



MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Situación actual del sector ferroviario español y posibles mejoras en él a través de la digitalización de las estaciones de tren

Autor: Álvaro Yllera López

Director: Javier González González

Co-Director: Federico Riopérez Herranz

Madrid

Agosto de 2020

AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN RED DE PROYECTOS FIN DE GRADO, FIN DE MÁSTER, TESINAS O MEMORIAS DE BACHILLERATO

1º. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.

El autor **D. Álvaro Yllera López** DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: **“Situación actual del sector ferroviario español y posibles mejoras en él a través de la digitalización de las estaciones de tren”**, que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

2º. Objeto y fines de la cesión.

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad, el autor **CEDE** a la Universidad Pontificia Comillas, de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución y de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra a) del apartado siguiente.

3º. Condiciones de la cesión y acceso

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia habilita para:

- a) Transformarla con el fin de adaptarla a cualquier tecnología que permita incorporarla a internet y hacerla accesible; incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar “marcas de agua” o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.
- b) Reproducirla en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato.
- c) Comunicarla, por defecto, a través de un archivo institucional abierto, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.
- d) Cualquier otra forma de acceso (restringido, embargado, cerrado) deberá solicitarse expresamente y obedecer a causas justificadas.
- e) Asignar por defecto a estos trabajos una licencia Creative Commons.
- f) Asignar por defecto a estos trabajos un HANDLE (URL *persistente*).

4º. Derechos del autor.

El autor, en tanto que titular de una obra tiene derecho a:

- a) Que la Universidad identifique claramente su nombre como autor de la misma
- b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
- c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada.
- d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

5º. Deberes del autor.

El autor se compromete a:

- a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que pudieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e intereses a causa de la cesión.

- d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.
- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.
- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.
- La Universidad se reserva la facultad de retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

Madrid, a 31 de agosto de 2020

ACEPTA



AYL.

Fdo. Álvaro Yllera López

Motivos para solicitar el acceso restringido, cerrado o embargado del trabajo en el Repositorio Institucional:

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título:

Situación actual del sector ferroviario español y posibles mejoras en él a través de la digitalización de las estaciones de tren

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el curso académico 2019-2020 es de mi autoría, original e inédito y no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Álvaro Yllera López

Fecha: 31/ 08/2020



AYL.

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: Javier González González

Fecha: 31/ 08/2020

SITUACIÓN ACTUAL DEL SECTOR FERROVIARIO ESPAÑOL Y POSIBLES MEJORAS EN ÉL A TRAVÉS DE LA DIGITALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES DE TREN

Autor: Yllera López, Álvaro.

Director: González González, Javier.

Co-Director: Riopérez Herranz, Federico.

Entidad Colaboradora: Kearney.

Resumen:

En España, actualmente el mercado ferroviario no está todavía liberalizado. Sin embargo, cuando esta liberalización se produzca en diciembre de 2020 y pasen a haber nuevos operadores ferroviarios en el transporte de la alta velocidad, se producirá una reducción de los precios de los billetes que llevará a un aumento de la demanda en este sector. Este aumento de la demanda se traduce en más pasajeros pasando por las estaciones españolas, por lo que la digitalización de éstas favorecerá tanto la reducción de los puntos de congestión habituales como el aumento de los ingresos obtenidos por parte de los pasajeros.

Para demostrar la necesaria digitalización que tiene que llevarse a cabo en este sector, en esta Tesis se comienza realizando un análisis del mercado ferroviario tanto español como europeo en el que se analizará la evolución de estos sectores hasta llegar a la situación actual de: la oferta, la demanda, la cantidad de viajeros-km, la cuota de mercado respecto a otros modos de transporte y la nacionalidad de los pasajeros en los recorridos de larga distancia. Para ello, se utilizarán como apoyo en este análisis fuentes de información y bases de datos de carácter público, comunicados de prensa e informes anuales del sector ferroviario. En este capítulo, podrá también observarse como el futuro incremento en la demanda de los servicios ferroviarios, debido en gran parte a la liberalización de este mercado, hace necesario que se produzcan modificaciones en las estaciones de tren, para así poder convertir estos lugares en sitios agradables para los pasajeros. En segundo lugar, una vez realizado el análisis del mercado ferroviario de alta velocidad se comienza a realizar un análisis de las posibles tecnologías aplicables para digitalizar las estaciones de tren y así mejorar la experiencia y satisfacción del consumidor con este medio de transporte. La búsqueda de las posibles tecnologías para digitalizar tanto las estaciones de tren como la experiencia de los pasajeros se ha realizado a través

de la búsqueda de tecnologías disruptivas que estén o hayan sido ya implantadas en aeropuertos de todo el mundo. En tercer lugar, se realiza una observación de la situación actual de la aplicación que tiene actualmente el operador de infraestructuras ferroviarias (Adif) para, posteriormente, realizar un estudio de las posibles áreas de mejora que incurrirían tanto en un aumento de los ingresos provenientes de los pasajeros, como en una mejora de su experiencia dentro de la estación. Una vez realizadas estas tres primeras partes, se ha decidido añadir una cuarta en la que se analiza como la presente crisis sanitaria producida por el virus Covid-19 va a afectar a este sector.

En primer lugar, se realiza un análisis de la situación actual del sector de la alta velocidad en España, en el que se ve la tendencia creciente y la buena adaptación que ha tenido por los pasajeros en los últimos años. De hecho, la demanda de viajeros – kilómetro de la alta velocidad comercial española ha aumentado en un 541,8% desde 2005, mientras que el número de viajeros tuvo un incremento del 85,7% de demanda, lo que implica que el número de kilómetros recorridos en estas líneas ha aumentado considerablemente. Seguidamente se hace un análisis del sector a nivel europeo, en el que se determina, como carácter general, que este tipo de transporte no se utiliza en gran medida de manera internacional ya que, en este sector, el transporte internacional en la Unión Europea es de media de 1,14%. Esto implica que 114 de cada 10.000 viajeros que utilizan este tipo de transporte en Europa son pasajeros que tienen como destino un país distinto al de salida. Por ello, se espera que, tras la directiva europea y el lanzamiento del cuarto paquete ferroviario, la liberalización del mercado ferroviario en Europa tenga una influencia de manera directa en el incremento de trayectos internacionales entre los estados miembros y este tipo de transporte gane cuota de mercado frente a sus actuales competidores.

En segundo lugar, una vez analizado y visto el potencial de desarrollo que tiene el tren en la movilidad del futuro, se pasa a analizar las distintas tecnologías aplicables que contribuyan a digitalizar las estaciones, para así hacerlas más eficientes y tener posibilidad de mejora en la satisfacción de los pasajeros. La búsqueda de las posibles tecnologías para digitalizar tanto las estaciones de tren como la experiencia de los pasajeros, se ha realizado a través de la búsqueda de tecnologías disruptivas que estén o hayan sido ya implantadas en aeropuertos de todo el mundo, puesto que los aeropuertos tienen en común con las estaciones de tren que son lugares que concentran una gran cantidad de personas en espacios cerrados, por lo que ambos se encuentran en una búsqueda continua de mejorar la experiencia del pasajero. Entre los aeropuertos

seleccionados y analizados se encuentran los de Ámsterdam, Atenas, Miami, Múnich, Niza, Nueva York, Shenzhen y Seúl. De ellos, las tecnologías seleccionadas son: Big Data, Video Analytics, uso de robots, reconocimiento facial y 5g que, aunque parezca futurista su aplicación a las estaciones de tren, es también realista puesto que ya han sido utilizadas previamente y, como se explica en el capítulo, simplemente habría que adaptarlas a las necesidades de este nuevo entorno.

A continuación, se analizará la actual aplicación que ofrece ADIF. Se verá que servicios/funciones está proporcionando ahora mismo y la calificación y valoración que tiene tanto en la App store como en Google play, para así poder determinar las posibles áreas de mejora. Una vez determinadas, se realizará tanto un estudio de las funcionalidades que ya ofrecen las aplicaciones de algunos de los operadores ferroviarios, al igual que se proporcionarán ideas innovadoras que permitan mejorar la experiencia del pasajero en este modo de transporte. Los puntos de mejora en los que se hará hincapié son: la creación de un buen servicio de infoentretenimiento y la creación de un buen Marketplace que permita a los pasajeros tanto estar conectados desde que llegan a la estación, como realizar compras una vez se han sacado el billete, destacando de este último tanto las diversas opciones de compra como las múltiples opciones de recogida. La última palanca de mejora dentro de la aplicación será en relación con la movilidad, con la intención de proponer un modelo que incluya un servicio más completo (tanto de recogida para ir a la estación, como de la estación al lugar de destino) y así dar más facilidades a los viajeros para que se inclinen por este medio de transporte en el futuro.

En el último capítulo, se analizará la situación sanitaria que se ha vivido en el primer semestre de 2020 en España y como esta situación ha afectado al sector ferroviario de alta velocidad. Se realizará una comparación entre los pasajeros que ha habido en este sector durante los meses del primer semestre del 2020 con la cantidad de pasajeros que había habido en los mismos meses de los años anteriores, analizando cuales eran antes las tendencias de crecimiento antes de la aparición del virus y cuáles son las que se esperan a partir del segundo semestre. Para ello, se realizarán cuatro escenarios en los que en 3 de ellos el factor variable es como va a evolucionar el virus en España a partir del segundo semestre de 2020, mientras que el 4 es como hubiese sido la evolución en una situación ideal en la que no hubiese habido existencia del virus. De estos escenarios se extrae que el Covid-19 ha afectado de manera muy fuerte al sector ferroviario español de alta

velocidad y, en el mejor de los casos, la mínima pérdida de pasajeros que habrá en 2020 respecto a 2019 sería de 69,2%.

Por último, en las conclusiones de esta Tesis, se añade una reflexión de cómo tanto las tecnologías previamente estudiadas para digitalizar las estaciones de tren como las mejoras propuestas para la aplicación, pueden también tener un impacto muy positivo en la necesaria transición actual hacia un modo de transporte más “sanitariamente seguro” ya que, en general, estas tecnologías podrían facilitar el distanciamiento social y reducir el contacto entre personas, tanto dentro de la estación como dentro del propio tren.

CURRENT SITUATION OF THE SPANISH RAILWAY SECTOR AND POSSIBLE IMPROVEMENTS IN IT THROUGH THE DIGITALIZATION OF RAILWAY STATIONS

Author: Yllera López, Álvaro.

Director: González González, Javier.

Co-Director: Riopérez Herranz, Federico.

Collaborating Entity: Kearney.

Abstract:

In Spain, the railway market is not yet liberalized. However, when this liberalisation takes place in December 2020 and there are new rail operators in high-speed transport, there will be a reduction in ticket prices leading to an increase in demand in this sector. This increase in demand means more passengers passing through Spain's stations, so the digitalisation of these stations will help both to reduce the usual bottlenecks and to increase passenger revenue.

In order to demonstrate the necessary digitalization that has to be carried out in this sector, this Thesis begins by making an analysis of the Spanish and European railway market in which the evolution of these sectors will be analyzed until reaching the current situation of: supply, demand, number of passenger-km, market share with respect to other modes of transport and the nationality of passengers on long-distance journeys. This analysis will be supported by public information sources and databases, press releases and annual reports from the railway industry. This chapter will also show how the future increase in demand for rail services, largely due to the liberalisation of this market, will require changes to be made to railway stations to make them more pleasant for passengers. Secondly, once the analysis of the high-speed rail market has been carried out, an analysis of possible technologies for digitalising railway stations will be undertaken in order to improve the consumer's experience and satisfaction with this means of transport. The search for possible technologies to digitize both train stations and the passenger experience has been carried out through the search for disruptive technologies that are or have been implemented in airports around the world. Thirdly, an observation of the current situation of the current application of the railway infrastructure operator (Adif) is carried out in order to subsequently carry out a study of the possible areas of improvement

that will lead to an increase in passengers' income as an improvement in their station experience. Once these first three parts have been carried out, it has been decided to add a fourth in which it is analyzed how the current health crisis produced by the Covid-19 virus is going to affect this sector.

First of all, an analysis of the current situation of the high speed sector in Spain is carried out, in which the growing trend and the good adaptation that it has had by the passengers in the last years can be seen. In fact, the demand of passengers - kilometer of the Spanish commercial high speed has increased by 541.8% since 2005, while the number of passengers had an increase of 85.7% of demand, which means that the number of kilometers traveled on these lines have increased considerably. The following is an analysis of the sector at European level, which shows that this type of transport is not used to any great extent internationally, since international transport in this sector in the European Union averages 1.14%. This means that 114 out of every 10 000 passengers using this type of transport in Europe are passengers travelling to a country other than their country of departure. It is therefore expected that, following the European directive and the launch of the fourth railway package, the liberalisation of the rail market in Europe will have a direct influence on the increase in international journeys between Member States and that this type of transport will gain market share from its current competitors.

