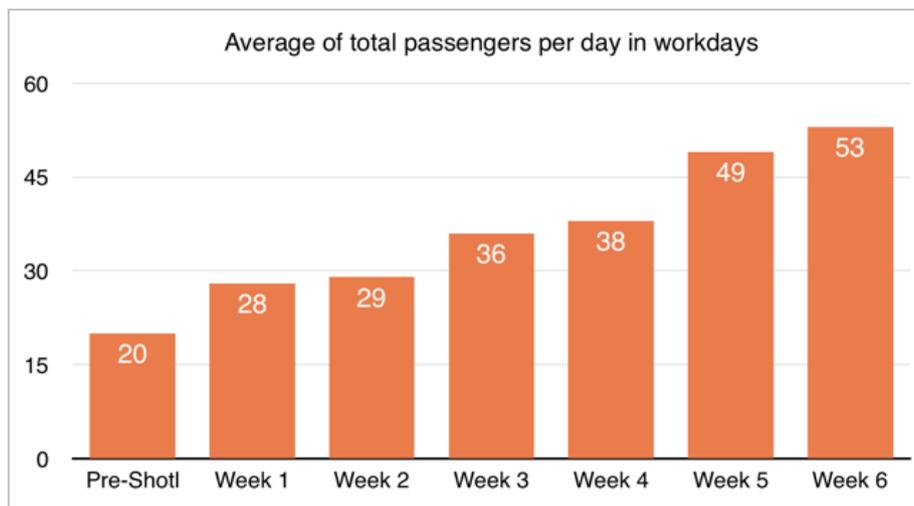
- En Cataluña, el sector privado ofrece soluciones para el transporte a la demanda. Su solución se basa en la utilización de tres plataformas distintas:
  - Plataforma que supervisa la flota disponible de vehículos a través de una interfaz de seguimiento basada en mapas que proporciona un estado actualizado de cada viaje.

- Aplicación del conductor que permite conducir por la ciudad siguiendo las indicaciones detalladas paso a paso hacia los lugares de recogida y devolución definidos por el módulo de gestión.
- Aplicación para el usuario, que permite solicitar el servicio de transporte una vez se ha descargado y registrado.

Este servicio se implantó en una población residencial en las afueras de Barcelona, el objetivo del operador era reemplazar cuatro líneas de autobuses tradicionales con un solo servicio de transporte a la demanda.

Para lograrlo se amplió la cobertura del servicio, agregando 35 paradas nuevas y gracias a las posibilidades de las nuevas tecnologías los tiempos de espera de los viajeros se redujeron considerablemente. La evolución de este servicio se muestra en la siguiente figura.

**Figura 12. Evolución del número medio de pasajeros al día en un día laborable tras seis semanas desde la aplicación de soluciones de transporte a la demanda**



Fuente: Shotl

### 3.2.9 Aplicaciones relacionadas con la navegación por satélite

Los sistemas globales de navegación por satélite (GNSS por sus siglas en inglés) son constelaciones de satélites que proveen de servicios de geolocalización y sincronización de gran precisión en cualquier parte del globo terráqueo.

Los GNSS comenzaron a desarrollarse en la década de los años 80 del siglo pasado con fines militares. La primera constelación desplegada con éxito fue la estadounidense *Global Positioning System* (GPS), que entró en operación a principios de la década de los 90 y fue completada en 1995. En los siguientes años se fue abriendo gradualmente al público para usos comerciales, aunque ya estaba siendo usado en aviación civil con anterioridad. En la siguiente década se extendería su uso doméstico por todo el mundo a través de dispositivos móviles y navegadores, al mismo tiempo que la industria comenzaba a darle uso en multitud de campos.

Otros GNSS han sido desarrollados por otros países, como el ruso Glonass o el chino Beidou. En 2003, la Unión Europea presentó el **programa Galileo** (también denominado *European-GNSS*). Tras desarrollar la fase de proyecto y algunos retrasos debidos principalmente a su financiación, la Agencia Espacial Europea (ESA) comenzó a desplegar los satélites en 2011. La Comisión Europea declaró el sistema operativo el 15 de diciembre de 2016, aunque los 30 satélites de la constelación no estarán desplegados al completo hasta el año 2020. Para la gestión del sistema, la UE creó la Agencia Europea GNSS (GSA) con sede en Praga. A diferencia del resto de constelaciones GNSS, Galileo no está bajo control militar.

Figura 13. Oficinas de la GSA en Praga



Fuente: GSA

Como todos los sistemas GNSS, el Galileo funciona bajo el principio de trilateración, el cual se basa en el conocimiento de las posiciones de al menos cuatro satélites y sus distancias al receptor. Las distancias a los satélites se estiman a partir de tiempo que tardan las señales en llegar al receptor, suponiendo que se desplazan a la velocidad de la luz y las posiciones de los satélites se reciben en un mensaje de navegación enviado por el propio sistema. Además, el funcionamiento de Galileo depende de la capacidad de medir el tiempo con una extrema precisión, de alrededor de 10 milmillonésimas de segundo de media. Esta gran precisión en la materialización y medición del tiempo permite realizar todo tipo de sincronizaciones, mediciones y experimentos científicos relativos a escalas de tiempo con gran exactitud. Galileo es interoperable con el sistema GPS, lo que abrirá una nueva era en la navegación por satélite mediante el concepto 'multiconstelación'.

A su vez, Galileo es complementado con el sistema Egnos. Esta constelación desarrollada con anterioridad es un Sistema de Aumentación Basado en Satélites (SBAS por sus siglas en inglés), y su función consiste en mejorar la precisión y prestaciones de los GNSS, en particular de Galileo. Es usado principalmente en el campo de la navegación aérea, mejorando el posicionamiento de las aeronaves dotándolas de referencia vertical (localización tridimensional), mayor precisión y tiempos de aviso en caso de fallo menores. Esto permite reducir las distancias de seguridad entre aeronaves y facilitar las operaciones de despegue y aterrizaje, lo que en definitiva se traduce en una mayor capacidad y seguridad operacional en el espacio aéreo y los aeropuertos.

La GSA prestará un servicio comercial gratuito de alta precisión y otros de autenticación que harán que el uso del sistema sea más robusto frente a ataques deliberados. Además, Galileo ofrecerá otros dos servicios: el servicio PRS (*Public Regulated Service*) destinado a un uso gubernamental por organizaciones de seguridad y protección civil, y el apoyo al servicio global SAR (búsqueda y rescate), contribución europea al servicio internacional del salvamento COSPAS-SARSAT. Incorpora como gran innovación un canal de retorno que informa a los solicitantes de auxilio, sobre la recepción de su mensaje y que la ayuda está en camino. Además, la tecnología Galileo permite reducir el radio de búsqueda reduciendo el tiempo de rescate, lo que es un factor crítico para salvar vidas en estas misiones.

La constelación Galileo ha supuesto una inversión importante para la Unión Europea. A fecha de elaboración de este informe, el Parlamento Europeo estima que la suma de fondos que el proyecto habrá requerido hasta su finalización será de más de 13.000 millones, si bien esta cifra aún no es definitiva. Se espera que gracias a esta inversión el mercado de las aplicaciones basadas en sistemas de navegación por satélite crecerá en porcentajes de dos dígitos anuales en los próximos años en Europa, llegando a los 165.000 millones de euros en 2020, solo para las actividades directamente relacionadas con el sistema (chips, mapas o servicios). De forma indirecta, se calcula que hasta el 10% de la actividad económica europea depende en mayor o menor medida de la navegación por satélite, según el último "GNSS Market Report" elaborado por la GSA. Además, se espera que Galileo sirva de plataforma para el desarrollo de las tecnologías del mañana, tecnologías de alto valor añadido que la comisión europea considera claves para conservar la posición competitiva de la

Unión Europea. Algunas de las áreas en las que se espera más impacto económico son el despliegue de la red 5G, la promoción de las ciudades inteligentes, o las aplicaciones en el transporte, donde se han identificado prácticamente todos los modos como potencialmente beneficiarios (aéreo, carretera, ferroviario, marítimo). Particularizando para cada modo, las principales aplicaciones se resumen a continuación:

- **Aviación:** La tecnología GNSS tiene tres principales aplicaciones en el modo aéreo, que son:
  - Navegación basada en el desempeño (*Performance Based Navigation* o PBN por sus siglas en inglés): procedimientos programables que requieren de una localización muy precisa (para la que se requiere un sistema de aumentación SBAS como el EGNOS, anteriormente descrito).
  - Control de aeronaves en tierra (*Automatic Dependent Surveillance – Broadcast* o ADS-B por sus siglas en inglés): sistema que comparte la posición de la aeronave en tierra con controladores y otras aeronaves, para una mayor seguridad operacional cuando estas se encuentran en el aeropuerto.
  - Transmisores localizadores de emergencia: que emiten una señal de socorro y la localización de la aeronave en caso de accidente, facilitando su búsqueda y rescate y mejorando el tiempo de respuesta.

Además, el posicionamiento por GNSS sirve para otras múltiples aplicaciones tales como la asistencia al pilotaje en aproximaciones con reglas de vuelo visual, señalización de espacios aéreos restringidos o balizas localizadoras personales en caso de salto en vuelo.

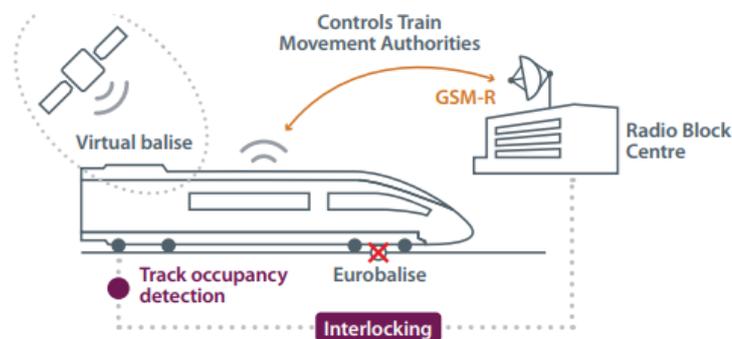
- **Carretera:** Desde hace casi dos décadas los navegadores GPS han facilitado la conducción y el desplazamiento con la optimización de rutas. Gracias al geoposicionamiento se han desarrollado softwares de asistencia al conductor capaces de:
  - almacenar mapas que combinan coordenadas geográficas, direcciones e información de interés;
  - recibir y emitir información sobre el tráfico y las condiciones meteorológicas;
  - trazar la ruta óptima desde un punto a otro;
  - en función de estas variables, estimar el tiempo y la distancia del recorrido;
  - y dar las indicaciones precisas al conductor para seguir esa ruta.

No obstante, la tecnología GNSS tiene aplicaciones en el ámbito de la carretera más allá de los navegadores. A continuación, se detallan algunas de estas aplicaciones:

- Gestión de flotas logísticas o de vehículos de pasajeros (taxi o VTC): facilitando el seguimiento y asignación de vehículos para atender a una demanda en tiempo real.
- Gestión del tráfico: mejorando los procesos de recolección de información de las autoridades para un mejor seguimiento del tráfico.
- Sistemas de asistencia avanzada al conductor: ayudando al conductor en el proceso de conducción en múltiples tareas, desde aparcar hasta no salirse de la carretera. En última estancia, GNSS será una tecnología necesaria para llegar al vehículo autónomo.
- Cobro de peajes: permitiendo un seguimiento continuo del trayecto del vehículo.
- Mejor seguimiento de vehículos por parte de aseguradoras y empresas de alquiler de coches.
- Aviso en caso de emergencia: contactando con las autoridades en caso de accidente y facilitándoles la localización del vehículo.

- Tacógrafos inteligentes: controlando las distancias efectuados para el cumplimiento de la regulación.
- **Ferrocarril:** Tradicionalmente, los ferrocarriles han utilizado equipos de odometría de a bordo para posicionarse, principalmente el tacómetro. Con el fin de mejorar este posicionamiento, los sistemas de señalización modernos han usado balizas en la vía que dan una referencia espacial a los vehículos que pasan por encima en determinados puntos concretos. Las especificaciones técnicas de interoperabilidad (ETI) del sistema de señalización Europeo ERTMS están diseñadas para que este sea compatible con los GNSS como herramientas para el posicionamiento. Una posible solución sería la sustitución de las balizas anteriormente descritas por balizas virtuales, que proporcionarían una referencia espacial constante aunque limitada a las zonas con cobertura, lo que en un principio excluye los túneles. Esto supondría un mejor seguimiento y posicionamiento para los trenes y, potencialmente, un ahorro en los costes de inversión y mantenimiento.