Secondly, once the potential for development of the train in future mobility has been analyzed and seen, the different applicable technologies that contribute to digitize the stations are analyzed, in order to make them more efficient and have the possibility of improving the satisfaction of the passengers. The search for possible technologies to digitize both train stations and the passenger experience has been carried out through the search for disruptive technologies that are or have already been implemented in airports around the world, since airports have in common with train stations that are places that concentrate a large number of people in closed spaces, so both are in a continuous search to improve the passenger experience. Among the airports selected and analyzed are those of Amsterdam, Athens, Miami, Munich, Nice, New York, Shenzhen and Seoul. Of these, the selected technologies are: Big Data, Video Analytics, use of robots, facial recognition and 5g which, although it seems futuristic to apply to train stations, is also realistic since they have already been used previously and, as explained in the chapter, would simply have to be adapted to the needs of this new environment.

Next, the current application offered by ADIF will be analyzed. It will be seen what services/functions it is providing right now, the rating and evaluation it has both in the App store and in Google play, in order to determine possible areas of improvement. Once determined, a study of the functionalities already offered by the applications of some of the railway operators will be carried out, as well as providing innovative ideas to improve the passenger experience in this mode of transport. The points of improvement that will be emphasized are: the creation of a good infotainment service and the creation of a good Marketplace that allows passengers both to be connected from the moment they arrive at the station, and to make purchases once the ticket has been issued, highlighting the latter both the various purchase options and the multiple collection options. The final lever for improvement within the application will be in relation to mobility, with the intention of proposing a model that includes a more complete service (both collection to go to the station and from the station to the destination) and thus provide more facilities for passengers to opt for this means of transport in the future.

In the last chapter, the health situation experienced in the first half of 2020 in Spain and how this situation has affected the high-speed rail sector will be analyzed. A comparison will be made between the number of passengers in this sector in the first half of 2020 and the number of passengers in the same months in previous years, analyzing what the growth trends were before the appearance of the virus and what is expected from the second half of the year. For it, four scenarios will be realized in which in 3 of them the variable factor is as it is going to evolve the virus in Spain from the second semester of 2020, whereas 4 is as it would have been the evolution in an ideal situation in which there had not been existence of the virus. These scenarios show that the Covid-19 has had a very strong effect on the Spanish high-speed rail sector and, in the best case scenario, the minimum loss of passengers in 2020 compared to 2019 would be 69.2%.

Finally, in the conclusions of this Thesis, a reflection is added on how both the technologies previously studied to digitize the train stations and the improvements proposed for the application, can also have a very positive impact on the necessary current transition towards a more "sanitary" mode of transport since, in general, these technologies could facilitate the social distancing and reduce the contact between people, both inside the station and the train itself.



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Situación actual del sector ferroviario español y posibles mejoras en él a través de la digitalización de las estaciones de tren

Autor: Álvaro Yllera López

Director: Javier González González

Co-Director: Federico Riopérez Herranz

Madrid

Agosto de 2020

Índice de Contenidos

1. Introducción.....	9
2. Objetivos de la investigación	11
3. Metodología.....	13
3.1 Metodología del análisis del mercado ferroviario	13
3.2 Metodología para la identificación de tecnologías aplicables.....	14
3.3 Metodología para la identificación de posibles áreas de mejora en la app	15
3.4 Metodología el análisis del impacto del covid-19 en el sector ferroviario español	15
4. Ferrocarril.....	17
4.1 Ferrocarril en españa.....	17
4.1.1 Historia	17
4.1.2 Estado actual del ferrocarril en españa.....	19
4.2 Ferrocarril en europa.....	25
4.2.1 Estado actual del ferrocarril en europa.....	26
4.3 Liberalización del mercado ferroviaio	31
5. Digitalización	35
5.1 Big data	36
5.1.2 Caso de éxito en el aeropuerto de Atenas.....	40
5.1.3 Caso de éxito en el aeropuerto de Sídney.....	41
5.1.4 Aeropuerto internacional de Miami, John F.Kennedy & Nice Cote d'Azur	43
5.2 Video analytics.....	46
5.3 Robots.....	49
5.3.1 Robots más utilizados en los aeropuertos.....	51
5.3.2 Coste de la introducción de robots en las estaciones de tren.....	53
5.4 Reconocimiento facial	55
5.4.1 Aplicación en las estaciones de tren.....	57
5.5 5g	58
6 Aplicación móvil.....	59
6.1 Aplicación actual	59
6.2 Posibles áreas de mejora.....	60
6.2.1 Infoentretenimiento	61
6.2.2 Marketplace.....	66
6.2.2.1 Publicidad digital.....	68
6.2.3 Movilidad	69
6.2.3.1 Mejora de la experiencia de los pasajeros de tren a través de la movilidad	70

7. Impacto del covid-19 en el sector ferroviario.....	75
7.1 Efecto del covid-19 en el ave.....	76
7.2 Evolución del ave en 2020 – casos de estudio.....	79
7.3 Medidas de prevención a implementar tanto en las estaciones de tren como durante el viaje .	84
7.4 Covid-19 y la liberalización de mercado ferroviario.....	86
8 Conclusiones	89
9 ANEXO I: Objetivos de Desarrollo Sostenible	93
10 Referencias.....	95

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Red de ferrocarriles de ancho ibérico en el Siglo XIX	18
Ilustración 2. Demanda del transporte ferroviario en larga distancia	20
Ilustración 3. Miles de pasajeros – km en el transporte ferroviario de larga distancia (Fuente: RENFE)	22
Ilustración 4. Cuota modal del transporte de viajeros transportados en 2017. Fuente: Eurostat & OTLE	23
Ilustración 5. Porcentaje de pasajeros – km con destinos nacionales e internacionales en España. Fuente: Eurostat	24
Ilustración 6. <i>Evolución de la longitud de vía (miles de Km). Fuente: Eurostat</i>	25
Ilustración 7. Media del porcentaje de tipo de transporte terrestre utilizado entre 2008-2018. Fuente: Eurostat.....	27
Ilustración 8. Evolución del volumen de tráfico ferroviario en la Unión Europea. Fuente Eurostat	27
Ilustración 9. Porcentaje de pasajeros internacionales en cada estación. Fuente: Eurostat.....	29
Ilustración 10. Evolución del volumen de tráfico ferroviario en la Unión Europea. Fuente: Eurostat	29
Ilustración 11. Evolución del volumen de tráfico ferroviario en la Unión Europea. Fuente: Eurostat	30
Ilustración 12. Proceso de Datamining	37
Ilustración 13. Diagrama de bloques del proceso de análisis de vídeo	46
Ilustración 15. Heatmap de una tienda de conveniencia.....	48
Ilustración 16. Evolución del Mercado de los robots humanoides (Valor en USD).....	49
Ilustración 17. Pepper interactuando con los más jóvenes en St. Pancras	50
Ilustración 18. Integración de los robots y las personas en la estación japonesa JR Station	51
Ilustración 19. De izquierda a derecha: Josie Pepper y Troika	52
Ilustración 20. De izquierda a derecha: Jumbo, AnBot y Spencer	53
Ilustración 21. Comparativa de precios de los robots (en €).....	53
Ilustración 22. Automated Border Control (ABC)	55
Ilustración 23. Funcionamiento del Sistema integrado en el ABC	56
Ilustración 24. Mercado de Controles Biométricos Automáticos (USD). Fuente: IFR	57

Ilustración 25. Valoración de la aplicación de Adif	60
Ilustración 26. Tiempo medio de utilización por pasajero y trayecto	62
Ilustración 27. Porcentaje de pasajeros satisfechos con la aplicación	63
Ilustración 28. Posibilidades de compra y recogida del producto.....	68
Ilustración 29. Caso Actual	71
Ilustración 30. Caso Óptimo	72
Ilustración 31. Pasajeros mensuales en las líneas de alta velocidad españolas. Fuente: Ministerio de Fomento	77
Ilustración 32. Resumen de la cantidad de pasajeros que habría en 2020	82
Ilustración 33. Variación del número de pasajeros totales respecto al año anterior	83

Índice de Tablas

Tabla 1. Oferta de transporte ferroviario (millones de plazas - km). Fuente: Eurostat	19
Tabla 2. Demanda del transporte ferroviario (millones de viajeros – km). Fuente: Eurostat.....	20
Tabla 3. Demanda del transporte ferroviario (miles de viajeros). Fuente: Eurostat	23
Tabla 4. Resumen de las tecnologías con Big Data utilizadas en aeropuertos	44
Tabla 5. Resumen del Infoentretenimiento utilizados en trenes.....	65
Tabla 6. Variación pasajeros AVE (2014-2017). Fuente: Ministerio de Fomento.....	78
Tabla 7. Variación pasajeros AVE (2017-2019). Fuente: Ministerio de Fomento.....	78
Tabla 8. Evolución Primer Caso	80
Tabla 9. Evolución Segundo Caso	81
Tabla 10. Evolución Tercer Caso.....	82
Tabla 11. Evolución Cuarto Caso	82

Índice de Abreviaciones

ADIF	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias
AVE	Alta Velocidad Española
CNMC	Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia
Covid-19	Enfermedad por coronavirus
FEVE	Ferrocarriles de Via Estrecha
IoT	Internet of Things
KPI	Key Performance Index
RENFE	Red Nacional de los Ferrocarriles Españoles
SNCF	Société nationale des chemins de fer français
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
UE	Unión Europea

1. Introducción

La directiva de la UE se establece que el 14 de diciembre de 2020 deberá estar liberalizado el transporte ferroviario en todo el territorio europeo. Esta apertura de los mercados nacionales tanto de mercancías como de pasajeros es un paso importante hacia la creación de un espacio ferroviario europeo integrado, que ayude a constituir un verdadero mercado interno en la UE para el ferrocarril.

Una industria ferroviaria más competitiva y eficiente, además de un requisito previo para alcanzar los objetivos de reducción de emisiones y de transferencia modal, supone una mayor armonización técnica de los sistemas ferroviarios y la contribución al desarrollo de las principales rutas ferroviarias transfronterizas, que ayudan a eliminar las barreras a un sector ferroviario cada vez más competitivo junto con mejores conexiones entre la UE y los mercados vecinos. La legislación de la UE, además de fomentar una mayor competencia dentro de los mercados nacionales, ofrece a los operadores ferroviarios la posibilidad de prestar servicios en y entre otros países de la UE, abriendo la competencia transfronteriza.

En España, actualmente el mercado ferroviario no está todavía liberalizado. Sin embargo, cuando esta liberalización se produzca y haya nuevos operadores que entren a ofrecer los servicios de transporte de Alta Velocidad, esto se traducirá en una reducción de los precios de los billetes lo que llevará asociado un aumento de la demanda en este sector. Este aumento de la demanda se traduce en más pasajeros pasando por las estaciones españolas, por lo que la digitalización de éstas favorecerá tanto la reducción de los puntos de congestión habituales al igual que el aumento de los ingresos obtenidos por parte de los pasajeros.

La velocidad de la evolución de la tecnología actual, los grandes avances tecnológicos y la gran velocidad en el desarrollo de éstas, está incurriendo en que la mayoría de las industrias se inclinen hacia una transformación tecnológica para no quedarse atrás. Entre estas nuevas tecnologías destacan aquellas que tienen un crecimiento más inclusivo y sostenible, al mismo tiempo que estimulan la innovación, generando eficiencias y mejorando los servicios ofrecidos a los consumidores.

Por tanto, la liberalización del mercado ferroviario en España junto con el gran avance en nuevas tecnologías aplicables a las estaciones que permitan su digitalización supone el momento idóneo para pasar de las actuales estaciones de tren a la modernización de éstas, para así adaptarse a las actuales y futuras necesidades de los pasajeros.

2. Objetivos de la investigación

El principal objetivo de esta Tesis es identificar nuevas soluciones tecnológicas que puedan llegar a ser implantadas en las estaciones de tren del futuro. Con estas nuevas tecnologías se busca mejorar la experiencia del consumidor, es decir, los pasajeros en este caso. Entre las formas de mejorar esta experiencia se encuentran, entre otras, mejorar las ofertas para que incluyan servicios más personalizados, la optimización del flujo de pasajeros o la simplificación de algunos de los puntos más comunes de congestión. Como segundo objetivo se encuentra el uso de estas nuevas tecnologías para aumentar los ingresos provenientes de los pasajeros en los comercios de la estación. Finalmente, se analizará la situación actual de la aplicación que ofrece ADIF para realizar una recomendación de posibles mejoras en base a las utilizadas en otros países.