Figura 14. Esquema del sistema de señalización europeo (ERTMS) mediante balizas virtuales basadas en GNSS



Fuente: GNSS Market Report Issue 5, GSA

Además, E-GNSS tiene otras aplicaciones en el modo ferroviario, como pueden ser:

- Gestión de flotas para el gestor de la infraestructura o el operador ferroviario.
- Posicionamiento de otros vehículos para los maquinistas, de forma similar a ADS-B del modo aéreo.
- Servicios de información a bordo para el pasajero.
- Asistencia al maquinista, facilitando una conducción más eficiente del tren.
- **Marítimo:** Las principales aplicaciones de la tecnología GNSS en el modo marítimo son:
  - Seguimiento de buques, con varios dispositivos por razones de redundancia en los que entran en la categoría SOLAS de la Organización Marítima Internacional (OMI), a través del Sistema de Identificación Automático (SIA/AIS).
  - Vigilancia e identificación de buques: facilitando las labores de control de las autoridades, mediante el SIA/AIS.
  - Seguridad: posicionando y emitiendo señales de socorro en caso de accidente que faciliten las labores de búsqueda y rescate, mediante la Radiobaliza de Localización de Siniestros (RBLs).
  - Cumplimiento en las cuotas de pesca: facilitando a las autoridades la trazabilidad de los buques pesqueros y un mejor control de las capturas, mediante la comúnmente denominada "Caja Azul".
  - Gestión de puertos: permitiendo una mejor monitorización de las operaciones del puerto y las mercancías.

- Ingeniería marítima: sirviendo como herramienta para proyectos de construcción o el despliegue de cables o tuberías.

En resumen, como se puede extraer de las aplicaciones anteriormente descritas, hay varias funciones que son comunes a la mayoría de los modos. En general se puede resumir que las aplicaciones de la tecnología GNSS fundamentalmente se basan en dos prestaciones:

- Posicionamiento del vehículo en un mapa digital, para el propio conductor, las autoridades responsables de la infraestructura o los equipos de emergencia en caso de accidente.
- Posicionamiento de otros vehículos en el entorno.

Estas dos funciones sirven de base tecnológica para los sistemas y aplicaciones anteriormente descritos, desde la asistencia en la conducción del vehículo hasta la conservación de distancias de seguridad entre vehículos o el cumplimiento de regulaciones.

Como complemento a los usos y potencialidades comentadas previamente, se presentan a continuación **dos casos derivados de la tecnología GNSS**, el primero una invención totalmente asentada en el mercado y el segundo un proyecto actualmente en ejecución impulsado por la Comisión Europea.

- **Tom Tom:** La famosa compañía holandesa entró en el mercado de los navegadores para automóvil en 2001. Los primeros productos consistían en programas informáticos para agendas electrónicas, que a su vez eran conectados a un receptor GPS y a una sujeción anclada en el salpicadero del coche. En 2004 la empresa presentó su primer dispositivo todo en uno con pantalla, CPU y lector de tarjetas SD. En los últimos años Tom Tom ha diversificado su cartera de productos y centrado su estrategia en hacer frente a las aplicaciones de navegación para móviles, que ahora forman la competencia más directa. Para esto, ha establecido alianzas con los fabricantes de automóviles y otras empresas tecnológicas como Apple o Uber, de tal forma que sus productos lleguen a los consumidores de forma indirecta y la empresa dependa menos de sus ventas de dispositivos físicos.
- **Proyecto REAL (RPAS EGNOS Assisted Landings):** con el fin de mejorar la autonomía de los drones, este proyecto pretende potenciar su capacidad para el aterrizaje. El piloto automático de los drones se serviría del posicionamiento de alta precisión proporcionado por EGNOS para efectuar aterrizajes de forma segura, llegando a zonas inaccesibles para operarios humanos.

De esta forma, las posibilidades de los drones aumentarían en varios campos. A modo de ejemplo, la GSA describe algunos de los escenarios en los que esta tecnología tendría aplicación. Con este grado de autonomía los drones podrían asistir a los bomberos de forma más efectiva y en más tareas al combatir los incendios, o también transportar medicinas y equipo médico de forma rápida a zonas de difícil acceso.

### 3.2.10 Seguridad física basada en las nuevas tecnologías

El auge del transporte internacional requiere de una serie de soluciones que faciliten la fluidez en las operaciones relacionadas con la seguridad territorial de cada país. En este sentido, los pasos fronterizos en puertos, aeropuertos o en los modos terrestres cobran especial relevancia. Si además del incremento del transporte internacional, se consideran otros efectos colaterales como la creciente preocupación por la seguridad y la inmigración irregular, la importancia de disminuir los trámites administrativos del paso de fronteras, pero aumentando los niveles de seguridad y confianza, se hacen cada vez más necesarios.

La mejora de estos procesos puede tener un impacto importante en el sistema de transporte, dado que posibilitará ahorrar tiempos de recorrido, así como lograr un mayor aprovechamiento de las infraestructuras existentes. Algunos ejemplos pueden ser los siguientes:

- La mejora de los puntos de inspección de pasaportes en aeropuertos haciendo los controles más ágiles permitirá disminuir las colas, ahorrar tiempos a los viajeros y poder reconfigurar las terminales dotando de mayor espacio para implementar servicios de valor añadido para el gestor de la infraestructura.
- Algo similar sucede en las fronteras viarias. Si se analizan las colas de vehículos y el espacio que estos necesitan hasta pasar el control, puede dar lugar a pensar que estos procedimientos suponen un cuello de botella para el transporte internacional de viajeros por carretera.

Esta percepción de la necesidad de seguridad de los ciudadanos unido a las posibilidades de optimización de la infraestructura que conllevaría ha propiciado que durante los últimos años se haya ido incorporando tecnología biométrica en los controles de fronteras y en los pasaportes electrónicos y visas. Algunos países han implementado sistemas de seguridad basados en la biometría para identificar segura y rápidamente a los viajeros y ciudadanos que ingresan o egresan en su territorio. Estas tecnologías permiten también que se automaticen las puertas de control mediante puertas electrónicas que utilizan autenticación biométrica. Esta tecnología permite detectar el uso de documentación falsificada, aportar una mayor seguridad y optimizar la gestión de los viajeros internacionales.

Los sistemas de reconocimiento biométrico también han experimentado una gran evolución tecnológica. Se ha pasado desde el reconocimiento facial al uso de sistemas multimodales, que trabajan con más de una característica biométrica.

Este hecho supone que se tenga que evolucionar hacia incorporar datos biométricos en los pasaportes.

Para contextualizar las posibilidades que ofrece la tecnología actual, se describen a continuación **tres ejemplos** de implementación de algoritmos biométricos en pasos fronterizos. El primero caso describe la implantación de la tecnología biométrica en una terminal del aeropuerto de Atlanta (EEUU), mientras que los otros dos se versan sobre el control fronterizo de personas y vehículos en los pasos fronterizos españoles:

- En noviembre de 2018 se implantó en la **terminal F del aeropuerto de Atlanta, que es el aeropuerto que gestiona un mayor número de pasajeros a nivel mundial, una tecnología 100% biométrica**. Este proyecto ha sido desarrollado por Delta Air Lines en colaboración con la Agencia de Aduanas y Protección Fronteriza de los Estados Unidos (CBP por sus siglas en inglés), el Aeropuerto Internacional Hartsfield-Jackson de Atlanta (ATL) y la Administración de Seguridad del Transporte (TSA por sus siglas en inglés).

Este desarrollo supone que los pasajeros que vuelen sin escalas a un destino internacional con Delta, pero también con Aeroméxico, Air France, KLM o Virgin Atlantic Airways pueden usar este tipo de tecnología, basada en el reconocimiento facial.

En las fases iniciales necesarias para la implantación de esta tecnología, se contó con la participación de los empleados de la aerolínea, siendo sus opiniones en la etapa de pruebas de un gran valor en la configuración final de la solución, que permitió ahorrar, de media 9 minutos por vuelo.

Los pasajeros que vuelen directamente a un destino internacional desde la Terminal F de Atlanta y que quieran usar esta opción simplemente tienen que:

- Registrarse en los puntos de autoservicio en el lobby internacional.
- En caso de tener que facturar equipaje, acudir a los mostradores del lobby internacional con el registro obtenido en los puntos de autoservicio.
- Hacer uso del mismo registro como identificación en el punto de control de la TSA.
- Ingresar al vuelo en cualquier puerta de la Terminal F.

Otro aspecto que se está desarrollando en la misma Terminal F del aeropuerto de Atlanta es la utilización de *scanners* de Tomografía Computarizada (CT) en dos de las filas automatizadas. Esta tecnología permite que los pasajeros no tengan que extraer los aparatos electrónicos de su equipaje (ordenadores portátiles y *tablets* entre otros) en el punto de registro de la TSA, que supone un tránsito más fluido y con menos interrupciones.

- En el **ámbito nacional**, se señalan dos principales iniciativas:
  - La primera de ellas es la implantación del **sistema de control de fronteras denominado Centinela, que incluye el reconocimiento facial automático**. Este sistema, que gestiona todos los puestos fronterizos de manera automática y analiza la información de los vehículos que transitan, con estudio de las matrículas y propietarios, dispone desde septiembre de 2016, de un nuevo módulo de reconocimiento facial e identificación de los ocupantes del vehículo. Las caras son comparadas con una gigantesca base de datos del Ministerio del Interior, así como de otras instituciones policiales.

Este sistema, desarrollado por Atos, realiza cruces con la multitud de información disponible de forma que permite verificar actividades consideradas como 'anormales', como pueden ser el uso de varios vehículos por un mismo conductor, muchos tránsitos de las mismas personas, etcétera. Cuando detecta anomalías envía una alerta automática para que se tomen las medidas de prevención pertinentes. El reconocimiento facial también se piensa que es una solución eficaz en la lucha contra el contrabando y la inmigración ilegal.

- La segunda es de más reciente desarrollo y es el compromiso adoptado por Aena a finales del año 2017 de adquirir e implantar en los próximos 4 años un total de 652 equipos automáticos para el control de fronteras denominados **ABC System** por sus siglas en inglés (*Automated Border Control*). El ABC consiste en un equipo que realiza una verificación documental junto con una comprobación biométrica facial y/o dactilar a las personas mayores de 18 años que posean un DNIe o un Pasaporte electrónico y sean residentes en un país dentro del espacio Schengen. Tras la verificación del documento identificativo, el viajero habrá pasado el control fronterizo en unos 20 segundos.

Esta medida se aplica para atender las exigencias derivadas del nuevo Reglamento 2017/458 de la Unión Europea, que entró en vigor en abril de 2017 y que obliga a los estados miembros a realizar controles sistemáticos de todas las personas, tanto en la entrada como en la salida de las fronteras para reforzar la seguridad.

Actualmente este sistema de inspección automático cada vez es más empleado en los países de la Unión Europea, estando presente en el ámbito nacional en 6 aeropuertos de la red de Aena: Adolfo Suárez Madrid-Barajas, Barcelona-El Prat, Palma de Mallorca, Málaga-Costa del Sol, Alicante-Elche y Tenerife Sur. No obstante, con este compromiso, la intención de Aena es ampliar el número de aeropuertos de su red que cuenten con estos equipos, con el objetivo de que se encuentren en funcionamiento en los 22 aeropuertos de la red de Aena que disponen de un mayor volumen de transporte de ámbito internacional.



### 3.2.11 Resumen de las tendencias

De la exposición de las tendencias y servicios previamente descritos se desprende el gran impacto que sobre el sector del transporte y la logística pueden tener estos desarrollos. En este sentido en la siguiente tabla se enumeran las tendencias descritas relacionándolas con los siguientes conceptos:

- **Modos de transporte** que se ven impactados por la implantación de cada una de las tendencias.
- **Segmento o tipo de transporte** sobre el que aplica, esto es si la tendencia afecta al transporte de viajeros, al de mercancías o a ambos.
- **Ámbito o área del transporte** donde cada una de las tendencias y servicios considerados tienen mayor influencia, distinguiendo entre:
  - Planificación de infraestructuras o servicios.
  - Provisión de infraestructuras.
  - Prestación de servicios.
  - Control y supervisión de infraestructuras y servicios.