Respecto a las tecnologías identificadas en esta Tesis, se analizarán en más detalle aquellas con mayor posibilidad de ser implantadas en un periodo razonable de tiempo. Para ello se analizarán cuáles de las tecnologías existentes hoy en día se encuentran ya lo suficientemente maduras como para ser implantadas en una estación de tren actual y así convertirla en una estación de tren digitalizada.

Para poder entender mejor las razones por las que es necesario la digitalización de las estaciones de tren, se realizará un capítulo introductorio de gran interés para el lector. Este estará principalmente enfocado en analizar la situación actual del mercado ferroviario de las líneas de Alta Velocidad tanto en España como en Europa. Este primer capítulo se terminará con un apartado dedicado a la liberalización del mercado ferroviario español para poder terminar de entender porque el sector ferroviario necesita pasar por un proceso de digitalización.

Debido a la pandemia generada por el virus Covid-19 y al gran impacto que ha tenido este especialmente en España, se ha decidido añadir un cuarto capítulo en el que se analizará la evolución a corto plazo del sector ferroviario de alta velocidad en España ya que todo el análisis del primer capítulo había sido realizado con anterioridad a su aparición.

En resumen, esta Tesis tiene como objetivos:

- Dar a conocer el estado actual del mercado ferroviario tanto en España como a nivel europeo.
- Facilitar la comprensión de lo que conlleva la liberalización del mercado ferroviario en España y de cómo va a incrementar el número de pasajeros que viajan por las estaciones de tren españolas, al igual que las consecuencias que la liberalización de este mercado puede traer en el sector.
- Analizar las tecnologías existentes y aplicables a las estaciones de tren del futuro con el fin de mejorar la experiencia del pasajero a lo largo del *customer journey*.
- Realizar recomendación de nuevas oportunidades y mejoras aplicables en los servicios que ofrece actualmente ADIF (Administrador de Infraestructuras Ferroviarias)
- Analizar el impacto que pueden llegar a tener en este sector situaciones de crisis, analizando más concretamente y a corto plazo las sanitarias provocada por el Covid-19

3. Metodología

Para comprender mejor cómo se cumplirá la *Finalidad y objetivos de la investigación*, se explicará la metodología de investigación siguiendo la estructura de la Tesis.

Esta Tesis se ha estructurado en 4 partes en las que se van a realizar:

1. Primero: un análisis del mercado ferroviario tanto español como europeo
2. Segundo: un análisis de las posibles tecnologías aplicables para digitalizar las estaciones de tren y así poder mejorar la experiencia del consumidor
3. Tercero: una observación de la situación actual de la aplicación, al igual que un estudio de las posibles áreas de mejora
4. Cuarto: un análisis de como la crisis sanitaria Covid-19 va a afectar al número de pasajeros en este sector.

3.1 Metodología del análisis del mercado ferroviario

Primero se introducirá el sector ferroviario tanto en España como en Europa y se realizarán unos análisis de la evolución de estos sectores hasta llegar a la situación actual de: la oferta, la demanda, la cantidad de viajeros-km, la cuota de mercado respecto a otros modos de transporte y nacionalidad de los pasajeros en los recorridos de larga distancia. Para ello, se utilizarán como apoyo en este análisis fuentes de información y bases de datos de carácter público, comunicados de prensa e informes anuales del sector ferroviario. En este capítulo, podrá también observarse como el futuro incremento en la demanda de los servicios ferroviarios, debido en gran parte a la liberalización de este mercado, hace necesario que se produzcan modificaciones en las estaciones de tren, para así poder convertir estos lugares en sitios agradables para los pasajeros.

Para poder realizar esta primera parte se han utilizado diversas fuentes profesionales entre las que se encuentran, entre otras, The Economist, Harvard Business Review, International Union of Railways, Observatorio de Transporte y Logística de España, Kearney, McKinsey&Company, Elsevier, Research Gate, Observatorio del Ferrocarril en España, European Union Comisión, Eurostat, Ministerio de Fomento y Railway Innovation World Economic.

3.2 Metodología para la identificación de tecnologías aplicables

Una vez analizado y visto el potencial de desarrollo que tiene el tren en la movilidad del futuro, se pasa a analizar las distintas tecnologías aplicables que contribuyan a digitalizar las estaciones para así hacerlas más eficientes y tener posibilidad de mejora en la satisfacción de los pasajeros.

La búsqueda de las posibles tecnologías para digitalizar tanto las estaciones de tren como la experiencia de los pasajeros, se ha realizado a través de la búsqueda de tecnologías disruptivas que estén o hayan sido implantadas en aeropuertos de todo el mundo. Entre estos aeropuertos se encuentran las aplicadas en los aeropuertos de Ámsterdam, Atenas, Miami, Múnich, Niza, Nueva York, Shenzhen y Seúl entre otros.

Se han seleccionado los aeropuertos para hacer esta comparación debido a la similitud existente entre estos y las estaciones de tren. Ambos lugares concentran una gran cantidad de personas en espacios cerrados que hacen que se busque la continua mejora de la experiencia del pasajero. Por ello, en estos establecimientos se tiene como finalidad:

- Conseguir mejorar el *customer journey* del pasajero y, por tanto, la satisfacción del cliente
- Intentar conseguir que vuelvan a utilizar este modo de transporte
- Aumentar tanto el consumo (ventas por pasajero) tanto en las tiendas de venta al por menor como en los locales de restauración de la propia estación

Otra de las razones por las que se han elegido los aeropuertos como referencia, es el hecho de la gran modernización que han tenido a lo largo del siglo XXI, demostrando una gran adaptación a las nuevas tecnologías y pensando constantemente en mejorar la experiencia de los pasajeros. Sin embargo, las estaciones de tren han continuado igual y no han aprovechado al máximo las ventajas que tienen respecto a otros modos de transporte como puede ser el hecho de estar dentro de las propias ciudades si se compara con los aeropuertos o el hecho de dar lugar a un modo de transportes más rápido y seguro que el autobús si se compara con las estaciones de autobús.

Dentro de cada capítulo, se analizará un tipo de tecnología. Primero se hará una introducción y explicación del funcionamiento de esta, a continuación, se explicarán las ventajas que puede

suponer y finalmente se cuenta un caso de éxito en el que hayan incurrido en alguna mejora bien en un aeropuerto o en una estación de tren.

Además de la investigación sobre las tecnologías en los aeropuertos mencionados anteriormente, para poder realizar esta segunda parte se han utilizado diversas fuentes profesionales entre las que se encuentran, The Economist, Harvard Business Review, International Union of Railways, Kearney, McKinsey Digital, PWC, Research Gate, European Union Comisión, CNET, Warsaw School of Economics, Siemens, Railway Technolgy, Elsevier y Transforming Transport

3.3 Metodología para la identificación de posibles áreas de mejora en la App

En este apartado se analizará la actual aplicación que ofrece ADIF. Se verán que servicios/funciones está proporcionando ahora mismo, la calificación y valoración que tiene tanto en la App store como en Google play para así determinar las posibles áreas de mejora.

Para aportar posibles áreas de mejora, se realizará un análisis de las funcionalidades que ofrecen algunos de los operadores ferroviarios de otros países actualmente a través de sus aplicaciones, al igual que se proporcionarán ideas innovadoras que permitan mejorar la experiencia del pasajero a lo largo de su experiencia con este modo de transporte.

3.4 Metodología el análisis del impacto del Covid-19 en el sector ferroviario español

En este apartado se analizará la situación sanitaria que se ha vivido en el primer semestre de 2020 en España. Para ello, se verá como esta situación ha afectado al sector ferroviario de alta velocidad y se comparará la cantidad de pasajeros que ha habido en este sector durante los meses de este primer semestre (año 2020) con la cantidad de pasajeros que había habido en los mismos meses de los años anteriores, viendo cuales eran sus tendencias de crecimiento antes del virus y cuáles son las tendencias de crecimiento que se esperan a partir de ahora. Para esta segunda parte, se realizarán cuatro escenarios en los que en 3 de ellos el factor variable es como va a evolucionar el virus en España a partir del segundo semestre de 2020, mientras el 4 es como hubiese sido la evolución en una situación ideal en la que no hubiese habido existencia del virus.

Para poder realizar esta última parte se han utilizado diversas fuentes profesionales entre las que se encuentran, entre otras, World Health Organisation, Ministerio de Fomento de España International Union of Railways, McKinsey&Company y Comisión Europea.

4. Ferrocarril

4.1 Ferrocarril en España

4.1.1 Historia

La historia del ferrocarril en España comienza en el siglo XIX con la construcción de las primeras líneas ferroviarias y se extiende hasta la actualidad, convirtiéndose en uno de los elementos más importantes de la sociedad y la economía española. Además, este desarrollo fue posible gracias al desarrollo de la energía del vapor y la expansión de la industria del acero en dicho siglo.

En 1937, se construyó la primera línea de ferrocarril en territorio español. Esta se realizó en Cuba durante la época en la que no era una colonia, sino una provincia de pleno derecho en el marco del Estado español, por lo que establece la línea de La Habana-Güines como la primera línea de ferrocarril española.

En 1948, se construyó la primera línea en territorio peninsular. Esta línea, que todavía sigue en uso, se encargó de unir Barcelona con Mataró y contaba con 29,1 km. Esta unión fue de gran ayuda para el desarrollo del entorno económico puesto que, en Mataró, ya se comenzaba a ver una incipiente industria y los pequeños talleres de telas se estaban empezando a convertir en grandes fábricas textiles que buscaban exportar sus mercancías, siendo el puerto de Barcelona un punto estratégico para estas actividades.

Desde entonces, se comenzaría a producir una rápida expansión con el desarrollo de numerosas líneas de ferrocarril de ancho ibérico como puede observarse en la **Ilustración 1**. Este desarrollo se llevó a cabo por las que iban a convertirse en las principales empresas ferroviarias de la época: la Compañía de los Ferrocarriles de Madrid a Zaragoza y Alicante (1856), la Compañía de los Caminos de Hierro del Norte de España (1858) o la Compañía de los Ferrocarriles Andaluces (1877). Este desarrollo se produjo hasta 1936, año en el que comenzó la Guerra civil española en donde la red ferroviaria existente se vio gravemente afectada.



Ilustración 2. Red de ferrocarriles de ancho ibérico en el Siglo XIX

En 1941, después de la Guerra civil española, se produjo la nacionalización de todos los ferrocarriles españoles de ancho ibérico. Estas líneas, terminaron siendo integradas en la Red Nacional de los Ferrocarriles Españoles (RENFE) mientras que las líneas de vía estrecha se integraron en la empresa Ferrocarriles de Vía Estrecha (FEVE). Las funciones de ambas empresas terminaron siendo asumidas por el Administrados de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF), que se encarga de las infraestructuras ferroviarias y por Renfe Operadora, empresa que se encarga actualmente de la explotación de los ferrocarriles de ancho ibérico, vía estrecha y ancho internacional.

En 1992 se inauguró la primera línea de alta velocidad en España, que cubría el trayecto entre Madrid y Sevilla. La nueva infraestructura, construida con ancho de vía internacional, se denominó AVE (Alta Velocidad Española) y puede llegar a alcanzar los 300 km/h. Esta primera línea de alta velocidad se realizó, entre otros, para cubrir la gran demanda de trayectos que iba a haber debido a la Exposición Universal de Sevilla 1992 y favorecer el desarrollo del sur del país.

Según el Ministerio de Fomento, actualmente la red ferroviaria española consta de 15.301 km de los cuales: 11.333 km se corresponden con el ancho de vía ibérico, 2.591 km se corresponden con el ancho estándar, 190 km son de ancho mixto y 1.207 km son de ancho métrico. El número de estaciones actuales es de 1.498, al que hay que añadirle 39 terminales de transporte de mercancías. Además, el número de circulaciones de trenes por año es de 2,2 millones.

4.1.2 Estado actual del ferrocarril en España

A los efectos de este Informe se considera:

- Transporte de viajeros de larga distancia: todos aquellos tráficos de viajeros regulares realizados en trenes o en grupos de trenes **no** sujetos a Obligación de Servicio Público (OSP), y en los que el recorrido medio del viajero, salvo excepciones, es superior a 300 kilómetros. Estos servicios son denominados habitualmente como “servicios comerciales”
- Transporte de viajeros de media distancia: todos aquellos transportes de viajeros realizados en trenes o en grupos de trenes sujetos a Obligación de Servicio Público en los que el recorrido medio del viajero, salvo en algunas excepciones, es superior a 60 kilómetros e inferior a 300 kilómetros.
- Transporte de viajeros de cercanías: todo aquel transporte de viajeros realizado en trenes o grupo de trenes en los que el recorrido medio del viajero es inferior a 60 km. Con este criterio se incluyen todos los servicios que las operadoras denominan “cercanía

A continuación, se va a exponer el estado de la demanda actual del sector ferroviario en España. Se analizarán: la oferta y la demanda de plazas tren (millones de plazas-kilómetro), el número de trenes-kilometro y los principales trayectos en España.

Con respecto al número de plazas ofertadas (**Tabla 1**), cabe destacar que de forma global estas han ido creciendo en los últimos años.

Tipo de servicio	2017	2018	Var. 2018-2017	Var. 2018-2005
Larga distancia (incluye alta velocidad)	20.323	20.814	2,4%	58,7%
Media distancia (incluye alta velocidad)	10.143	10.060	-0,8%	18,2%
Cercanías¹	28.689	29.406	2,5%	9,3%
TOTAL	59.155	60.280	1,9%	24,2%

Tabla 1. Oferta de transporte ferroviario (millones de plazas - km). Fuente: Eurostat

Respecto a la demanda, en la *Tabla 2*. Demanda del transporte ferroviario (millones de viajeros – km). Fuente: Eurostat

se puede ver la demanda del transporte ferroviario de viajeros por tipo de servicio. Esta continúa creciendo, llegando en 2017 a los 27.387 millones de viajeros-km, lo que supone un incremento del 3,2% con respecto a 2016.

Tipo de servicio	2017	2018	Var. 2018-2017	Var. 2018-2005
Larga distancia	14.397	14.831	3,0%	77,5%
Alta Velocidad Comercial	9.632	9.979	3,6%	541,8%
Media distancia	3.088	3.175	2,8%	3,5%
Renfe Avant (Alta Velocidad)	877	917	4,58%	212,9%
Cercanías¹	9.058	9.380	3,6%	-2,6%
TOTAL	26.543	27.387	3,2%	30,1%

Tabla 2. Demanda del transporte ferroviario (millones de viajeros – km). Fuente: Eurostat

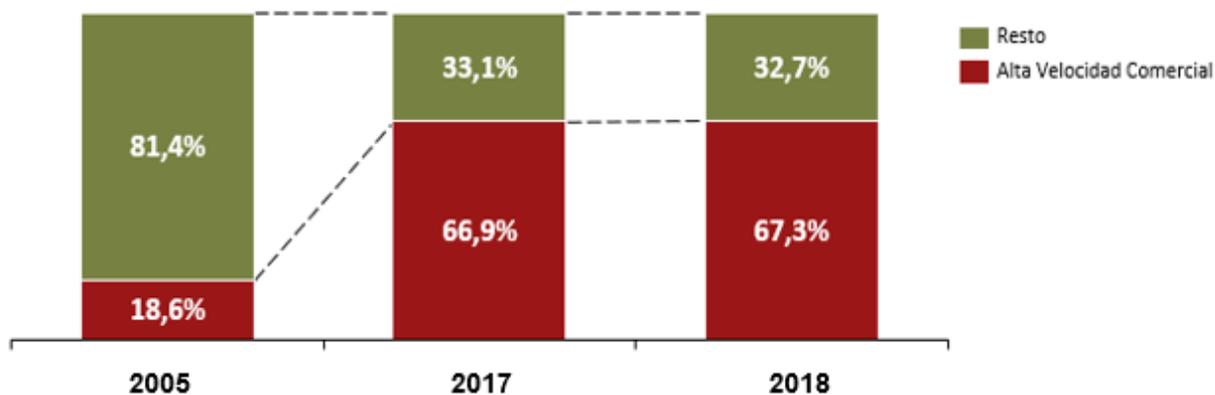


Ilustración 3. Demanda del transporte ferroviario en larga distancia

Como puede observarse en la *Tabla 2*. Demanda del transporte ferroviario (millones de viajeros – km). Fuente: Eurostat

, en 2017 la demanda de larga distancia aumenta en un 3% respecto al año anterior. Este aumento de demanda se produce debido al incremento de la línea de Alta Velocidad comercial, que supone un 67,3% de la demanda de larga distancia en 2017 frente a un 66,9% en 2016. Además, la línea

de larga distancia de Alta Velocidad Comercial ha tenido un crecimiento del 541,8% respecto al año 2005, año en el que tenía 1.555 millones de viajeros – km, lo que implicaba un 18,6% de la demanda de larga distancia. Por otro lado, los otros servicios de larga distancia convencionales han pasado de representar el 81,4% de este tipo de servicio en 2015 al 32,7% en 2017. Analizando estos datos, se puede ver como el porcentaje perdido por el resto de las líneas de larga distancia convencionales, ha sido ganado, en gran parte, por las líneas de alta velocidad lo que demuestra la buena aceptación de las líneas de alta velocidad comercial en España.

Desde mediados de los noventa, ha seguido una tendencia alcista, y es especialmente significativa desde finales de la primera década del siglo XXI, con la construcción de nuevas líneas de alta velocidad. Esta recuperación de la demanda de transporte ha permitido alcanzar dos nuevos máximos históricos, uno en 2009 y el último en 2017, cifrado en 14.831 millones. Otro hecho a destacar es el crecimiento de la demanda de transporte de los servicios de alta velocidad comercial, que a partir de 2011 superan a la suma del resto de servicios de larga distancia

En el gráfico inferior (*Ilustración 4*) puede observarse como desde que se introdujo la línea de alta velocidad comercial (AV) hasta la actualidad se ha continuado con una tendencia creciente en este tipo de transporte. También cabe destacar que esta no ha sido la única tendencia de crecimiento que ha experimentado ya que entre 1960 y 1985, año en el que se alcanzó el máximo histórico de viajeros-km en larga distancia convencional, se dio una gran etapa de crecimiento y a partir de ahí comenzó la etapa de declive debido al cambio que se fue produciendo hacia el coche particular para los viajes, entre otras cosas debido a sus nuevos desarrollos tecnológicos y las continuas mejoras de las infraestructuras en España. Además, desde el declive en el uso del ferrocarril para largas distancias no se produjo un repunte hasta que se introdujeron las líneas de alta velocidad comercial.

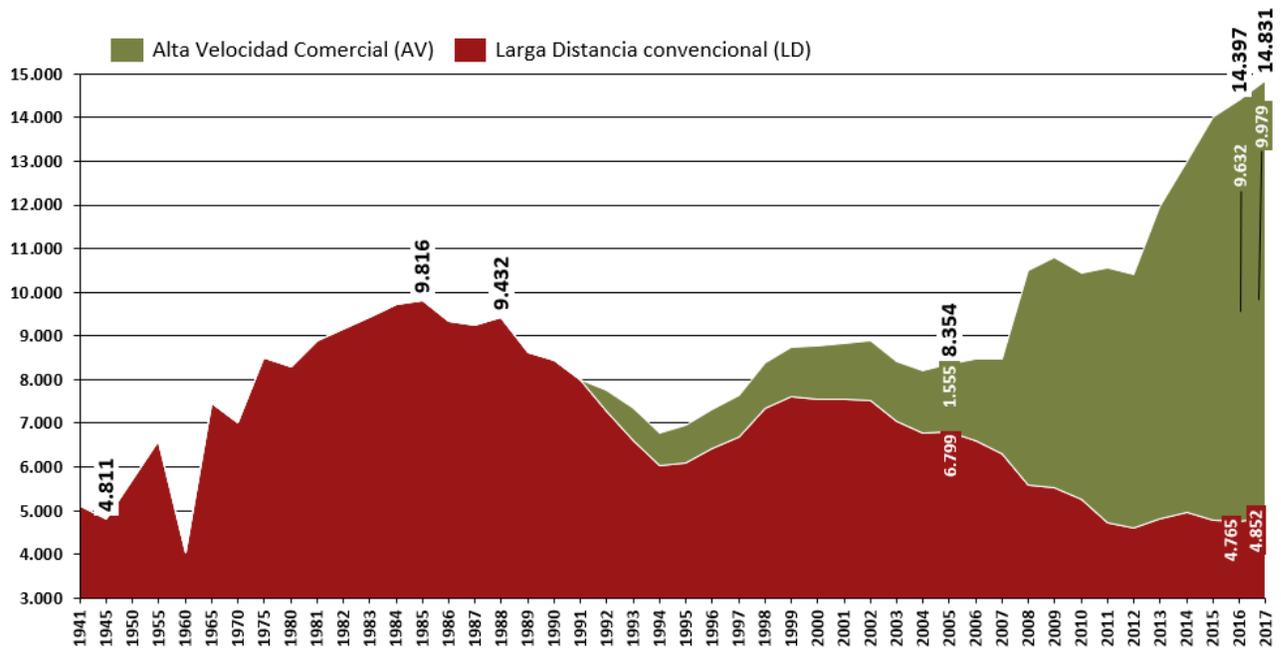


Ilustración 4. Miles de pasajeros – km en el transporte ferroviario de larga distancia (Fuente: RENFE)

A la buena aceptación que ha tenido en España la red de Alta Velocidad Comercial, el consecuente incremento en la demanda ha sido en mayor parte gracias al desarrollo de esta red, a la que se han introducido nuevos destinos he incrementado el número de trayectos diarios.

El mayor competidor de este tipo de transporte en la Península Ibérica es el trayecto aéreo en el que, durante los últimos años, se ha ido produciendo un traspaso de demanda entre el trayecto aéreo y el ferroviario, donde parece haberse llegado a una estabilización alrededor del transporte ferroviario de largas distancias con un 70% de la demanda total de pasajeros (32,8 millones de viajeros en 2018) frente a un 30% del transporte aéreo (14,8 millones de viajeros en 2018). Este reparto de demanda puede verse en más detalle en la siguiente **Ilustración 5** en la que se reproduce una segmentación en el transporte ferroviario de alta velocidad.

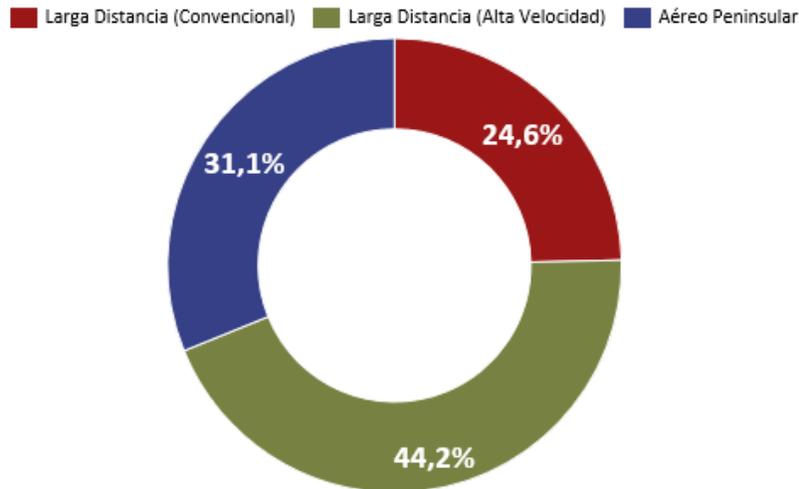


Ilustración 5. Cuota modal del transporte de viajeros transportados en 2018. Fuente: Eurostat & OTLE

El hecho de poder recorrer largas distancias en un corto periodo de tiempo en ferrocarril ha supuesto que sea la línea de larga distancia de alta velocidad la que mayor crecimiento haya experimentado desde 2005 (85,7%). Esto es también debido a que la primera línea de Alta velocidad se introdujo en 1992 (inauguración de la línea Madrid-Sevilla) y desde entonces, se han ido aumentando el número de destinos ofrecidos con este medio de transporte. De hecho, puede verse en la **Tabla 3**. Demanda del transporte ferroviario (miles de viajeros). Fuente: Eurostat

como la demanda de viajeros – kilómetro de la alta velocidad comercial ha aumentado en un 541,8% desde 2005 que, frente al 85,7% de incremento de demanda que se ha producido en el número de viajeros, implica que el número de kilómetros de estas líneas, han aumentado considerablemente.