Tabla 3. Resumen de las principales características de las tendencias y servicios considerados

Nº	Desarrollo o tendencia	Modos de transporte a los que aplica				Segmento de transporte afectado		Ámbito de transporte sobre el que aplica			
		Carretera	Ferrocarril	Aéreo	Marítimo	Viajeros	Mercancías	Planificación	Provisión de infraestructuras	Prestación de servicios	Control y supervisión
1	Explotación analítica de los patrones de movilidad y predictiva de los datos en la planificación del transporte										
2	Digitalización del transporte de mercancías: e-freight y trazabilidad de las mercancías										
3	Infraestructuras y territorios inteligentes										
4	Desarrollos enfocados en la mejora de la seguridad operacional										
5	Vehículos autónomos										
6	Sistema de información de transporte multimodal y Movilidad como Servicio (MaaS)										
7	Optimización del transporte de última milla										
8	Transporte a la demanda y rutas dinámicas										
9	Aplicaciones relacionadas con la navegación por satélite										
10	Seguridad física basada en las nuevas tecnologías										

Fuente: Elaboración propia del OTLE

## 4 PRINCIPALES OPORTUNIDADES Y RETOS DE LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL EN EL TRANSPORTE

El proceso de transformación digital del transporte lleva aparejados una serie de oportunidades y retos que es preciso tratar. Si bien a lo largo del presente informe se han ido aportando ligeras pinceladas sobre alguna de las ventajas o dificultades que entraña este proceso, en este epígrafe se abordan de forma concreta y específica todos estos aspectos.

Asimismo, conviene señalar que las oportunidades y retos que se abordan a continuación se realizan mediante una aproximación global. Es decir, no se particulariza sobre las ventajas o inconvenientes específicos que una tendencia concreta puede producir, sino que el enfoque seguido pretende dar una **imagen completa de los beneficios y los desafíos** a los que **la transformación digital del transporte en su conjunto** se va enfrentar en un futuro próximo. No obstante, para facilitar la comprensión del lector, se incluirán ejemplos concretos que contribuirán a mejorar el entendimiento de las ideas que se quieren trasladar.

### 4.1 Oportunidades de la transformación digital en el transporte

El surgimiento y consolidación de avances e innovaciones en cualquier campo reside en que su utilización supone una mejora sustancial en relación con el desempeño anterior. En el caso que nos atañe, la transformación digital en el transporte no sólo va a acarrear una mejora concreta sobre un determinado aspecto, sino que este proceso se traduce en una serie de beneficios sobre el sistema de transporte en su conjunto y por ende en la sociedad.

Figura 15. Objetivos del transporte a los que la digitalización ayudará para su cumplimiento



Fuente: Elaboración propia del OTLE

#### 4.1.1 Foco en el usuario

Como se ha comentado previamente, uno de los aspectos que supone una mayor disrupción con respecto a la concepción tradicional de los servicios de transporte a la posibilidad de **personalización de los servicios** en función de las preferencias del usuario. Este hecho tiene dos vertientes principales:

- Por un lado, el usuario, entendido como viajero pero también como el propietario de la mercancía, es el centro sobre el que, principalmente, pivotarán los servicios de transporte. Esto supone convertir a los **usuarios en el elemento central de la movilidad**, planteando soluciones eficaces a sus necesidades.
- Por otro, esto fuerza a las empresas prestadoras de servicios de transporte a **no sólo enfocarse en mejorar su desempeño, sino también a que esa mejora sea percibida claramente por los usuarios**. Este hecho, que en sí mismo puede ser considerado una oportunidad, también tiene cierto grado de desafío, tal y como se comenta en el epígrafe 4.2.1.

En definitiva, este nuevo paradigma digital aplicado al transporte permite a los usuarios definir sus preferencias de viaje, de una forma más sencilla, rápida, accesible y cómoda, ofreciendo soluciones adaptadas a sus necesidades que, en un principio les permitirían ahorrar tiempo y dinero en sus desplazamientos. Un ejemplo claro de todas estas ventajas podría ser la implementación de soluciones de Movilidad como Servicio en la que exista la modalidad de pago a cuenta, dado que permitiría al usuario poder definir los medios de transporte que utilizará en función de sus preferencias (precio, tiempo, comodidad, etc.), disponiendo de información en tiempo real y conociendo de manera fiable todos los parámetros asociados a su desplazamiento.

#### 4.1.2 Eficiencia

Si en el caso del objetivo anterior, el discurso se centraba en el usuario, a partir de este epígrafe las oportunidades y retos son de un nivel más global y están encaminadas al cumplimiento de los objetivos del sistema de transportes que redundarán en beneficios para la sociedad en su conjunto. En este sentido, la eficiencia, entendida como un mayor aprovechamiento de los recursos existentes, es un factor fundamental para el desarrollo sostenible del sistema de transporte.

A este respecto, la transformación digital del transporte brinda una serie de oportunidades para alcanzar este objetivo, entre los que destacan los siguientes:

- En el ámbito de la **planificación**, herramientas como el *big data* generan una gran cantidad de información sobre los desplazamientos de viajeros y mercancías que son de gran utilidad a la hora de planificar nuevas infraestructuras o servicios o mejorar los existentes.
- A la hora de la **provisión de infraestructuras**, la interconexión y sensorización entre sus distintos elementos podrá permitir avanzar en soluciones más sostenibles. En este sentido, el diseñar esquemas de pago por uso de infraestructuras en función de la combinación de distintos factores (por ejemplo, de la intensidad circulatoria o del nivel de contaminación del vehículo entre otros), o poder predecir actuaciones de mantenimiento ordinarias, son algunos de los campos que se abren mediante la implantación de tecnologías punteras.
- En relación con la **prestación de servicios de transporte** aparecen numerosas posibilidades. Nuevas formas de movilidad que aportan mayor capilaridad al sistema público de transporte, vehículos autónomos y todos juntos interconectados entre sí de forma que cada servicio se entienda como complementario (y no competidor) son aspectos claves a la hora de tratar de mejorar la eficiencia del sistema. Adicionalmente, si esto se combina con la información generada y que permite poder adaptar (dentro de sus rigideces) la oferta a la demanda de transporte, las posibilidades en este ámbito resultan evidentes.
- Finalmente, en la **supervisión y control de las infraestructuras y servicios**, la interconexión y sensorización permite a la Administración disponer de herramientas más precisas con las que tener un mayor control del sistema de transporte en su conjunto.

### 4.1.3 Sostenibilidad ambiental

De igual manera, la sostenibilidad ambiental es otro de los objetivos del transporte a los que la transformación digital contribuye a alcanzar. En este sentido, se destacan los siguientes aspectos:

- En relación con la **disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero** y otros gases y partículas contaminantes, la contribución de las nuevas tecnologías tiene aproximaciones similares para los segmentos de viajeros y mercancías. En particular:
  - En el ámbito del **transporte de viajeros**, tanto las nuevas formas de movilidad (coches compartidos, motocicletas compartidas, etc.) como la previsible introducción del vehículo autónomo se han configurado mayoritariamente para posibilitar una **menor utilización del vehículo privado** y una **migración hacia vehículos menos contaminantes**. Pero en ambos casos, la digitalización juega un papel central: por un lado, permite georreferenciar los vehículos y los posibles usuarios en tiempo real, mientras que, por otro, al estar este tipo de servicios interconectados con el transporte público mediante plataformas de Movilidad como Servicio, conlleva que este tipo de desarrollos puedan reducir el volumen de emisiones de partículas contaminantes.
  - En el **ámbito de las mercancías**, la automatización y electrificación de los vehículos también suponen una serie de avances en este campo, disminuyendo la contaminación atmosférica. En este sentido, las soluciones para la entrega en la última milla (drones, robots, etc.) o la automatización en terminales de mercancías y almacenes logísticos favorecerán a cumplir este objetivo.
- Adicionalmente, otro aspecto que puede contribuir a la sostenibilidad ambiental es la **disminución de la congestión**, donde soluciones que vayan encaminadas a la reducción del uso y la propiedad del vehículo privado (MaaS, rutas dinámicas, optimización del transporte de mercancías en la última milla, etc.) pueden contribuir a lograr dicha disminución.
- Por último, otro campo donde la digitalización puede aportar al menos un granito de arena, es en la **disminución del ruido**. Como ya se ha comentado anteriormente, la mayoría de expertos coinciden en que el vehículo autónomo será eléctrico (o movido por energías limpias, cómo quizá el hidrógeno). Esto, junto a los esquemas actuales de coche y motocicletas compartidos (que también se han planteado en gran medida con vehículos eléctricos) y su interconexión con los medios de transporte colectivos favorecerá a la disminución del uso del vehículo privado de combustión disminuyendo la contaminación acústica.

### 4.1.4 Seguridad

Como se ha comentado en el desarrollo de las principales tendencias relacionadas con la digitalización del transporte, la mejora de la seguridad (tanto operacional como física) son dos ámbitos con claro margen de desarrollo.

En relación con **la seguridad operacional**, la contribución de la tecnología en todos los modos de transporte es una realidad. En este sentido, la comunicación de los vehículos y la comunicación entre los vehículos y la infraestructura pueden tener un papel relevante a la hora de marcarse objetivos con relación a la seguridad vial. Por su parte, en los modos ferroviario, aéreo y marítimo desarrollos como el ERTMS, o más recientemente las aplicaciones de navegación por satélite destinadas al posicionamiento de aeronaves, drones y buques también pueden tener un impacto importante en la mejora de los parámetros de seguridad en cada uno de los modos.

De otra parte, las soluciones basadas en tecnología biométrica suponen enormes beneficios para la **seguridad física**, siendo de gran ayuda para los Cuerpos y Fuerzas de Seguridad del Estado, pero también contribuyendo a la mejora del sistema de transporte al mitigar los posibles cuellos de botella que suponen los pasos fronterizos.

#### 4.1.5 Multimodalidad e intermodalidad

El **fomento de la multimodalidad e intermodalidad** es otra de las oportunidades que la transformación digital ofrece. Considerar el sistema de transporte como una mera yuxtaposición de modos que funcionan independientemente entre sí y no se encuentran interrelacionados no contribuye a la sostenibilidad del sistema.

En este sentido, la digitalización ofrece un abanico de posibilidades para mejorar la contribución entre modos. A modo de ejemplo, en el segmento de viajeros las soluciones puerta a puerta constituyen uno de los elementos fundamentales para incrementar la cooperación y participación modal.

Por su parte, en el segmento de mercancías, la implementación de modelos de ventanilla única logística supondrá un avance al posibilitar un mejor conocimiento de la cadena de transporte, lo que redundará en una mejor planificación de las infraestructuras y servicios ligados con esta actividad.

#### 4.1.6 Cohesión territorial y accesibilidad

El acceso efectivo al mercado de trabajo o a servicios esenciales como la educación y la sanidad puede ser críticamente dependiente del sistema de transporte, por citar sólo ejemplos muy significativos. Adicionalmente, las necesidades de movilidad son cada vez más diversas y complejas, como reflejo de una sociedad crecientemente interrelacionada y conectada, tanto para las actividades productivas, como para el ocio o las relaciones sociales.

Es necesario, por tanto, asegurar unas oportunidades razonables de movilidad con independencia del nivel de renta, el lugar de residencia, la edad, la posibilidad de acceder o no al uso del vehículo privado, las limitaciones físicas o sensoriales, el género o la pertenencia a un determinado grupo social.