Tipo de servicio	2017	2018	Var. 2018-2017	Var. 2018-2005
Larga distancia (incluye alta velocidad)	31.792	32.874	3,4%	85,7%
Media distancia (incluye alta velocidad)	30.628	31.327	2,3%	4,0%
Cercanías	516.647	538.623	4,3%	-4,8%
TOTAL	579.066	602.823	4,1%	-1,7%

Tabla 3. Demanda del transporte ferroviario (miles de viajeros). Fuente: Eurostat

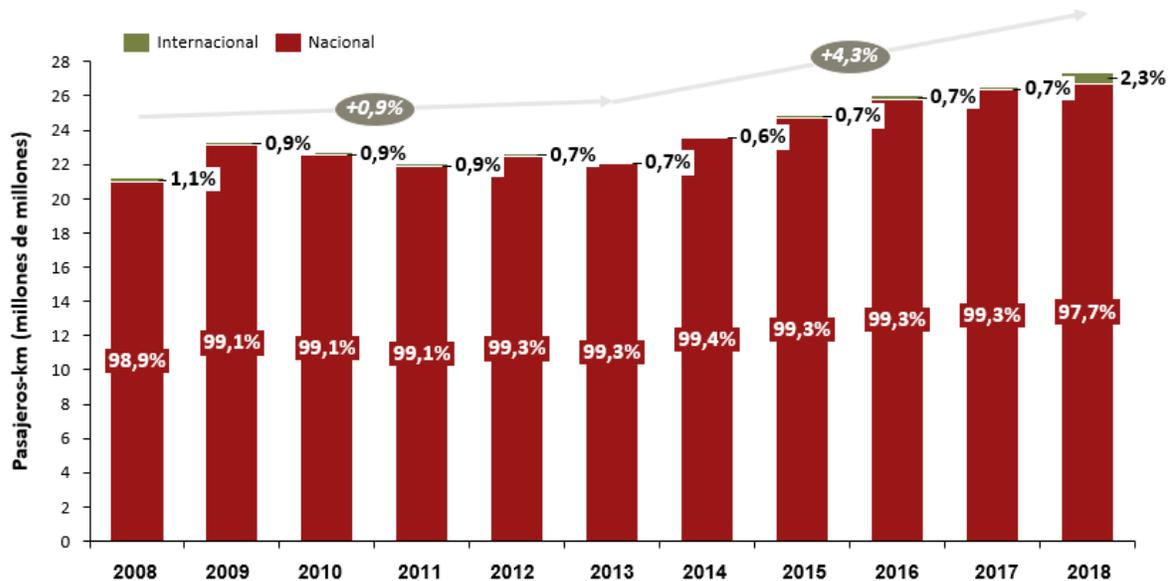


Ilustración 6. Porcentaje de pasajeros – km con destinos nacionales e internacionales en España. Fuente: Eurostat

Como puede observarse en la **Ilustración 6** la gran parte del transporte ferroviario que se produce en España es de manera nacional. Se espera que tras la directiva europea y el lanzamiento del cuarto paquete ferroviario, la liberalización del mercado ferroviario en Europa tenga una influencia de manera directa en el incremento de trayectos internacionales entre los estados miembros, entre los que se encuentra la futura línea de AVE que conectará España con Portugal que facilitará el transporte entre los dos países. También puede observarse como entre 2007-2011 el número de pasajeros – km incrementó de una manera más moderada a la que incremento a partir del 2012. Entre las principales razones por las que se ha producido esta diferencia de crecimientos, se encuentra la gran crisis financiera Global de 2008 que se desató debido al colapso de la burbuja inmobiliaria en Estados Unidos en el año 2006. Esa crisis mermó la economía mundial y tuvo consecuencias muy negativas en la mayoría de las industrial a nivel mundial.

4.2 Ferrocarril en Europa

Las primeras marcas de un ferrocarril moderno aparecieron con el empleo de la locomotora de vapor. En 1804, el ingeniero británico Richard Trevithick construyó la primera locomotora a vapor, la Penydarren, que se utilizó para transportar hierro desde Merthyr Tydfil hasta Abercynon, en Gales. Sin embargo, los ferrocarriles de principios del siglo XIX eran poco prácticos debido a la debilidad de los raíles de hierro y a las diferentes normas de longitud de vía. Tales imperfecciones técnicas fueron corregidas por el ingeniero británico George Stephenson, también conocido como el "Padre de los Ferrocarriles", quien desarrolló diseños para reforzar la fundición de hierro de los raíles y creó el "*Stephenson Gauge*" (Ancho de vía estándar) de 1.435 mm de espesor, un estándar que se usó en la mayor parte de Europa. En la Europa continental, se considera que la historia de los ferrocarriles modernos ha comenzado después de la implementación de las máquinas de vapor y el Stephenson Gauge.

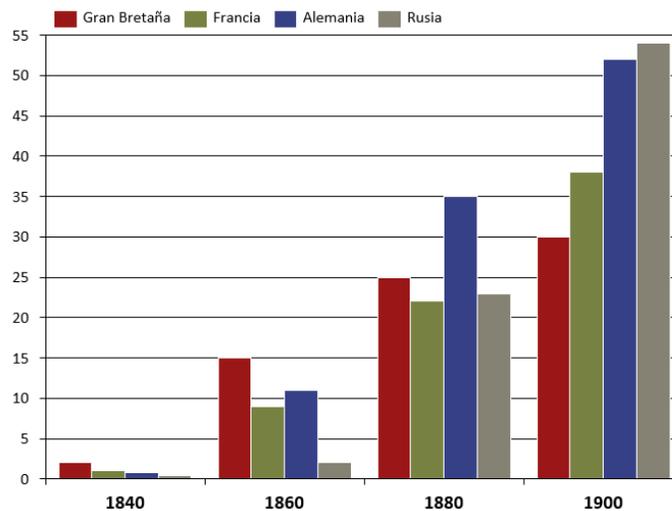


Ilustración 7. Evolución de la longitud de vía (miles de Km). Fuente: Eurostat

En la "Era Ferroviaria" del siglo XIX, que comenzó en Gran Bretaña en 1830, el ferrocarril europeo creció rápidamente en extensión y en tráfico de mercancías/pasajeros. La figura anterior muestra el crecimiento de la longitud total de los ferrocarriles por país entre 1840 y 1900.

A continuación, se cubrirán en detalle el crecimiento y desarrollo de los ferrocarriles modernos de Gran Bretaña, Francia, Alemania y Rusia que fueron los cuatro primeros países europeos en comenzar la construcción de redes ferroviarias a nivel nacional.

4.2.1 Estado actual del ferrocarril en Europa

En Europa, el sector ferroviario (que incluye tanto las empresas ferroviarias como los administradores de infraestructuras) tiene de manera directa a más de 1 millón de empleados lo que implica que tenga una gran contribución en la economía europea. En un año, se llegan a transportar alrededor de 1600 millones de toneladas de mercancía y más de 9.000 millones de pasajeros. Por ello, el transporte ferroviario es muy importante para conseguir una buena conexión dentro y entre los Estados miembros

La red ferroviaria de la Unión Europea tenía en 2019 una longitud de 226 000 kilómetros de línea (lo que supone un 1,6% menos que la de 2011). Según el país de estudio, la densidad de las redes ferroviarias varía considerablemente. Por ejemplo, en los países nórdicos y los bálticos se encuentra la menor red ferroviaria respecto a su superficie, sin embargo, cuando se analiza respecto a su población, son de los países que más densidad muestran. A finales de 2019, la red ferroviaria de alta velocidad tenía una extensión de más de 8.400 kilómetros de línea y, por tanto, ha duplicado su longitud desde 2003.

El volumen de pasajeros-kilómetro de ferrocarril alcanzó los 450.000 millones de los 6 billones de pasajeros-kilómetro terrestres que hubo en 2018. El porcentaje de pasajeros que viajaron en coche entre 2008 y 2018 se mantuvo por encima del 80% mientras que el porcentaje de los pasajeros de tren fueron incrementando de manera continua del 7,1% al 7,9% del total de pasajeros terrestres, lo que implica que a nivel europeo se está optando cada vez más por este tipo de transporte (ver **Ilustración 8**).

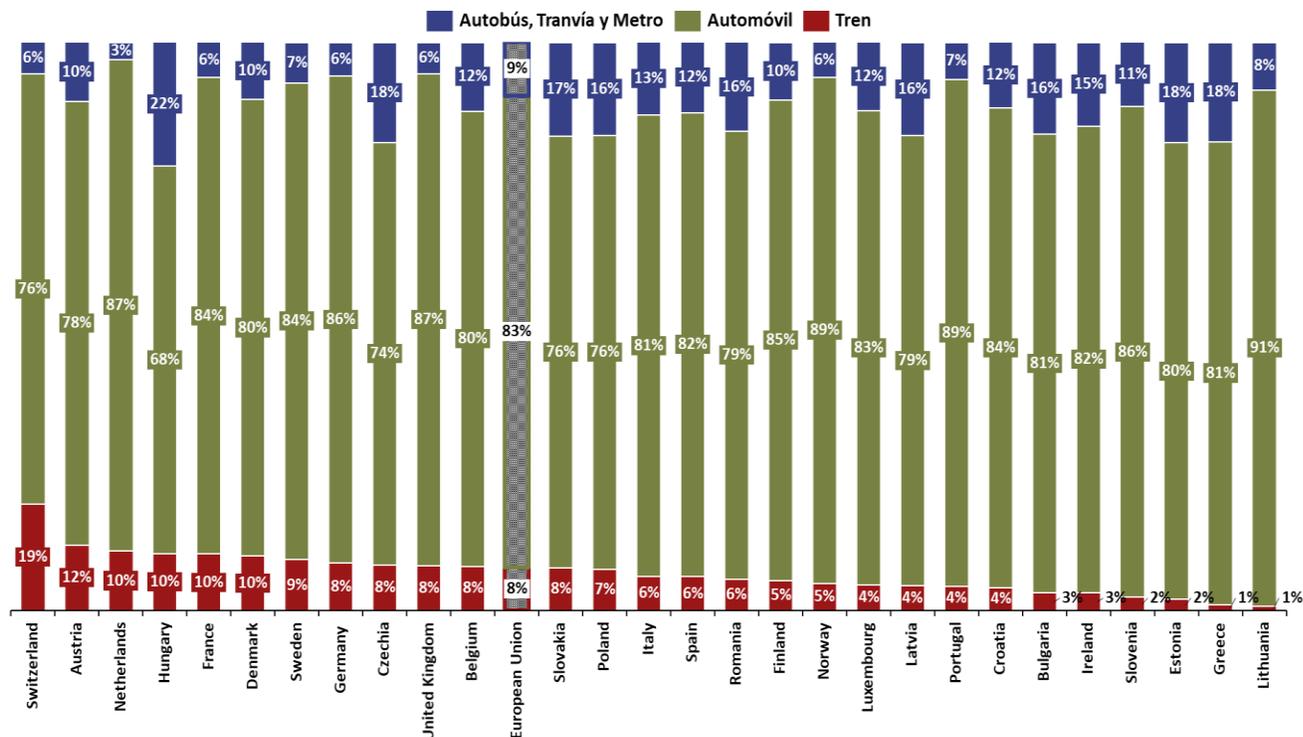


Ilustración 8. Media del porcentaje de tipo de transporte terrestre utilizado entre 2008-2018. Fuente: Eurostat

Como puede observarse en la **Ilustración 9** la gran parte del transporte ferroviario se produce de manera nacional. Por ellos, se espera que la liberalización del mercado ferroviario en Europa influya positivamente en el incremento de trayectos internacionales entre los estados miembros.

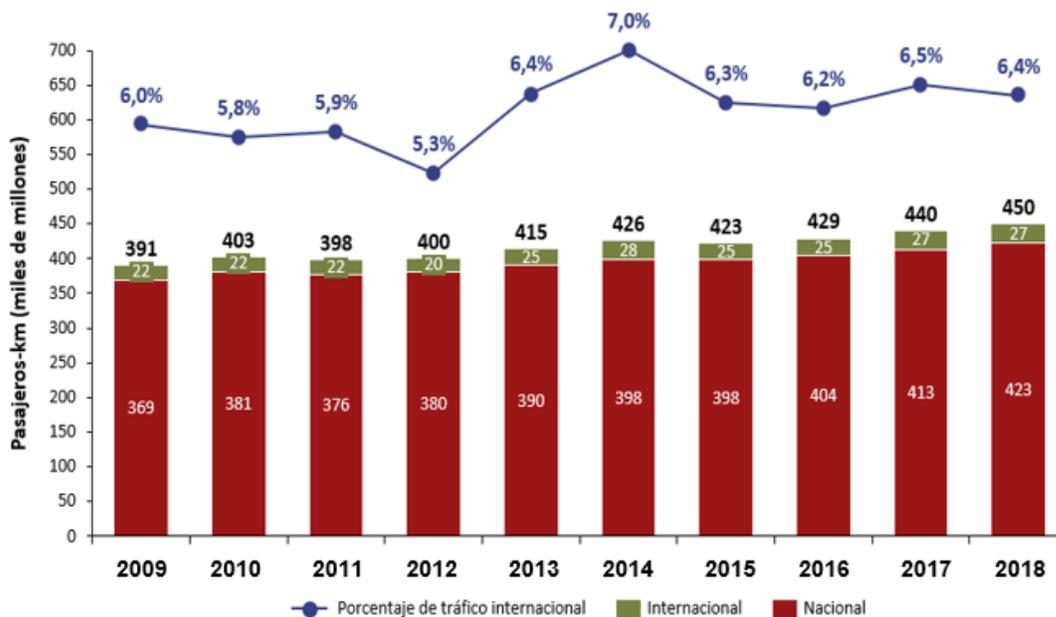


Ilustración 9. Evolución del volumen de tráfico ferroviario en la Unión Europea. Fuente Eurostat

Si se tiene en cuenta el número de pasajeros en lugar de los pasajeros-kilómetro como unidad de medida, el porcentaje de los pasajeros que cogieron un tren en la Unión Europea, entre 2008 y 2018 y, que a su vez, tenían como destino otro país distinto al de origen, el transporte internacional desciende a 1,14%. Tiene sentido que este porcentaje sea superior cuando se realiza el análisis utilizando la variable pasajeros-kilómetro puesto que los trayectos internacionales entre Estados miembros, cuando se dan, suelen ser de mayor distancia, es decir, la variable kilómetros de esa métrica es superior.

En la **Ilustración 10**, se muestra un gráfico en el que se clasifican, en orden decreciente, los países europeos en función de la cantidad de pasajeros que tienen como destino de origen o llegada la estación de algún otro país europeo (para este análisis se ha utilizado la métrica de número de pasajeros). Esta comparación a nivel de país se ha realizado para demostrar lo concentrado que está el sector ferroviario en cada país y como, principalmente la mayoría de las personas utilizan este medio de transporte para viajar dentro del mismo país. Por ello, una mayor conexión entre países por medio de este tipo de transporte llevaría consigo un aumento del número de pasajeros. Cabe destacar como los países más céntricos y aquellos que tienen un mayor comercio/relación con los países vecinos, son aquellos que tienen un mayor porcentaje de viajes internacionales. Es bastante significativo el caso de Luxemburgo, que tiene una media entre 2007 y 2018 de 28,45% pasajeros con destinos/llegadas internacionales, en gran parte debido a su pequeño tamaño que le permite poder acceder en un tiempo razonable el resto de los países europeos.



Ilustración 10. Porcentaje de pasajeros internacionales en cada estación. Fuente: Eurostat.

De hecho, como puede comprobarse en la **Ilustración 10**, del total de pasajeros que utiliza el transporte ferroviario, entre el 2007 y el 2018, una muy pequeña parte de estos (media de 1,14% en la Unión Europea) eran pasajeros con destino de entrada/salida en un país de llegada de origen distinto al de salida.

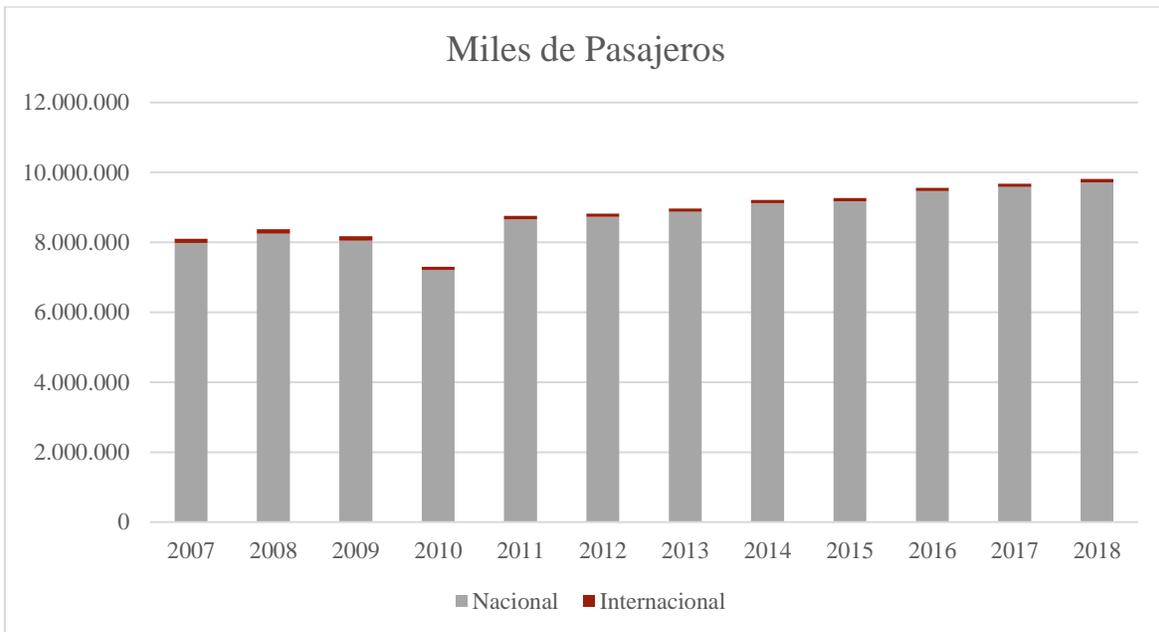


Ilustración 11. Evolución del volumen de tráfico ferroviario en la Unión Europea. Fuente: Eurostat

En la **Ilustración 11** puede observarse como entre 2007 y 2008 hay una tendencia creciente en el número de pasajeros en el sector ferroviario europeo. Sin embargo, en 2009 y 2010 hubo una caída debido, principalmente, a las secuelas que dejó la crisis financiera que se generó en 2008. Por consiguiente, una vez se empezó a salir de esta crisis en 2010, puede verse como vuelve la tendencia creciente en el número de pasajeros ya que las economías europeas comienzan a recuperarse.

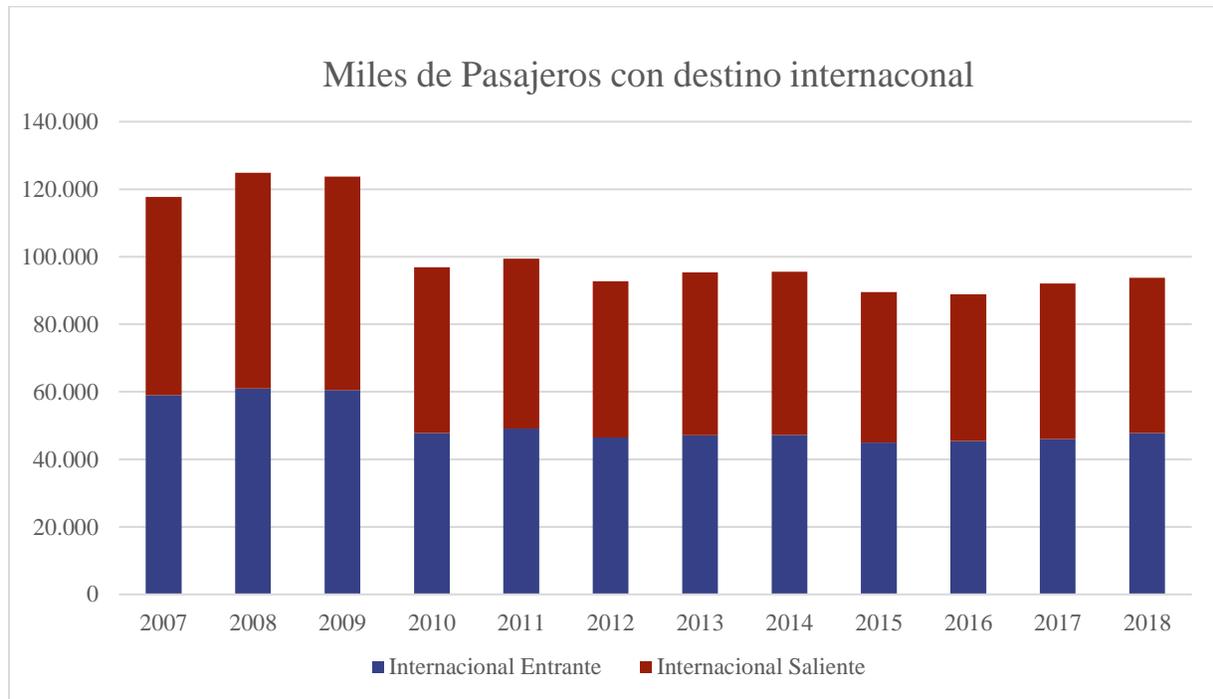


Ilustración 12. Evolución del volumen de tráfico ferroviario en la Unión Europea. Fuente: Eurostat

En la **Ilustración 12** puede observarse como el número de pasajeros internacionales no tiene una tendencia creciente, sino que más bien estable e incluso decreciente como ocurre justo después de la crisis financiera. De hecho, desde entonces, no se han recuperado estos trayectos internacionales en Europa, principalmente debido a que esta parte del sector ha sido sustituida por el transporte aéreo. Una de las principales razones ha sido la reducción de precios en el transporte aéreo, gracias al gran crecimiento de las aerolíneas de bajo coste en Europa. Este gran desarrollo ha sido posible gracias a que este mercado es un mercado liberalizado y, por ello, tras la liberalización del mercado ferroviario en Europa también se espera un crecimiento en el número de pasajeros con carácter internacional en sector.

4.3 Liberalización del mercado ferroviario

Hoy en día, el transporte ferroviario en España lo realiza únicamente RENFE (Red Nacional de los Ferrocarriles Españoles), que lleva operando en régimen de monopolio desde 1941. Por ello con el fin de incentivar su uso y lograr un mercado único de ferrocarril a nivel europeo, la Unión Europea ha impulsado la apertura gradual a la competencia en el sector.

Esta apertura gradual, más conocida como “Liberalización del mercado ferroviario”, se ha realizado a través de los llamados “Paquetes Ferroviarios”, que se han ido incorporando sucesivamente al ordenamiento nacional. En primer lugar, el primer paquete implicó la apertura a la competencia del transporte ferroviario de mercancías, a continuación, el transporte internacional de pasajeros y, finalmente, tras la aprobación en 2016 del último Paquete Ferroviario, el transporte nacional de viajeros se liberalizará con carácter general el 14 de diciembre de 2020 en todo el territorio de la Unión Europea.

En España, estos cambios normativos han supuesto la modificación de la Ley del Sector Ferroviario mediante el “Real Decreto-ley 23/2018” que da luz verde a la entrada de nuevos operadores en los servicios de alta velocidad y larga distancia, en el territorio nacional. El resto de los servicios (Cercanías, Media Distancia y AVANT) podrán seguir siendo adjudicados hasta diciembre de 2023.

Según la CNMC, se espera que esta liberalización pueda llegar a incrementar la capacidad operativa de la red española entre un 40 y un 50%. Esto es debido a que la red de alta velocidad española se encuentra actualmente infrautilizada, teniendo un uso muy desigual en sus tramos. Por ello, la apertura de este mercado y, por tanto, la aparición de nuevos competidores al operador actual podrá también suponer nuevos modelos de negocio (como la aparición del low-cost), afectando en la ampliación del número de frecuencias y, por tanto, el número de pasajeros, siendo necesaria la introducción de nuevas estructuras de niveles de servicio y de precios.

Para realizar el reparto de servicios entre los nuevos operadores de servicios, las circulaciones de larga distancia esperadas en el territorio nacional se dividirán en 3 paquetes, cuya diferencia será el número de circulaciones previstas que tendrán.

Los ejes de circulación que entrarán en esos paquetes se dividen en:

1. El Madrid-Barcelona-Frontera Francesa y Valencia-Barcelona;
2. El Madrid-Levante
3. El Madrid-Toledo-Sevilla-Málaga.

Por tanto, hasta que no queden finalizadas las obras de construcción del AVE a Galicia o el AVE al País Vasco, no se incluirán en estos paquetes.

Estos 3 paquetes, denominados A, B y C incluirán trayectos en cada uno de los 3 ejes previamente mencionados. Lo que variará entre ellos, será el número de circulaciones ofertadas que tendrán asignados en cada uno de estos ejes de circulación. Por ello, una parte clave de la selección de los operadores a estos paquetes, será la capacidad que estos tengan de ofrecer los servicios. Por ello, aquellos casos en los que las peticiones de los operadores no superen el 65% de la capacidad ofertada no serán considerados.