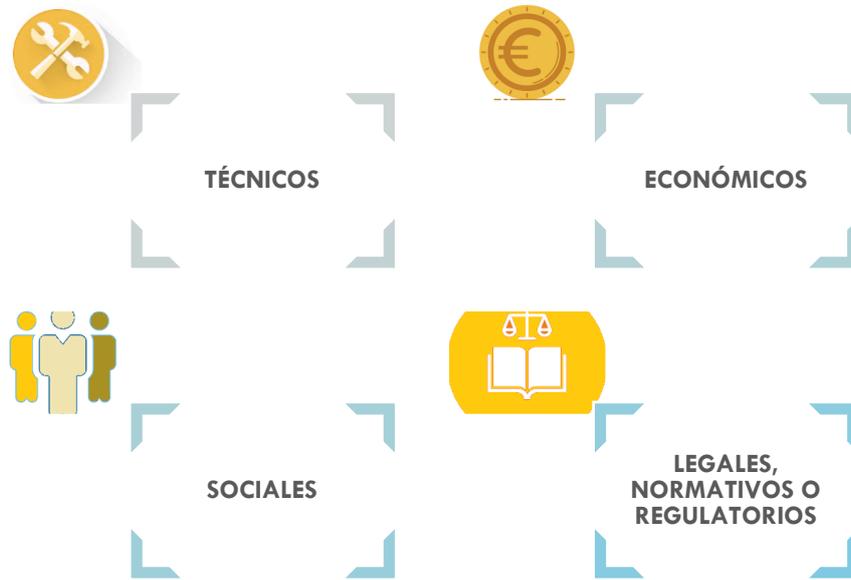
Por otro lado, es necesario que los sistemas de movilidad sean inclusivos, es decir, que tengan en cuenta las necesidades y los obstáculos específicos, ya sean físicos o psicológicos, mediante soluciones adaptadas tanto de las infraestructuras como de los servicios.

En este contexto, las nuevas tecnologías pueden jugar un papel fundamental para poder alcanzar los objetivos previamente comentados. En este sentido, soluciones como las rutas dinámicas que ofrecen una mayor capilaridad y complementan a los medios de transporte colectivo, o la distribución de paquetería mediante drones en territorios de difícil acceso son desarrollos en los que las nuevas tecnologías tienen mucho que aportar.

## 4.2 Retos de la transformación digital en el transporte

Como en todo proceso de cambio, y más en aquellos que conllevan una cierta disrupción con la concepción actual, existen ciertos retos o desafíos que deben ser superados para lograr sacar el máximo partido del proceso ya iniciado. En este sentido, la siguiente figura muestra los grandes grupos o bloques en los que se han clasificado los distintos retos que ha de afrontar la digitalización del transporte, los cuales se tratan por separado en los siguientes epígrafes.

Figura 16. Clasificación de los retos de la digitalización del transporte



Fuente: Elaboración propia del OTLE

#### 4.2.1 Técnicos

Desde el punto de vista técnico se han identificado dos grandes retos asociados. Por un lado, la **madurez de las tecnologías** necesarias para poder implementar las tendencias o servicios previamente descritos, y por otro la **infraestructura necesaria** que da soporte a estas tecnologías.

En el primero de los casos, si bien es cierto que se han incluido en la descripción de cada una de las tendencias algunas experiencias que ya están desarrolladas e implementadas con éxito, en algunos casos se encuentran en fases iniciales del desarrollo. En consecuencia, cuando se avance en el desarrollo de estas tendencias o servicios, existen, entre otros, los siguientes riesgos relacionados con la **madurez de las tecnologías**:

- Las potencialidades y servicios que, teóricamente, se podían alcanzar no se han conseguido lograr. Por ejemplo, la caracterización de la demanda y los patrones de movilidad con datos de telefonía móvil, mediante el posicionamiento del terminal a través de las antenas de los operadores, tiene aún retos por resolver. Si bien para obtener la matriz global de movilidad los resultados que ofrecen este tipo de aproximaciones son de gran calidad, cuando se requiere profundizar en el nivel de detalle estos métodos presentan algunas limitaciones. Concretamente, cuando se pretende obtener matrices origen-destino (O-D) que distingan entre los distintos modos y servicios de transporte, o entre segmentos (viajeros y mercancías) y especialmente en entornos urbanos, estos nuevos métodos aún no han desarrollado algoritmos fiables que permiten extraer este tipo de resultados. Problemas a la hora de diferenciar entre autobús y ferrocarril cuando ambas redes son paralelas, o de mayor complejidad como distinguir qué vehículo privado es de viajeros y cuál de mercancías, son aspectos que deben abordarse con mayores cautelas. No obstante, tanto en este caso como en otros, la combinación de métodos tradicionales con las nuevas tecnologías podría mitigar este tipo de sucesos.
- Las ventajas de emplear estos nuevos servicios en ocasiones no son percibidas por los usuarios. Si bien este riesgo es común a cualquier producto o servicio que se lance al mercado, esa incertidumbre está si cabe aún más presente en los desarrollos que tienen una gran componente tecnológica. En este sentido, puede suceder que un servicio no logre el impacto en el mercado deseado por dos principales motivos:

- El primero de ellos es debido a ser una idea revolucionaria o visionaria que todavía la sociedad no tiene interiorizada. Ejemplos de este hecho en la digitalización del transporte puede ser que tanto las aplicaciones de servicio de taxi o de alquiler de vehículos con conductor, que desde que fueron desarrolladas y puestas en servicio hasta que la sociedad ha percibido los beneficios que pueden ofrecer han pasado varios años. A modo referencial, una de las plataformas globales de alquiler de vehículos con conductor tardó más de 5 años en obtener la cifra de 1.000 millones de viajes, pero sólo tardó 6 meses en lograr 1.000 millones de viajes más. Este hecho lleva a realizar dos lecturas:
  - La primera de ellas es que las empresas tecnológicas deben tener un respaldo económico importante para asegurar la viabilidad de estos nuevos modelos de negocio, ya que el retorno de la inversión puede dilatarse más de lo habitual.
  - La segunda y tal vez más importante, es que una vez que los usuarios perciben los beneficios, el auge de este tipo de soluciones resulta espectacular, modificando el paradigma actual y ocasionando el fenómeno de transformación digital en el transporte y en la sociedad.
- La segunda posible causa se enmarca en que las mejoras en el servicio, a pesar de ser objetivos, no tienen el suficiente calado y los usuarios deciden seguir empleando las tecnologías y servicios actuales.

De otra parte, en relación con las **infraestructuras necesarias**, podría ocurrir que el desarrollo óptimo de algunos de los servicios previamente descritos requiera disponer de una serie de infraestructuras o tecnologías complementarias que se están desarrollando de forma paralela. En el caso de las comunicaciones, algunos de las tendencias pueden requerir que la red 5G se encuentre desplegada completamente para poder ofrecer un servicio universal y accesible a todos los usuarios. Adicionalmente, otro tipo de infraestructuras como lectores de dispositivos móviles o la infraestructura necesaria para poder reconocer a los ciudadanos por sus datos biométricos, es necesario que se desarrollen de forma coordinada junto a los servicios anteriores y no supongan un cuello de botella en su implantación final.

#### 4.2.2 Económicos

Los aspectos económicos juegan un papel esencial en el desarrollo de la sociedad en general y de cualquier nuevo servicio o tendencia de digitalización en el transporte en particular. Dando por hecho que la transformación digital en el transporte producirá una serie de beneficios económicos de, previsiblemente, gran calado, también pueden surgir algunas dificultades. En este sentido, se han identificado como posibles riesgos los dos siguientes: por un lado los **costes o inversiones iniciales** y, por otro, las consecuencias que la **economía de los datos** y las **economías de red** pueden ocasionar en la digitalización del transporte.

Profundizando sobre el primero de los riesgos, la implantación de cualquier servicio o infraestructura lleva aparejada unos **costes o inversiones iniciales** para poder llevarse a cabo. Si bien dicha inversión inicial suele recuperarse posteriormente con los beneficios tanto económicos como sociales y ambientales que genera su puesta en explotación, en ocasiones la inversión inicial para desarrollar estos sistemas puede ser elevada y no estar al alcance de todas las empresas el poder realizarla. Este hecho, además, podría constituir una barrera de entrada al mercado para futuras empresas.

Por otro lado, la recuperación de los costes de inversión iniciales de estos nuevos servicios tecnológicos, que en muchas ocasiones son gratuitos para el usuario, se compensa, en parte, a través de los anuncios que se muestran cuando se utiliza el servicio o mediante la mera cesión de los datos que luego son aprovechados por la plataforma para otros servicios de pago. Este hecho plantea dos grandes consideraciones que deben ser abordadas:

- En primer lugar existe un amplio debate sobre los modelos de negocio basados en la **venta de datos**. A este respecto, además de otras consideraciones como la transparencia o la privacidad, el análisis debería enfocarse en si ese modelo de negocio redundaría en mayores beneficios para la sociedad, que aplicado al ámbito de transporte sería si mediante este esquema se obtienen servicios que ayudan a mejorar la sostenibilidad del sistema de transporte.
- Otro aspecto a considerar es que mediante este tipo de modelos de negocio, las **economías de red** juegan un papel esencial, dado que un servicio o aplicación que cuente con una base sólida de usuarios podrá fijar un precio a sus anunciantes mayor que otra de nueva creación. Una posible consecuencia de estas economías de red en los servicios naturales es que pueden evolucionar hacia "monopolios naturales" en los que la empresa dominante suele controlar la gran mayoría del mercado – el denominado "winner-takes-all" –.

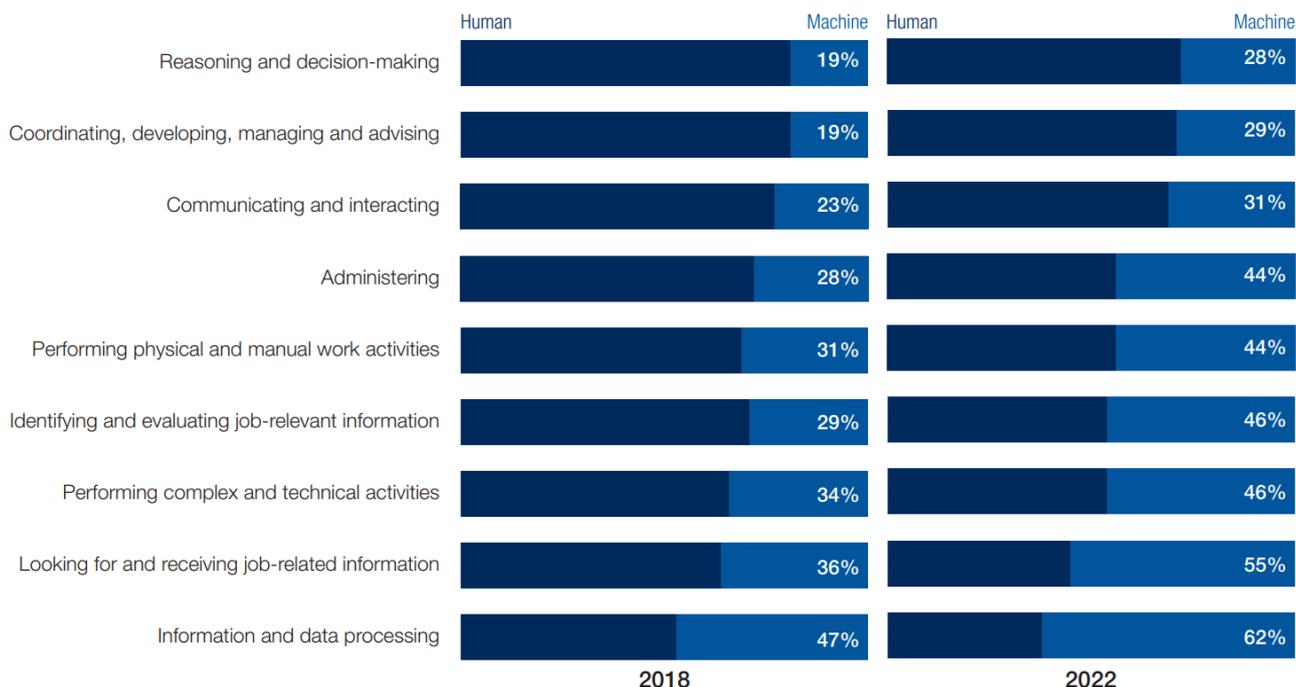
#### 4.2.3 Sociales

El desarrollo de las tendencias y servicios previamente comentados permitirá ofrecer a los ciudadanos y empresas una serie de posibilidades y soluciones de movilidad de gran valor añadido. Sin embargo, también pueden generar algunos inconvenientes entre los que destacan, el posible aumento de la **congestión de tráfico**, el riesgo de **pérdida de puestos de trabajo** y finalmente el **grado de exclusión** en aquellos colectivos que no son propensos al uso de nuevas tecnologías.

En relación con el riesgo de **aumento de la congestión**, resulta de especial relevancia que las nuevas formas de movilidad (coches y motos compartidos o el vehículo autónomo) se introduzcan en el mercado interconectadas con los medios de transporte colectivo. Si por el contrario cada uno se posiciona en el mercado de forma independiente y separada, mirando exclusivamente por su propio beneficio, configurándose como una mera sustitución del tipo de movilidad privado esto podría conllevar un incremento de este tipo de vehículos y formas de movilidad y en consecuencia aumentar el volumen de tráfico, o al menos no producir ningún efecto positivo en ambas variables. No obstante, las posibilidades que ofrecerían este tipo de soluciones integradas y conectadas a los servicios de transporte público colectivo supondrían que el riesgo no sólo se mitigaría, sino que los beneficios serían evidentes.

Por otro lado, la mayor eficiencia en la prestación de los servicios de transporte sumado a la implantación de la automatización (vehículos, terminales, procesos, etc.) puede tener consecuencias en el **empleo del sector**. En este sentido, en el siguiente gráfico se muestra la evolución del porcentaje de horas de trabajo de los seres humanos y de las máquinas en el periodo 2018-2022, donde se observa un aumento de más de 10 puntos porcentuales en casi la práctica totalidad de las tareas consideradas a favor de las máquinas.

Gráfico 10. Ratio de horas trabajadas por los seres humanos y las máquinas en los años 2018 y 2022



Fuente: Future of Jobs Survey 2018, World Economic Forum

Centrando el análisis en el transporte, el caso más evidente es el de los conductores y choferes, dado que la reducción del número de vehículos afectará en las oportunidades para este tipo de trabajadores, pero también podría disminuir el empleo indirecto como consecuencia de las menores necesidades de mantenimiento ordinario, menos seguros, etc. como consecuencia de haber menos vehículos. No obstante, es preciso comentar que la digitalización del transporte también ofrece nuevas oportunidades en el sector, dado que requerirá de un mantenimiento de los componentes tecnológicos de los vehículos y la infraestructura que pueden compensar en parte la posible pérdida de puestos de trabajo del sector. De manera similar, ello se puede dar en el caso de los buques autónomos o controlados remotamente. No obstante, se ha venido señalando que la falta de tripulaciones a bordo de los buques creará una oportunidad de trabajo en los puertos para realizar el mantenimiento y reparación de los buques autónomos<sup>43</sup>.

Finalmente, si bien existe una gran penetración en el número de dispositivos conectados a internet, hay que tener en cuenta que existen personas, especialmente las de edad avanzada, que no son usuarios de este tipo de tecnología. Este hecho podría suponer cierto **grado de exclusión**, dado que este colectivo podría no beneficiarse de las posibilidades que el proceso de digitalización del transporte ofrece. Adicionalmente, también hay que tener en cuenta el envejecimiento de la población, por lo que los desarrollos y servicios que se implementen deberán considerar a este colectivo entre sus perfiles de usuario, diseñando aplicaciones sencillas para lograr una mayor penetración en la sociedad.

#### 4.2.4 Legales, normativos o regulatorios

En el campo normativo o regulatorio, el cambio de paradigma en el transporte que se está produciendo conlleva grandes retos en esta materia. Estos retos no sólo requerirán de cambios en la normativa específica del transporte, sino que pueden precisar de modificaciones en otro tipo de ámbitos (legislación laboral o fiscal, entre otros). En particular, los aspectos en los que se considera que hay que realizar unos mayores esfuerzos son:

<sup>43</sup> <https://safety4sea.com/ics-autonomous-ships-will-create-more-jobs-ashore-for-seafarers/>

- La velocidad con la que los servicios digitales se desarrollan conlleva que, en ocasiones, la regulación y normativa que deben cumplir no esté clara o ni siquiera exista. En consecuencia, el intentar **minimizar el desfase** entre la prestación de un determinado servicio y la regulación que le aplica es uno de los principales retos a los que se enfrenta el regulador.
- Creación de una **normativa específica** para estos nuevos servicios, dadas sus especiales características y con especial interés en aquellos en los que el cambio tecnológico supone un mayor grado de disrupción con el modelo actual. A modo de ejemplo, el desarrollo normativo que conllevaría la implementación del vehículo autónomo en cuanto a estandarización e interoperabilidad de los sistemas, decisiones de éticas y morales en relación con la seguridad, convivencia con los vehículos y buques no autónomos, etc., configura uno de los mayores retos en materia regulatoria.
- En materia de **precios y competencia**, la digitalización en el transporte puede llevar aparejada una serie de ineficiencias o imperfecciones que es necesario vigilar y regular, entre las que destacan:
  - Como se ha comentado previamente, una de las consecuencias de las economías de red en los servicios digitales es la posible creación de monopolios naturales, con consecuencias sobre los precios, barreras de entrada e innovación entre otros aspectos. Esto podría justificar la regulación de precios para limitar el poder de mercado.
  - La concentración e integración vertical, como pueden ser los casos de las grandes navieras en el transporte marítimo, que tienen empresas con actividad en las terminales portuarias o interiores e incluso disponen de empresas de transporte interior, o los fabricantes de automóviles, que cuentan dentro de su grupo con empresas de *car-sharing*, *ride-hailing* y plataformas de movilidad como servicio, también es una coyuntura a observar al poder dar lugar a abusos de posición dominante en mercados adyacentes.
  - Es habitual en los modelos de negocio de los servicios tecnológicos el operar con economías de plataforma y mercados multilaterales, es decir son servicios cuyo valor se crea al conectar a dos o más grupos de clientes (por ejemplo, las plataformas que ofrecen servicios de vehículos con conductor, donde se conectan conductores con los viajeros). En ocasiones, este tipo de servicios ofrecen precios muy bajos en un lado del mercado (o incluso gratis) en contraste con los altos precios del otro. De acuerdo con un enfoque tradicional, el regulador puede interpretar un precio muy bajo como una forma de debilitar a nuevos competidores o de menor tamaño mientras que un precio alto puede significar cierto grado de monopolio. No obstante, este tipo de enfoque asimétrico de precios también es empleado por nuevas empresas digitales, por lo que el empleo de una aproximación tradicional a este fenómeno puede no ser el más adecuado, pudiendo ser interesante considerar ambos lados del mercado en su conjunto.
  - Algunos servicios digitales utilizan algoritmos para la fijación de sus precios, empleando como datos de referencia, entre otros, los precios de sus competidores. Esta forma de establecer el precio de su servicio puede ocasionar, de manera involuntaria, cierta colusión, dado que en función de cómo esté configurado cada uno de los algoritmos, éstos pueden terminar desembocando en un precio único o muy similar. Esto, de alguna manera, podría equipararse a un acuerdo tácito entre empresas para definir el precio de un servicio.
- En el ámbito **laboral**, estos nuevos servicios basados en economías colaborativas están demandando cambios en la legislación laboral para adaptarse a sus necesidades. La legislación laboral se definió hace varias décadas en un contexto donde era más habitual que las personas trabajasen en fábricas o empresas de producción tradicionales, mientras que se prestaba menos atención a otro tipo de contratos como los autónomos, por ejemplo. Por lo tanto, el legislador debe tratar de conseguir el difícil



equilibrio entre la viabilidad de las plataformas y servicios digitales y los derechos de todos los trabajadores, así como dar una mayor importancia a las inspecciones sobre la actividad laboral.

- Otro aspecto clave para el legislador es el garantizar la **privacidad** de los usuarios de estos nuevos servicios digitales. Como se ha comentado en este informe, actualmente las empresas y los gobiernos recopilan grandes cantidades de información sobre los usuarios y ciudadanos, por lo que resulta esencial avanzar en el control sobre la información recopilada y su posterior utilización. En este sentido, la aplicación del Reglamento General de Protección de Datos<sup>44</sup> es un avance en esta línea. Asimismo, deberá tenerse en cuenta la persecución del acceso no autorizado en sistemas de transporte autónomo y de la creación de interferencias que puedan perjudicar el funcionamiento de los mismos.
- Otro aspecto a tener en consideración es **la economía y propiedad de los datos**, siendo necesario por un lado garantizar la privacidad pero a su vez fomentando el acceso libre a los datos eliminando las barreras que impiden disponer de un sistema de datos de transporte global, con información sobre todos los modos, segmentos (viajeros y mercancías) y ámbitos (urbano – interurbano, nacional – internacional).
- La **fiscalidad** de estos servicios es otro aspecto esencial a tratar por el regulador. Dado que Internet no tiene fronteras (lo que generalmente es bueno), los países necesitarán cada vez más cooperar en materia tributaria, tanto para evitar la competencia fiscal como para obtener algunos ingresos de una gran parte de la economía.

Finalmente, otro reto para que el potencial de la digitalización alcance un mayor grado de desarrollo es que permita la interconexión entre modos de transporte, infraestructuras y el territorio. Para ello, la **cooperación e intercambio de la información entre las distintas administraciones con competencias de transporte** (por ejemplo, el Estado, las comunidades autónomas y las corporaciones locales) resultará esencial.

<sup>44</sup> <https://www.boe.es/doue/2016/119/L00001-00088.pdf>

## 5 ACOMPAÑAMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN AL PROCESO DE DIGITALIZACIÓN

Como se ha comentado en el epígrafe anterior, para que la transformación digital alcance todas sus potencialidades será preciso, por un lado, superar los retos y dificultades a los que se ha de enfrentar mientras que, por otro, potenciar el desarrollo de las oportunidades que ofrece el desarrollo tecnológico. En este sentido, si bien este es un camino que se ha de recorrer entre todos (empresas desarrolladoras de los servicios tecnológicos, prestadores de los servicios de transporte, usuarios, etc.), la Administración juega un papel esencial en este proceso. En consecuencia, la Administración en general y el Ministerio de Fomento en particular podrán contribuir en esta transformación desempeñando, sobre la base de sus competencias, las siguientes funciones:

- **Facilitador**, garantizando que las pequeñas y medianas empresas puedan competir en este mercado. A modo de ejemplo, desde el Ministerio de Fomento se emplean herramientas como la gestión de los fondos de financiación europeos que correspondan o la concesión de subvenciones y ayudas con cargo a los créditos de gasto propios de la Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda.
- **Homogeneizador**, estableciendo una serie de estándares que permitan sacar el máximo partido a los avances producidos de forma que se garantice la interconexión y accesibilidad a estos nuevos servicios. En este sentido, la promoción de medidas para favorecer la intermodalidad y la movilidad sostenible y la coordinación y seguimiento de las iniciativas de I+D+i son algunas de las funciones que dependen de forma directa del Ministerio de Fomento.
- **Legislador**, estableciendo una serie de normativas que promuevan la libre competencia en el sector, velen por los objetivos del transporte y su sostenibilidad, y permitan la accesibilidad y equidad del sistema.
- **Supervisor**, controlando que las funciones anteriores sean respetadas por los usuarios y empresas, así como que están siendo útiles para el desarrollo y el cumplimiento de los objetivos del sector. En este campo, un ejemplo es como la Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda se encarga de la revisión y seguimiento de la planificación estratégica en materia de infraestructuras y transporte, de acuerdo con su contribución a la sostenibilidad del sistema de transporte, su rentabilidad y su impacto social y territorial.

En definitiva, en el ámbito del transporte y la logística, le corresponde al Ministerio de Fomento la definición y ejecución de las políticas públicas sobre las infraestructuras de transporte estatal en los cuatro modos (carretera, ferroviario, aéreo y marítimo), así como el control, ordenación y regulación administrativa de los servicios de transporte. Estas funciones y competencias deben enmarcarse en las políticas, estrategias e instrumentos de regulación establecidos en el ámbito de la Unión Europea, por lo que ambas instituciones tienen un rol central en el desarrollo de la transformación digital del transporte.