El proceso de adjudicación de los nuevos operadores ferroviarios se ha realizado en varias etapas. En la primera etapa, ADIF envió a las CNMC y las empresas que ya habían mostrado algún tipo de interés en convertirse operadores ferroviarios en España un borrador de Declaración de Red, repartiendo el mercado en tres lotes en función de la capacidad asignada en los ejes más importantes de la península (con el reparto según se ha explicado previamente). A continuación, se realizó la apertura de un plazo de alegaciones en el que tanto la CNMC como las empresas realizasen las suyas. Una vez realizada esta etapa, en julio de 2019 se aprobó definitivamente el modelo de Declaración de red.

Las empresas ferroviarias, presentaron a ADIF sus propuestas de capacidad el 31 de octubre de 2019 y, una vez realizada la adjudicación, las empresas seleccionadas pudieron elaborar su oferta comercial.

Las ofertas recibidas fueron por parte de Renfe, SCNF y Ecorail y los consorcios formados por Talgo/Trilantic/Globalia, Ilsa/Trenitalia y Globalvia/Moventia. El hecho de haber recibido solicitudes por una mayor capacidad a la ofertada puso de manifiesto el gran interés y la buena acogida de este nuevo modelo de mercado ferroviario.

Considerando que este sector exige una inversión muy considerable y que el retorno no va a ser inmediato, se les requirió a los ofertantes un plan de negocio riguroso, en el que se debía demostrar

tanto buen conocimiento del sector, como solvencia técnica y financiera en los distintos aspectos del nuevo mercado, es decir, en la operación de los trenes, la gestión de los pasajeros, la gestión de la demanda y la logística de los equipajes, entre otros aspectos.

Finalmente, ADIF ha asignado a Renfe el paquete A; el paquete B, al consorcio formado por Ilsa (sociedad propietaria de Air Nostrum) y Trenitalia; y el paquete C, a SNCF. Lo que implica que los tres operadores podrán ofertar sus servicios en los corredores de Madrid con Barcelona, Levante (Valencia y Alicante) y Sur (Sevilla y Málaga).

Como ejemplo, el paquete B, ha sido ganado por Ilsa con un total de 245.513 asientos de tren a ofertar en los próximos diez años en las rutas que unen Madrid con Alicante, Barcelona, Málaga, Sevilla y Valencia, es decir, alrededor de 65 a 68 viajes al día (entre 32 y 34 circulaciones diarias, lo que cumple con el mínimo requerido por ADIF a la hora de elaborar el paquete B). Para prestar este servicio, Ilsa lanzará un total de 32 viajes diarios de ida y vuelta (es decir 16 circulaciones) a partir de enero de 2022 en el "puente ferroviario" Madrid-Barcelona. Las conexiones entre Madrid y Málaga y Sevilla tendrán 7, la línea Madrid-Valencia tendrá 8 frecuencias diarias mientras que la línea Madrid-Alicante se operará con 3 a 4 frecuencias diarias, que se incrementarán durante las semanas centrales del verano.

Un punto positivo de las empresas que han ganado el concurso es el hecho de que, al contrario del resto de ofertantes, SCNF y Trenitalia disponían de flota excedente en sus países de origen (Francia e Italia respectivamente), mientras que RENFE ya disponía de flota suficiente, ya que empezará a recibir los nuevos trenes *Avril* en 2021. Por ello, de haber ganado alguno de los otros ofertantes, estos tendrían que haber encargado la flota y su periodo de entrega sería como mínimo dos años ya que tampoco existe un stock suficiente para leasing ferroviario.

5. Digitalización

Hoy en día, numerosos expertos consideran que la digitalización es un paso necesario para el desarrollo del transporte ferroviario dado que puede ayudar a mejorar la fabricación, las operaciones y el mantenimiento. Las empresas ferroviarias y los gestores de infraestructuras ven en la digitalización una palanca para mejorar su eficacia y su gestión, reducir sus costes de explotación y mejorar su competitividad con respecto a otros modos de transporte. Las empresas ferroviarias y sus proveedores han puesto en marcha inversiones, incubadoras de empresas e investigación para desarrollar nuevas soluciones digitales para gestionar sus negocios. Es más que probable que la digitalización ofrezca nuevas oportunidades a los actores del transporte ferroviario, por ejemplo, en la gestión de activos, las operaciones o el papel de los usuarios, y contribuya a la aparición de nuevos actores en el mercado ferroviario. La digitalización es un nuevo elemento de competitividad para las empresas de todos los sectores y una condición importante para que las economías tengan un buen desempeño. Por eso se ha convertido en una de las principales prioridades en la mayoría de las industrias.

Desde los años 90, el principal motor de la digitalización ha sido el desarrollo de Internet. El informe Global Digital 2018 revela que más de 4.000 millones de personas en todo el mundo utilizan Internet (aproximadamente el 53 % de la población mundial) y más de 3.000 millones de personas utilizan los medios sociales para compartir información. En general, los dispositivos móviles (teléfonos inteligentes o tabletas) generan aproximadamente el 60 % del volumen de tráfico de Internet.

En este capítulo se analizarán las mejoras que pueden llegar a incluir tanto en las estaciones de tren como en la experiencia de los pasajeros, algunas de las cuales si se implementan en conjunto proporcionarán sinergias. Estas tecnologías son:

- Big Data
- Beacons
- *Video Analytics*
- Robótica
- Reconomiento facial
- 5G

5.1 Big Data

La satisfacción de los pasajeros es actualmente uno de los indicadores clave de rendimiento (KPI) más significativos para la evaluación comparativa de aeropuertos y aerolíneas. También proporciona una valiosa información sobre los procesos aeroportuarios, incluyendo su eficacia y eficiencia. No sólo proporciona comprensión y conocimiento de los procesos de aeropuertos, pasajeros y aerolíneas, sino que también ofrece un análisis detallado de tendencias y de reconocimiento de patrones en el desarrollo de ingresos en comercios minoristas, para así establecer iniciativas de marketing basadas en las preferencias personales de los pasajeros.

El análisis del comportamiento de los pasajeros, la segmentación del tráfico de pasajeros en categorías, la identificación de la demanda de instalaciones aeroportuarias y la previsión del número de pasajeros no sólo ayuda a perfilar el proceso de los pasajeros, sino que también ofrece estrategias que aumentan significativamente el rendimiento de las instalaciones utilizadas por los pasajeros y ayudan a mejorar su experiencia. Uno de los objetivos más importantes es mejorar la maximización del flujo de pasajeros y la experiencia de estos, a la vez que se reducen los retrasos causados por los pasajeros, como por ejemplo la falta de presentación en la puerta de embarque.

Una vez obtenidos los datos, es necesario tratarlos para que estos sean de utilidad. Este proceso se denomina *Datamining* (minería de datos) y consiste en un conjunto de técnicas y tecnologías que permiten explorar grandes bases de datos, de manera automática o semiautomática, con el objetivo de encontrar patrones repetitivos, tendencias o reglas que puedan llegar a explicar el comportamiento de los datos en un determinado contexto.

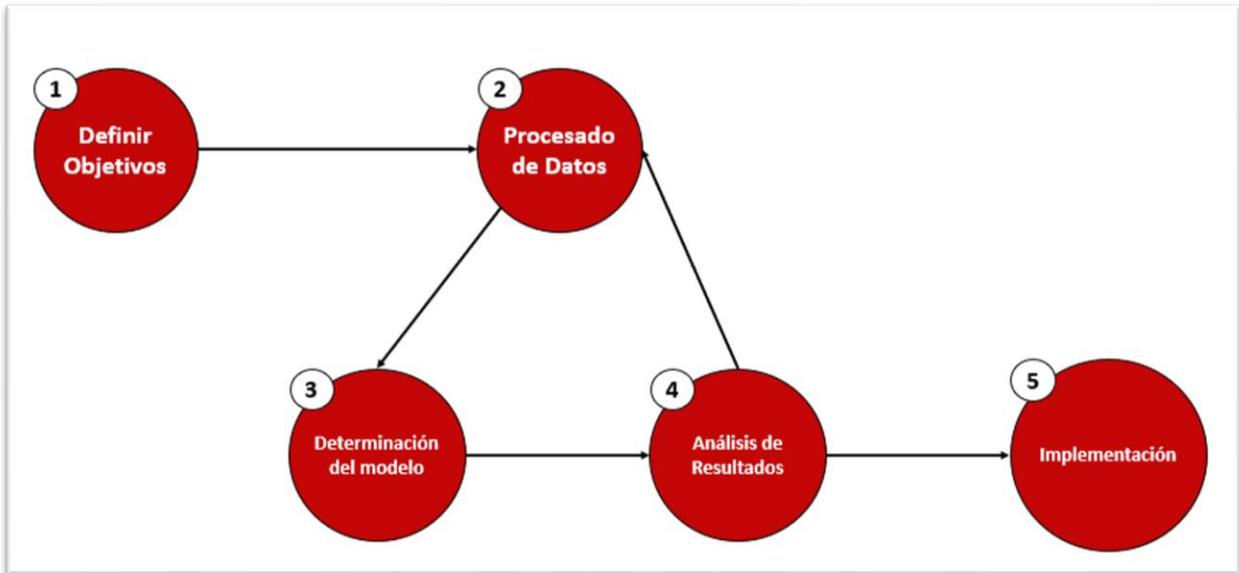


Ilustración 13. Proceso de Datamining

En resumen, el proceso de *Datamining* tiene los siguientes 5 pasos:

- 1. Definir Objetivos**
- 2. Procesado de los datos:** selección, limpieza, enriquecimiento, reducción y transformación de las bases de datos. Esta etapa consume generalmente alrededor del 70% del tiempo total de un proyecto de *Datamining*
- 3. Determinación del modelo:** se comienza con unos análisis estadísticos de los datos, y después se lleva a cabo una visualización gráfica de los mismos para tener una primera aproximación. Según los objetivos planteados y la tarea que debe llevarse a cabo, pueden utilizarse algoritmos desarrollados en diferentes áreas de la Inteligencia Artificial
- 4. Análisis de resultados:** se comprueban si los resultados obtenidos son coherentes y se cotejan con los obtenidos por los análisis estadísticos y de visualización gráfica. En el caso de que no sean lo suficientemente aceptables, se repite el proceso desde el punto 2.
- 5. Implementación de lo aprendido**

Tanto en aeropuertos como en estaciones de tren, entre las posibles formas de conseguir datos de los pasajeros se encuentran:

- Compra del billete. Lugar en el que se pueden ver ciertas preferencias del pasajero tales como: tarifa seleccionada, equipaje, extras seleccionados, etc

- Sensores conectados por toda la estación/aeropuerto que permiten determinar, en tiempo real, el lugar en el que se encuentra el pasajero. Esto podría conseguirse a partir de *Beacons*, que son pequeños dispositivos basados en tecnología Bluetooth, de bajo consumo y que emiten una señal que identifica de forma única a cada dispositivo. De esta forma, esta señal emitida puede ser recibida e interpretada por otros dispositivos (normalmente, un *Smartphone/Tablet*), determinando así la posición en la que se encuentra cada pasajero. Es una tecnología que no requeriría un gran coste de inversión ya que los *Beacons* no son muy caros y la parte más cara, necesaria para que este tipo de tecnología funcione, es el dispositivo que recibe la señal, en este caso, el *Smartphone/Tablet* que ya tienen los pasajeros.
- Aparatos electrónicos conectados a la red Wifi permite obtener datos de estos
- Escáneres de reconocimiento facial
- Video Analytics para supervisar los flujos de pasajeros y los lugares más frecuentados

Sin embargo, no sólo los datos obtenidos a tiempo real son importantes. Los datos históricos tienen igual o incluso más importancia, ya que sin ellos no sería posible realizar ni el modelo, ni las comparaciones a tiempo real para poder predecir el comportamiento de los pasajeros.