Posteriormente se van a ir desgranando las distintas líneas de actuación con las que cuenta la Administración, las cuales se han clasificado en tres grandes grupos: políticas, estrategias y planes, regulación y legislación e instrumentos de financiación. Para cada una de las anteriores líneas se realiza un breve repaso teniendo en cuenta los siguientes ámbitos o niveles:

- El primer ámbito corresponde a la Unión Europea.
- El segundo se enmarca en el territorio nacional.

A continuación, se incluyen para cada línea de actuación las principales acciones que está llevando a cabo la Administración (tanto a nivel nacional como europeo) que guardan una mayor relación con la digitalización del transporte, ya sean estrategias o planes, normativas o instrumentos de financiación.

## 5.1 Políticas, estrategias y planes

En el **ámbito europeo**, la **política de transportes** de la Unión Europea tiene como **objetivo principal el proporcionar soluciones de movilidad eficientes, seguras y respetuosas con el medio ambiente para los europeos y crear las condiciones para una industria competitiva que genere crecimiento y empleo**. Para lograr este objetivo, es preciso eliminar las barreras físicas, técnicas y administrativas de forma que se consiga disponer de un espacio abierto a la competencia. En consecuencia, algunas de las políticas y en estrategias materia de transporte versan sobre las siguientes materias:

- Establecer límites de emisión para los modos o vehículos de transporte (automóviles y furgonetas, así como en el caso de los buques), que permitan la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero del transporte. En este sentido, la contribución de las nuevas tecnologías aplicadas al campo del transporte puede jugar un papel esencial. A modo de ejemplo, entre las tendencias comentadas previamente, los sistemas de información de transporte multimodal o las infraestructuras y territorios inteligentes pueden contribuir a disminuir el volumen de emisiones de gases de efecto invernadero al fomentar el uso del transporte público y desincentivar el empleo del vehículo privado.
- Potenciar la multimodalidad, tratando todos los modos de transporte (carretera, ferroviario, aéreo, marítimo y por vías de navegación interior). En este aspecto, tendencias como la digitalización del transporte de mercancías o las soluciones de MaaS o de servicios puerta a puerta configuran dos elementos fundamentales para el fomento del enfoque multimodal y de cooperación entre modos en los segmentos de viajeros y mercancías.
- Eliminar las barreras entre las infraestructuras nacionales de transporte, garantizando el buen funcionamiento del mercado único y superando las barreras técnicas. En el ámbito de la digitalización del transporte y la logística, los esfuerzos deben enfocarse en la adopción de los mismos estándares por cada uno de los estados miembros para poder configurar un espacio europeo común de transporte.
- Potenciar la mejora en la congestión del tráfico, promover la innovación, garantizar los derechos de los pasajeros y mejorar la estructura y condiciones de financiación de las infraestructuras son solo algunas de las estrategias del transporte que se abordan desde la Comisión. A modo de ejemplo, la contribución del proceso de transformación digital en el transporte y la logística también es de gran importancia, al ayudar a un mejor entendimiento de la realidad del transporte al poder tratar con un mayor volumen de información asociada. Esto permitiría poder elaborar predicciones sobre los patrones de movilidad con un mayor nivel de certeza y, consecuentemente, poder diseñar mejores instrumentos de financiación.

Como se ha comentado anteriormente, el Libro Blanco del Transporte establece una serie de objetivos concretos alineados con los objetivos generales establecidos en la política de transportes de la Unión. No obstante, al ser el transporte y la movilidad un elemento central de la sociedad, hay que tener en consideración su impacto en otras políticas europeas, como por ejemplo las relacionadas con aspectos medioambientales (cambio climático, calidad del aire, etc.), el empleo, la política industrial, el mercado único digital y la política energética.

En relación con la **política industrial**, desde la Comisión Europea se percibe la **transformación digital** como un campo donde existe un gran crecimiento potencial donde la industria europea puede aprovechar sus fortalezas en tecnologías digitales avanzadas y su fuerte presencia en sectores tradicionales para aprovechar la gama de oportunidades que ofrecen estos nuevos desarrollos. En este sentido, la Comisión ha definido como prioritarios los cuatro ámbitos o áreas de actuación que se recogen en la siguiente figura.

Figura 17. Áreas de actuación en la política industrial de la UE para la transformación digital



Fuente: Elaboración propia del OTLE con información de la Comisión Europea

Como puede apreciarse, la interconexión entre las anteriores áreas de actuación y el proceso de transformación digital de las actividades del transporte y la logística resultan evidentes. Aspectos ya tratados en este informe como el *big data* y su aplicación a la planificación y gestión del sistema de transporte, el crecimiento de la importancia de las habilidades digitales en las empresas del sector transporte y almacenamiento (ver Gráfico 1), la necesidad de interconectar las infraestructuras de transporte con el territorio y los ciudadanos mediante plataformas *Smart* y la trascendencia que en todo este proceso tiene la estandarización para poder configurar un sistema de transporte global y conectado en toda la Unión son sólo una pequeña muestra de cómo la transformación digital está desarrollándose en el campo del transporte y la logística.

De otra parte, como ya se ha comentado brevemente en la introducción al presente informe, la **“Estrategia para el Mercado Único Digital de Europa”** tiene como objetivo abrir oportunidades digitales para personas y empresas y mejorar la posición de Europa como líder mundial en la economía digital. Para ello, se han definido las siguientes líneas estratégicas:

- Impulso a la industria digital europea para garantizar que las empresas, las pymes y las industrias no tecnológicas puedan beneficiarse de las innovaciones digitales para crear una cadena de mayor valor. Esta estrategia vincula las iniciativas nacionales y regionales y aumenta la inversión. En relación con la actividad del transporte, en aquellos modos donde el sector cuenta con una mayor heterogeneidad en el número de empresas, este tipo de líneas pueden fomentar el uso de tecnologías digitales con el objetivo de mejorar el desempeño y la posición en el mercado.
- Construcción de una economía europea de datos que elimine las barreras que impiden el libre flujo de datos, para lograr un mercado único europeo con el objetivo de beneficiar a la economía y la sociedad. En este sentido, la tendencia ya comentada de sistemas de información multimodal es un claro ejemplo en el ámbito del transporte.
- Mejorar la conectividad y el acceso, garantizando las regulaciones abiertas de internet y telecomunicaciones. Como también se ha comentado, un mayor acceso a Internet redundaría en un crecimiento del comercio electrónico al que la actividad del transporte y la logística presta servicio.
- Invertir en tecnologías de red, impulsando iniciativas europeas de investigación e innovación que posibilitan futuras tecnologías, software, servicios y redes.
- Avanzar en la ciencia digital y las infraestructuras, con el objetivo de proporcionar a las autoridades científicas, industriales y públicas europeas una excelente infraestructura digital. Este aspecto es clave a la hora de garantizar la cohesión territorial, siendo el transporte una actividad clave para lograr alcanzar este objetivo.

- Apoyar los medios de comunicación y la cultura digital., que cubra la legislación sobre servicios de medios audiovisuales y la preservación del patrimonio cultural.
- Crear una sociedad digital inclusiva que se beneficie del mercado único digital. La construcción de ciudades más inteligentes, la mejora del acceso al gobierno electrónico, los servicios de salud electrónica y las habilidades digitales permitirán una verdadera sociedad europea digital, donde la interrelación con el transporte resulta evidente.
- Fortalecimiento de la confianza y la seguridad mediante el incremento del nivel general de ciberseguridad y fomentando la privacidad digital en Europa. Este aspecto es clave en el ámbito del transporte debido a que la georreferenciación abre un abanico enorme de posibilidades, pero siempre debe tenerse la mayor de las cautelas en aspectos relacionados con la ciberseguridad y privacidad de los desplazamientos de viajeros y mercancías.

En cuanto a la **política energética**, ésta tiene como objetivo garantizar que los ciudadanos europeos puedan acceder a suministros de energía seguros, asequibles y sostenibles. Para alcanzar este objetivo, las áreas de trabajo sobre las que se está incidiendo son las siguientes:

- Aumentar la seguridad energética, creando un mercado interno de energía totalmente integrado, mejorando la eficiencia energética, descarbonizando la economía (especialmente utilizando más energía renovable) y apoyando la investigación, la innovación y la competitividad.
- Reforzar la seguridad del suministro de energía de la UE.
- Potenciar la financiación en la UE de forma que se avance en la construcción de una red de energía moderna e interconectada en toda Europa.

Alineado con la política energética previamente comentada, en julio de 2016 se publicó la **Estrategia europea a favor de la movilidad de bajas emisiones**<sup>45</sup>, donde se abordan una serie de cuestiones fundamentales para orientar al sector del transporte a reducir el volumen de emisiones mediante una mayor eficiencia del sistema de transportes, que se ampare en el empleo de energías alternativas de bajas emisiones para el transporte, a través de la utilización de vehículos de bajas emisiones o de emisión cero. Además, los instrumentos horizontales, como la estrategia de la Unión de la Energía, la investigación y la innovación, las políticas industriales y de inversión y las estrategias del Mercado Único Digital, servirán de apoyo a esta transformación.

Dentro de la política energética, en concreto como parte de la estrategia integrada de I+D para la Unión Energética, desde la Comisión Europea se lanzó la **Agenda Estratégica para el I+D en el Transporte (STRIA)**. El objetivo de esta estrategia es, en coordinación con los estados miembros y *stakeholders*, definir las prioridades comunes y desarrollar soluciones innovadoras para alcanzar los objetivos marcados en las distintas políticas previamente comentadas.

La STRIA marca los pasos que son necesarios para acelerar los procesos de I+D, que conlleven cambios tecnológicos en el transporte. Se divide en las siete áreas temáticas de investigación en el transporte que recoge la siguiente figura.

<sup>45</sup> COM(2016) 501 final

Figura 18. Áreas temáticas de la Agenda Estratégica para el I+D en el Transporte



Fuente: Elaboración propia del OTLE con información de la Comisión Europea

Desde el punto de vista de la transformación digital en el sector del transporte, las áreas más relevantes son las siguientes:

- El transporte cooperativo, conectado y autónomo, puede contribuir a aumentar la eficiencia y seguridad del sistema de transporte, mejorando los flujos de tráfico, optimizando la infraestructura y el uso del transporte público y fomentando soluciones de transporte sostenibles. Si bien se están realizando varias demostraciones piloto con este tipo de tecnología en Europa, todavía es necesario realizar pruebas a gran escala para determinar la disponibilidad tecnológica, la confiabilidad y la seguridad del transporte automatizado en situaciones complejas. Esto requerirá abordar cuestiones clave como el desempeño de tecnologías innovadoras de transporte automatizado, un marco regulatorio que respalde la implementación de este tipo de soluciones y tecnologías, alcanzar niveles aceptables de ciberseguridad y potenciar los nuevos modelos de negocios que surjan al amparo de estos desarrollos.
- Las redes y sistemas de gestión del tráfico, tiene como fin el desarrollar un sistema de transporte multimodal avanzado mediante la optimización efectiva de toda la red de transporte.
- La movilidad y servicios inteligentes, cuyo objetivo consiste en evaluar los impactos de las nuevas tecnologías emergentes, como los vehículos multimodales, eléctricos y autónomos, buques autónomos, la tecnología de drones y los servicios de movilidad bajo demanda en los sistemas y servicios de transporte.

De otra parte, en el **ámbito nacional** se han venido desarrollando en los últimos años una serie de iniciativas estratégicas en el campo de la digitalización en el transporte y que se encuentran perfectamente alineadas con las políticas europeas previamente comentadas. En este sentido, en el ámbito del Grupo Fomento, las principales actuaciones llevadas a cabo en el campo de la transformación digital del transporte se resumen a continuación:

- Dentro del propio **Ministerio de Fomento** se están desarrollando las siguientes actuaciones que cuentan con un fuerte componente digital:
  - Actualmente, se está desarrollando a través de los **datos de telefonía móvil un estudio para la evaluación de la movilidad interprovincial**.
  - Alineado con el estudio anterior, se encuentra en marcha la construcción, calibración y validación de un **Modelo Nacional de Transportes de viajeros y mercancías**. Este Modelo se plantea como un instrumento clave para los procesos de planificación y toma de decisiones permitiendo a todos los agentes del Ministerio de Fomento y de los Entes que dependen de él disponer de una herramienta con información actualizada y unificada y de una metodología

de modelización y predicción común. Simulará el funcionamiento de todos los modos con el fin de probar diversos escenarios de planificación.

El Modelo estará sustentado por el sistema de información HERMES, sistema de información corporativo multimodal y transversal de la red de transporte, que integrará en una sola plataforma tecnológica la información tanto sobre la oferta de infraestructuras y servicios de transporte, como sobre la demanda. Se nutrirá además del estudio de movilidad previamente comentado para la determinación de la demanda de transporte.

- **Adif** tiene actualmente en marcha los siguientes desarrollos:
  - En febrero del 2018 se comenzó a desarrollar el "Plan Director de transformación digital de las estaciones de viajeros". Durante el transcurso de estos trabajos, se seleccionó a la **estación de Málaga María Zambrano** para desarrollar el **piloto de estación inteligente**. Actualmente se han formado grupos de trabajo para ir desarrollando diferentes aspectos con objeto de avanzar tanto en la arquitectura de la plataforma, dando servicio a las necesidades detectadas, como en la definición de los casos de uso.
  - Adicionalmente, Adif se encuentra trabajando en el **mantenimiento predictivo unido al big data y en nuevas tecnologías aplicadas a la seguridad en la infraestructura** (*safety* y *security*). Actualmente ya se han definido las actividades que van a desarrollarse en vía y las tecnologías que van a utilizarse. Las actividades que van a desarrollarse, aportando un alto grado de innovación a la manera tradicional en que se están realizando hasta ahora las tareas de mantenimiento son:
    - Desarrollo de herramientas de mantenimiento predictivo (inteligencia artificial) basadas en datos de auscultaciones de vía.
    - Mantenimiento predictivo de aparatos de desvío mediante inteligencia artificial y *big data*.
    - Uso de la fibra óptica que con una tecnología DAS (Distributed Acoustic Sensor) enfocada a detectar las siguientes incidencias: rotura de carril, intrusismo en la infraestructura y caída de objetos a la vía.
    - Monitorización de la infraestructura ferroviaria con drones y satélites.
- Por su parte **Renfe** se encuentra inmerso en los siguientes proyectos:
  - En el campo de las soluciones de Movilidad como Servicio, en la presentación de su Plan Estratégico, Renfe comunicó su intención de crear la **plataforma RaaS (Renfe as a Service)**, donde se prevé que se integren otros operadores de transporte, pudiendo ofrecer la plataforma servicios puerta a puerta multimodales.
  - En junio de 2018 Renfe adjudicó la implementación de una solución integral sobre la base de la tecnología *big data*. El alcance del contrato supondrá la construcción y puesta a disposición para el Grupo Renfe de una **solución integral de big data** que contemple lo siguiente:
    - Desarrollo de soluciones de *big data* para un mayor y mejor conocimiento de los negocios actuales del grupo y para la identificación de nuevos negocios, productos o servicios.
    - La construcción de una infraestructura gestionada de *big data* con la capacidad de cómputo y almacenamiento necesarios para dar soporte a los desarrollos realizados en la primera fase y para el análisis y la explotación de la información obtenida.

- En el caso de **Aena**, además de los proyectos ya comentados a lo largo del informe sobre la implantación del BIM en la terminal T-3 del aeropuerto Adolfo Suarez Madrid Barajas o la adquisición de sistemas ABC de control de fronteras, la compañía se encuentra inmersa en la realización de los siguientes proyectos:
  - Desarrollo e implantación de **sistemas de validación sin billete**, donde actualmente se han definido las características que deberá cumplir un proyecto piloto denominado "Fast Line con sistema basado en biometría". Como posible aeropuerto objeto de dicha prueba piloto se está barajando el Aeropuerto de Menorca. Por motivos de seguridad y privacidad de datos sensibles se está colaborando e informando a los cuerpos y fuerzas de seguridad del estado a través del Ministerio de Interior, quien tendrá la última palabra sobre el uso de los datos incluidos en pasaportes y la adquisición de datos resultantes de la biometría.
  - En el marco del Programa H2020 (ver epígrafe 5.3) el proyecto "DORA (*Door to Door Information for Air Passengers*)" se completó el último trimestre de 2018. El objetivo de esta iniciativa, como proyecto de I+D+i, era diseñar y desarrollar un sistema de información integrado que ayude a los pasajeros a optimizar el tiempo de viaje desde el origen de su viaje hasta el destino final, eligiendo diferentes modos de transporte que el usuario escoja en dicho sistema. Cuando uno de los modos de transporte incluye el transporte aéreo, el sistema también da información del estado del aeropuerto y cómo desplazarse de manera óptima por el mismo. A nivel software, la herramienta está disponible en las tiendas de aplicaciones móviles y en internet; además, se realizó un proyecto piloto en el aeropuerto de Palma de Mallorca para evaluar su funcionamiento en viajes entre la ciudad alemana de Berlín y la de Palma de Mallorca, incluyendo su paso por los aeropuertos de dichas ciudades. Es de destacar que durante la fase de pruebas del proyecto piloto se han realizado encuestas para evaluar su utilidad con resultados satisfactorios.
- Por su parte **Enaire y Crida** han desarrollado numerosos proyectos en el ámbito de la gestión del tráfico aéreo y la integración del sistema de navegación por satélite Galileo en las aplicaciones del Grupo Fomento. Adicionalmente, conviene también destacar la culminación del desarrollo de una **Plataforma para la Gestión del Tráfico de vehículos aéreos no tripulados (UAVs)**.
- En relación con **Puertos del Estado** los principales trabajos en el campo de la digitalización se resumen a continuación:
  - En materia de puerto inteligente, desde el organismo público se ha concluido un estudio de requisitos de alto nivel para la definición del **Puerto 4.0**. Dicho documento profundiza sobre las implicaciones de Industria 4.0 en Puertos y establece las Recomendaciones de Alto Nivel sobre Puertos Inteligentes. Además, Puertos del Estado está promoviendo con diversas empresas del sector y Autoridades Portuarias una experiencia piloto en la aplicación de tecnologías de registro distribuido, tipo *blockchain*, en el proceso de declaración y entrega de residuos a bordo de buques que busca crear un ecosistema mínimo viable para la transformación digital de los procesos de operaciones portuarias y marítimas. Complementariamente, en relación a la interconexión entre el puerto y las ciudades a través de plataformas Smart, las Autoridades Portuarias de Vigo y Valencia han firmado convenios con los Ayuntamientos de las respectivas ciudades para la convocatoria de Red.es, enfocado en los intercambios de datos sobre edificios inteligentes.
  - Puertos del Estado, en colaboración el Ministerio de Fomento y Adif está desarrollando la **plataforma SIMPLE**, que supone la extensión de la ventanilla única portuaria a una plataforma federativa de intercambio de información logística basada en la digitalización, las tecnologías de registro distribuido, y el concepto de interoperabilidad. Actualmente los

pliegos para la licitación de la plataforma ya están preparados y se espera que en un corto periodo de tiempo se publique el concurso para implantar la plataforma.

- Por último, **Sasemar** ha llevado a cabo el proyecto de **gestión inteligente del tráfico marítimo (STM)**. Este proyecto tiene como objetivo la digitalización y estandarización del transporte marítimo, basándose en el concepto de Cielo Único desarrollado para el transporte aéreo, conectando y actualizando el mundo marítimo en tiempo real, con un intercambio de información eficiente.

Otro documento desarrollado por el Ministerio de Fomento y que guarda una estrecha relación con la digitalización en el transporte es el **Plan Estratégico para el Desarrollo del Sector Civil de los Drones en España 2018 - 2021**<sup>46</sup>, cuyo objetivo principal es potenciar el desarrollo ordenado del sector, alineando el progreso tecnológico y la seguridad, favoreciendo el avance de sus múltiples aplicaciones en aras de la mejora y modernización de la sociedad. En dicho documento, también se señala la importancia de los drones en sectores como la seguridad y el salvamento, el comercio electrónico y la paquetería y la movilidad.

Asimismo, como ya se ha comentado en el epígrafe 2, recientemente fue anunciada que se encuentra en desarrollo la **Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada para España**. Si bien se halla actualmente en fase de discusión, además del cambio en los criterios de inversión ya comentados, que deja en un segundo plano la inversión en infraestructuras pasando a primer término las inversiones en movilidad, una de las reflexiones que se están tratando es la definición de unas líneas estratégicas que aborden las principales cuestiones que conforman y condicionan la movilidad en España, independientemente de las implicaciones competenciales de las mismas.

La importancia que **BIM** está adquiriendo como mecanismo para incrementar la eficacia de la inversión pública ha llevado a formalizar la creación, mediante el Real Decreto 1515/2018, de 28 de diciembre, de la Comisión Interministerial para la incorporación de la metodología BIM en la contratación pública, como organismo encargado de impulsar la adopción de un Plan de implantación de la metodología BIM y supervisar su ejecución por parte de las distintas instituciones implicadas. Dicho Plan deberá ser acorde con los avances europeos en esta materia y con la Estrategia Nacional de Contratación Pública.

Del mismo modo que sucede en el ámbito europeo, el transporte, como su digitalización, es una actividad que impacta en otros sectores. En este sentido, en el marco de la **Agenda Digital para España**<sup>47</sup> se han elaborado una serie de planes y estrategias destacando los siguientes por su estrecha relación con la digitalización del transporte:

- **Plan Nacional de Ciudades Inteligentes**, que es un documento que establece una política para impulsar a la industria tecnológica de las Ciudades Inteligentes en España. Para ello, la participación de las entidades locales y autonómicas y nacionales, así como el sector privado a través de expertos y representantes de la industria resulta esencial para coordinar esfuerzos y permitir la interconexión entre los distintos agentes implicados.
- **Plan Nacional 5G 2018-2020**, donde se definen las líneas estratégicas para que en el horizonte del plan esté desplegada una red de comunicaciones que permita navegar desde un dispositivo móvil a una velocidad mayor que la fibra óptica actual.

De la revisión de las políticas, estrategias y planes anteriores se puede apreciar como entre sus objetivos o líneas de actuación se persigue eliminar o al menos minimizar los restos a los que se enfrenta la digitalización en el transporte. A modo de resumen, dentro de las políticas europeas se abordan tanto la problemática de la digitalización asociada a la madurez de las tecnologías, como las necesidades en cuanto a la infraestructura y comunicaciones para soportar el gran volumen de datos. Esto también sucede en el ámbito nacional, donde

<sup>46</sup> <https://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/7B974E30-2BD2-46E5-BEE5-26E00851A455/148411/PlanEstrategicoDrones.pdf>

<sup>47</sup> <http://www.agendadigital.gob.es/Paginas/index.aspx>

tanto el Plan de Innovación para el Transporte y las Infraestructuras, como el Plan Nacional de Ciudades Inteligentes y la Comisión BIM tratan aspectos relacionados con el necesario desarrollo de las infraestructuras y las comunicaciones, siendo este último aspecto desarrollado con mayor profundidad en el Plan Nacional 5G.

Asimismo, también las políticas y planes tienen en cuenta los retos económicos, en especial los que guardan relación con la inversión que es necesario realizar para poder alcanzar el potencial de estas nuevas tecnologías. Si bien en las políticas estratégicas y planes no se articulan instrumentos de financiación como tal (ver epígrafe 5.3), sí que proveen información sobre el volumen de negocio e inversión necesaria para llevar a buen término la transformación digital en el transporte, aportando en algunos casos cifras asociadas a la realización de ciertos estudios, proyectos o desarrollos piloto entre otros.

De forma análoga, los retos sociales como el aumento de la congestión, la posible pérdida de puestos de trabajo o el riesgo de exclusión también son tenidos en cuenta en los documentos descritos, tanto a nivel europeo como nacional. Sin embargo, los aspectos legales, normativos o regulatorios, que sí que son tratados en las políticas estratégicas o planes aportando directrices sobre cómo tiene que ser tratados estos aspectos, requieren de un desarrollo posterior que se analiza en el siguiente epígrafe.

## 5.2 Regulación y legislación

Como consecuencia del avance de la transformación digital aplicada al transporte en donde el sector privado progresa a una velocidad de vértigo, poniendo en funcionamiento nuevos servicios o modelos de negocio, la necesidad de contar con un marco jurídico que garantice la competencia en condiciones de igualdad, permita el acceso libre a estos servicios y vigile el cumplimiento de los objetivos del transporte establecidos en las políticas, estrategias y planes resulta de vital importancia.

No obstante, como consecuencia de la gran velocidad con la que avanza el sector privado, las distintas Administraciones se han visto, en cierta medida, superadas por esta coyuntura. Sin embargo, este hecho no les ha paralizado, estando ahora mismo trabajando en gran parte de los retos relacionados con la legislación y regulación. En particular, los principales campos donde ya se han implementado directivas y reglamentos son los siguientes:

- En el ámbito de **la disponibilidad y economía de los datos**, desde la Comisión Europea se publicó en mayo de 2017 el Reglamento Delegado (UE) 2017/1926 que complementa la Directiva 2010/40/UE del Parlamento Europeo y del Consejo en lo que se refiere al suministro de servicios de información sobre desplazamientos multimodales en toda la Unión. En dicho reglamento se establece la obligatoriedad de aportar datos estáticos e históricos de desplazamiento y tráfico a los distintos agentes intervinientes en el transporte (autoridades de transporte, prestadores de servicios de transportes, gestores de las infraestructuras, etc.). Asimismo, el citado reglamento deja la decisión sobre el suministro de datos dinámicos en los estados miembros.

Todos estos datos, los estáticos de forma obligatoria y los dinámicos cuando se decida incorporar esa información por los distintos estados miembros, estarán disponible en los puntos de acceso nacional que habilite cada país. En el caso español, el Ministerio de Fomento está trabajando en la definición de un catálogo de datos abiertos del transporte, que es la fase previa para poder implementar el punto de acceso nacional, que en este caso se ha denominado como portal multimodal de datos abiertos del transporte.

- Otro aspecto al que se han dedicado múltiples esfuerzos es a la **estandarización de la información** de forma que se permita el intercambio fluido de los datos, tal y como se ha comentado en el epígrafe 3.1. A modo de ejemplo, en el ámbito europeo la regulación previamente comentada ha designado a

NeTEx como el estándar para el suministro de los datos estáticos y a DATEX II para el suministro de los dinámicos a los distintos puntos de acceso nacionales comentados con anterioridad.

Como complemento a la estandarización y normalización anterior, en el **ámbito de las zonas urbanas**, Decisión de Ejecución (UE) 2016/209 solicita una petición de normalización dirigida a los organismos europeos de normalización en relación con los sistemas de transportes inteligentes (STI) en zonas urbanas que complementa lo ya recogido en la Directiva 2010/40/UE.

- En el marco de los **vehículos aéreos no tripulados** (UAV por sus siglas en inglés), desde la Comisión Europea se está trabajando, junto con la Agencia Europea de Seguridad en la Aviación (EASA) en la creación de un marco regulatorio que garantice la seguridad en el espacio aéreo pero sin perder de vista las posibilidades que ofrece este tipo de vehículos. Por su parte, en España se publicó en noviembre de 2017 el Real Decreto 1036/2017 que regula la utilización civil de las aeronaves pilotadas por control remoto, que es un pequeño paso en este sentido dado que aún está pendiente de regular el uso de aeronaves civiles no tripuladas (aeronaves autónomas) que no permiten la intervención del piloto en la gestión del vuelo.
- En relación con el **transporte de mercancías**, como se ha comentado en el epígrafe 3.2.2, el *Digital Transport & Logistic Forum (DTLF)* es un grupo de expertos en el campo del transporte y la logística pertenecientes a todos los ámbitos y sectores cuya principal misión es apoyar a la Comisión a desarrollar e implementar políticas, estrategias y normativa en el campo del transporte de mercancías y la logística. En este sentido, es reseñable la participación del DTLF a la hora de incluir una serie de recomendaciones para estimular la interoperabilidad y el intercambio de información digital en el transporte y la logística. Todo este trabajo del DTLF ha tenido como resultado la propuesta de regulación sobre la información electrónica en el transporte de mercancías<sup>48</sup> que establece el marco para la comunicación electrónica de formalidades (*regulatory information*) relativa al transporte de mercancías en la Unión. El objetivo es fomentar la aceptación en formato electrónico de documentos que ahora se manejan mayoritariamente en papel. La propuesta de Reglamento permite a la Comisión Europea realizar actos delegados y de implementación para aproar conjunto de datos y sus definiciones así como requisitos técnicos de plataformas que permitan el acceso a esa información electrónica.
- El campo del **transporte marítimo** también ha tenido avances regulatorios en los últimos años que han desembocado en la propuesta de Reglamento por el que se crea un entorno de ventanilla única marítima europea<sup>49</sup>. Este reglamento tiene como objetivo el establecimiento de un marco para un entorno armonizado e interoperable de ventanilla única marítima europea, con objeto de facilitar la transmisión electrónica de datos sobre las obligaciones informativas de los buques que entren, permanezcan o salgan de un puerto de la Unión.

Adicionalmente, el Ministerio de Fomento está participando en el sub-grupo de trabajo sobre buques autónomos (Ad hoc MASS sub-group) del *High Level Steering Group for Governance of the Digital Maritime System and Services* de la Comisión Europea, el cual centra su labor en identificar los problemas que la operación de buques autónomos pueda implicar en la gestión del tráfico marítimo. Asimismo, y en un ámbito que desborda el estricto de la Unión, se está presente en diferentes grupos de trabajo del *Scoping Exercise* de la Organización Marítima Internacional, en el que se tratan de identificar las trabas legales que la operación de los buques autónomos pueda encontrar en los convenios internacionales relativos a los buques.

<sup>48</sup> COM(2018) 279 final

<sup>49</sup> COM(2018) 278 final

- Por último, al respecto de la **fiscalidad**, es otro campo en el que la Comisión Europea ha desarrollado una intensa labor simplificando las obligaciones del impuesto de valor añadido (IVA) para las empresas que realizan ventas transfronterizas de bienes o servicios (principalmente en línea) a los consumidores finales y garantizar que el IVA sobre dichos suministros se pague correctamente al Estado miembro del cliente, en línea con el principio de imposición en el Estado miembro de destino.

Estos cambios en la legislación comunitaria se han implementado en dos etapas. Las primeras medidas entraron en vigor en 2015 y abarcaban los servicios de telecomunicaciones, radiodifusión y electrónicos. El segundo paquete de medidas fue adoptado por el Consejo en diciembre de 2017 e incluía nuevas reglas para la venta a distancia de productos, así como para cualquier tipo de servicio proporcionado a los clientes finales en la UE (Directiva (UE) 2017/2455, Reglamento (UE) 2017/2454 y Reglamento de Ejecución (UE) 2017/2459).

### 5.3 Financiación

En el ámbito europeo existen numerosos instrumentos e instituciones que prestan apoyo económico y financiero en el campo de la digitalización en el transporte. No es objeto de este informe el ir desgranando detalladamente todos y cada uno de ellos, por lo que en la siguiente tabla se describen de forma somera los más relevantes.

**Tabla 4. Principales instrumentos de financiación para la digitalización del transporte**

Instrumento de financiación	Descripción
	<p>El programa <b>Horizonte 2020 o H2020</b> es el instrumento financiero de la Comisión Europea para la innovación en los sectores del transporte y la energía. Cuenta con un presupuesto de 77.000 millones de € para el periodo 2014 – 2020, a lo que habría que añadir la inversión privada que este tipo de instrumentos atraen.</p> <p>Actualmente está vigente el programa de trabajo 2018-2020 que se estructura en 4 áreas de actividad que cuentan con un presupuesto de total de más de 7.000 millones de €. En este sentido, de las citadas áreas de actividad, las que guardan una mayor relación con el transporte y su transformación digital son el área de construir un futuro con bajas emisiones de carbono y resiliente al clima y el área de digitalización y transformación de la industria y los servicios europeos, con un presupuesto total de 3.528 millones y 1.689 millones en el periodo 2018-2020 respectivamente.</p> <p>Adicionalmente, el presupuesto de cada una de las áreas de actividad anteriores se distribuye en función de los 7 retos identificados como las principales preocupaciones compartidas por los ciudadanos de la UE, siendo el transporte inteligente, verde y conectado uno de los desafíos señalados por la Comisión. En particular, este reto ha contado con un presupuesto total de 6.339 millones de € en el periodo 2014-2020, de los cuales actualmente el programa de trabajo 2018-2020 distribuye de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dentro del área de actividad de construir un futuro con bajas emisiones de carbono y resiliente al clima, 369 millones de € se han presupuesto para iniciativas enfocadas en el reto lograr un transporte inteligente, verde y conectado.</li> <li>• Por su parte, para el área de transformación de la industria y los servicios europeos, se destina la cifra de 103 millones de € para aquellos proyectos destinados a la consecución del mencionado reto.</li> </ul>

Instrumento de financiación	Descripción
 <p data-bbox="242 685 443 763"><b>CEF</b> programme</p>	<p data-bbox="593 275 1399 499">El programa <b>Connecting Europe Facility (CEF)</b> es un instrumento clave de financiación de la UE para el desarrollo de redes transeuropeas de alto rendimiento, sostenibles y eficientemente interconectadas en los campos del transporte, la energía y los servicios digitales. El presupuesto para el periodo 2014 – 2020 es de 27.400 millones de €, de los cuales 22.400 están destinados al sector de transporte, 4.700 millones a energía y 300 millones los servicios digitales).</p> <p data-bbox="593 521 1399 616">Poniendo el foco en el sector del transporte, actualmente el programa para 2019 consta con una contribución por parte de la Unión Europea de 100 millones de €, distribuidos de la siguiente forma:</p> <ul data-bbox="644 640 1399 969" style="list-style-type: none"><li data-bbox="644 640 1399 801">• 65 millones de € están destinados a eliminar los cuellos de botella, mejorar la interoperabilidad ferroviaria y, en particular, mejorar las secciones transfronterizas, estableciendo como prioridad aquellos proyectos que formen parte de la red global (<i>comprehensive network</i>).</li><li data-bbox="644 813 1399 969">• 35 millones de € se invertirán en iniciativas enfocadas en asegurar sistemas de transporte sostenibles y eficientes a largo plazo. En este caso, tendrán prioridad aquellas propuestas que traten el tema de la contaminación acústica en el transporte ferroviario de mercancías.</li></ul>

El **Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER)** se destina a financiar proyectos y actuaciones en las siguientes áreas dependiendo del grado de desarrollo de la región:

- Innovación e investigación.
- La agenda digital.
- Apoyo a las pequeñas y medianas empresas.
- Economía de bajas emisiones.

Los recursos del FEDER asignados a estas prioridades dependerán de la categoría de la región. Además, algunos de los recursos del FEDER deben destinarse específicamente a proyectos de economía de bajas emisiones de carbono:

- en las regiones más desarrolladas: 20 %;
- en las regiones en transición: 15 %;
- en las regiones menos desarrolladas: 12 %.

De acuerdo con la Regulación del programa, al menos un 5% de los recursos de este fondo deberá ser destinado a financiar medidas integradas para el desarrollo urbano sostenible. Este hecho da lugar a que más de 1.000 millones de € de ayuda FEDER puedan ser asignados a las ciudades y áreas urbanas españolas, mediante convocatorias abiertas, a aquellas que hayan desarrollado una **Estrategia de Desarrollo Urbano Sostenible e Integrado (EDUSI)** que pueda ser objeto de financiación a lo largo del periodo 2014 - 2020.



**FEDER**  
Fondo Europeo de  
Desarrollo Regional



Instrumento de financiación	Descripción
	<p>El Banco Europeo de Inversiones (BEI) lanzó en el año 2015 el <b>Fondo Europeo de Inversiones Estratégicas (EFSI)</b> por sus siglas en inglés). Este fondo surge como una ayuda complementaria para ayudar a superar la actual brecha de inversión en la Unión Europea mediante la movilización de fondos privados para inversiones estratégicas.</p> <p>Entre los campos a los que el EFSI apoyará en encuentran los proyectos o iniciativas de numerosos campos, entre los que tienen cabida los relacionados con la transformación digital en el ámbito del transporte.</p> <p>El fondo dispone de 315.000 millones de € para financiar proyectos estratégicos en el periodo 2015-2018, que se ha ampliado hasta los 500.000 millones hasta el año 2020.</p>

Fuente: Elaboración propia del OTLE