Este tipo de tecnología puede ser utilizada desde el inicio del *customer journey* hasta el final, ya que, entre otras, mejorará la experiencia del cliente en situaciones como:

- **Notificaciones al pasajero en tiempo real de las plazas de aparcamiento disponibles en la estación.** Se le informará donde se encuentran estas plazas e incluso se les puede llegar a permitir reservarlas. También, le permitirá saber dónde se encuentran esas plazas libres para ahorrar tiempo. Resulta también de interés cuando la persona tiene algún tipo de discapacidad y, por tanto, tiene autorización para aparcar en las plazas reservadas para este fin, ya que les permite asegurarse de que van a poder dejar su vehículo en una zona cómoda para ellos.
- **Facilitar al pasajero su desplazamiento para guiarle por la estación.** A través de este tipo de tecnología, se puede establecer una ruta personalizada al pasajero por la estación, desde que el cliente llega a esta, hasta que llega a montarse al tren. De esta forma, el pasajero obtendría la ruta óptima e, incluso, en función del perfil del cliente, se podría

adaptar la ruta para llevarle por las tiendas con las que sea más afín, para así aumentar las probabilidades de compra.

- **Propuestas personalizadas a los pasajeros de tiendas y restaurantes a los que poder ir en la estación.**
- **Supervisión, en tiempo real, de las zonas más congestionadas.** De esta forma, se evitarán las aglomeraciones puntuales de personas y se podrá reconducir los pasajeros por otra ruta similar reduciendo así estas aglomeraciones. Esto sería especialmente útil en las horas punta de la estación y más aún cuando aparecen fallos como, por ejemplo, que una de las escaleras mecánicas deje de funcionar.
- **Control del equipaje de los pasajeros.** La tecnología RFID sumada al Big Data, permitiría tener un control a tiempo real de la localización de las maletas de los pasajeros. La identificación por radiofrecuencia sería una de las formas de minimizar el mal manejo del equipaje (pérdidas de alrededor de 5.73 maletas por cada 1.000 pasajeros en los aeropuertos), reemplazando el escaneado manual de códigos de barras por un escaneado a través de escáneres que utilizan ondas de radio para capturar los datos almacenados en el chip de RFID incrustado en la etiqueta del equipaje. De esta forma, en los aeropuertos, además de ayudar a minimizar los reclamos de equipaje, prevenir la interrupción del viaje y mejorar la eficiencia del manejo de este, los pasajeros podrían hacer un seguimiento de sus maletas en tiempo real. Debido a que una gran parte de los pasajeros que vuelan facturan su equipaje, este tipo de tecnología sería más necesaria en la industria de la aviación que en la del ferrocarril. Sin embargo, en la parte relativa al equipaje de mano, este tipo de tecnología sería de un uso similar en ambas industrias ya que, en el caso de pérdida o hurto del equipaje, el pasajero podría identificar la localización de su maleta en tiempo real aumentando así su control y reduciendo las posibilidades de hurto.
- **Ofertas de viaje personalizadas en función del perfil del pasajero.** El *Datamining* permitiría conocer los destinos más demandados, el tiempo de viaje, las ofertas elegidas en el pasado, la satisfacción de los clientes con cada aerolínea, las preferencias de hotel y taxi de cada viajero, que son datos que el aeropuerto podría compartir con las aerolíneas para que estas pudiesen personalizar sus servicios y así realizar descuentos relevantes en el momento de la compra de los billetes. De hecho, tras la liberalización del mercado ferroviario español, la aparición de competidores al actual operador ferroviario RENFE, va a hacer que tanto RENFE como sus competidores vayan a querer personalizar cada vez

más sus ofertas y así tener contentos a “sus pasajeros” para que les vuelvan a escoger en el futuro.

- **Optimización de rutas y nuevos destinos.** El análisis riguroso de grandes datos sobre la densidad de viajeros en varias rutas ayudaría a la gestión de las aerolíneas/operadores ferroviarios a optimizar sus redes de rutas e introducir nuevos destinos con ofertas según las variaciones estacionales.
- **Retrasos, actualización en tiempo real de estos e incluso cambio del andén al que deberán subir.** Se puede utilizar la tecnología de *Beacons* junto con una aplicación móvil para ofrecer información en tiempo real sobre la hora de salida, retrasos, cambios en el trayecto e incluso alertas al pasajero si tiene el tiempo justo para llegar a su andén. Un *Beacon* hace ping a la aplicación móvil respectiva a través de una notificación *push-up*.

5.1.2 Caso de éxito en el aeropuerto de Atenas

En los últimos años, gracias al proyecto Horizonte 2020, se han realizado varios proyectos de investigación de análisis de datos para el sector del transporte. En concreto, el proyecto *TransformingTransport* reunió al aeropuerto internacional de Atenas con Indra (multinacional española), para abordar el análisis de los datos de los aeropuertos con el fin de encontrar mejoras relevantes en el uso de sus recursos, entre los que se encontraban la distribución de tiempo de las llegadas al mostrador de facturación (*check-in*), la distribución de tiempo del control de seguridad de llegada, el tiempo de permanencia y el canal de facturación.

Debido a la similitud mencionada anteriormente entre los modelos de negocio de las estaciones de tren y los aeropuertos, parte de las conclusiones extraídas a partir de este estudio, pueden ser aplicables a las estaciones de tren del futuro. Entre estas se encuentran:

- Optimización de la llegada de los pasajeros en tránsito al área de control de seguridad: es decir, para optimizar el flujo de pasajeros el aeropuerto/aerolínea debería ofrecer incentivos a los pasajeros para que se dirijan a los puntos de control de seguridad lo antes posible y así conseguir una distribución más uniforme de los pasajeros ya que sino aparecen grandes colas en las horas punta.
- Distribución del tiempo de permanencia de los pasajeros en tránsito durante el tiempo de espera: los pasajeros tienden a permanecer en el aeropuerto cuando la diferencia de tiempo entre el vuelo de entrada y el de salida es de seis horas o menos. En el caso de las estaciones

de tren, al encontrarse normalmente en el centro de las ciudades, este tiempo sería reducido y se estima que, si el pasajero tiene que esperar más de 2h en una estación esperando a otro tren, este pasajero saldrá de ella.

- Las ventas al por menor correspondientes a determinados vuelos se agrupan por tipo de pasajero en función de su perfil. Este perfil está determinado por: el destino, el tipo de tarifa contratada, etc. Se determinan los vuelos más rentables a nivel de venta al por menor, las preferencias de ese tipo de pasajeros, y se procede a elaborar ofertas personalizadas en función de la categoría en la que se encuentre dicho pasajero. De esta forma, se consiguen aumentar las ventas y la satisfacción del cliente/pasajero.
- Clasificación de los vuelos en función del gasto que tienen sus pasajeros en las ventas al por menor. De esta forma, la puerta de embarque de dichos vuelos se localizará en las zonas más próximas a las tiendas.

5.1.3 Caso de éxito en el aeropuerto de Sídney

La información sobre los pasajeros, las aerolíneas y el equipaje es clave para planificar eficazmente la capacidad de servicio de un aeropuerto, la distribución de recursos y los niveles de personal. En el caso del aeropuerto de Sídney, la gran diferencia existente entre lo que ocurría y lo que se predecía a través de la producción de gráficos, cifras e informes resultó en la incapacidad del aeropuerto de ofrecer al cliente/pasajero un servicio de primera categoría. Por lo tanto, el aeropuerto tomó la decisión de utilizar grandes datos para construir modelos detallados del comportamiento de los pasajeros y de las aerolíneas para así poder planificar mejor sus servicios.

El aeropuerto estableció un acuerdo con IBM para utilizar su paquete SPSS Statistics. Este paquete incluye un conjunto de herramientas de análisis predictivo que permitió a los operadores del aeropuerto recopilar datos de las aduanas, los manipuladores de equipajes, las aerolíneas, los pasajeros y las tiendas del aeropuerto.

La introducción de este tipo de tecnología permitió al aeropuerto de Sídney mejorar la experiencia del cliente/pasajero. Entre las mejoras que se obtuvieron y que serían aplicables a las estaciones de tren, se encuentran:

- La optimización de servicios tan diversos como la gestión de la congestión del aparcamiento del aeropuerto

- La mejora del acceso a las salas VIP para los pasajeros
- La optimizando del volumen de productos en stock dentro de las tiendas (en especial aquellas libres de impuestos)

De este aeropuerto, es necesario tener en cuenta que obtiene una gran parte de los datos de las aplicaciones para *Smartphones/Tablets* de terceros, y no de la propia aplicación del aeropuerto. De hecho, su filosofía es muy simple, tal y como dice su CTO: *“Prefiero tener información útil de la experiencia del 80% de nuestros pasajeros (a través de canales de terceros), que información útil a través de nuestro propio canal llegando a sólo el 10% de ellos”*. Es decir, el aeropuerto lo que necesita son los datos para poder mejorar la experiencia del consumidor, por lo que establecen acuerdos con Apps que tengan un gran uso en los aeropuertos como pueden ser aplicaciones de mapas adaptadas para que te guíen por el interior del aeropuerto, como pueden ser: Google Maps, Apple Maps y Baidu Maps (aplicación de mapas que se utiliza en China, de gran importancia en el aeropuerto de Sidney al gran número de pasajeros chinos que recibe de sus pasajeros internacionales son chinos). De hecho, la forma en la que el aeropuerto de Sídney obtiene gran parte de sus datos podría ser interesante en las estaciones de tren, ya que, si la aplicación de ADIF no alcanza la acogida de una cantidad mínima de pasajeros que le permite poder obtener los datos necesarios, podría establecerse acuerdos con otras aplicaciones más utilizadas por los pasajeros de las estaciones y así poder saber que esperan estos para poder mejorar su experiencia en la estación.

Entre otras medidas que están implementando en el aeropuerto para hacer más agradable la estancia en los aeropuertos y reducir el estrés de alguno de los pasajeros se encuentra: la de proporcionar información de espera en tiempo real. Aunque este tipo de información ya pueden encontrarla en algunas pantallas de la terminal, la idea es poder integrarlo en la aplicación para que así pueda utilizarse en diferentes puntos del aeropuerto como son: el check-in, la entrega del equipaje, el control de seguridad o el de inmigración.

Al igual que muchos de los aeropuertos más avanzados del mundo, el aeropuerto de Sídney también está explorando la forma de optimizar los puntos de contacto de los pasajeros en la terminal. Entre las tecnologías más sonadas se encuentra la del reconocimiento facial para, a través de los datos biométrico de cada pasajero, pero esta parte se analizará más en detalle en el apartado 5.4.

5.1.4 Aeropuerto Internacional de Miami, Aeropuerto John F.Kennedy & Nice Cote d'Azur

- **Miami.** El Aeropuerto Internacional de Miami cuenta con más de 500 *Beacons* de datos Bluetooth en todas las terminales. La aplicación oficial del aeropuerto (*MIA*) ayuda a mejorar la experiencia de los pasajeros proporcionando actualizaciones personalizadas, direcciones y ofertas basadas en la parte de la localización en la que se encuentren (normalmente correspondientes a los establecimientos más próximos a donde se encuentren). Además, los pasajeros pueden escanear sus pases de embarque y recibir guías de navegación que incluyen tiempos estimados de ruta, actualizaciones de vuelos en tiempo real, sugerencias de compras y comidas cercanas basadas en su perfil.
- **John F. Kennedy.** El aeropuerto JFK de Nueva York utiliza la tecnología iBeacon en su Terminal 4 con el objetivo de mejorar la experiencia de los pasajeros cuando estén en sus instalaciones. De hecho, a través de los *Beacons* se muestran los tiempos de espera reales en las principales colas y la información recibida de estos permite actualizar la asignación de recursos para segregar la multitud en la terminal. Hoy en día, esta funcionalidad ofrece información relevante a decenas de miles de pasajeros cada día.
- **Nice Cote d'Azur.** El aeropuerto de Niza utiliza los Beacons para proporcionar información en tiempo real a los pasajeros. Debido a la instalación de los Beacons en toda la terminal, los pasajeros que utilicen la aplicación también recibirán información sobre los comercios y ofertas de los comercios por los que pasen. Además, los poseedores de algunos sistemas de fidelización obtendrán puntos automáticamente a medida que pasen por el aeropuerto.

Con la ayuda de los Beacons y el Big Data, estos tres aeropuertos ofrecen una gran cantidad de beneficios a los pasajeros. Entre los beneficios que se obtienen en los aeropuertos y que pueden llegar a ser extrapolables a las estaciones de tren del futuro se encuentran:

- Sirven como una herramienta de publicidad efectiva
- Potencian el poder de personalización a los clientes que entran en los comercios
- Aumenta el compromiso y la retención de las aplicaciones
- Mejorar la experiencia de viaje reduciendo los tiempos de espera
- Reduce los cuellos de botella y rastrea el flujo de manera efectiva

- Conecta con un cliente en el momento adecuado
- Aumenta el flujo de ingresos proveniente de los pasajeros

Este tipo de tecnología permite crear una comunicación con el pasajero y así atraerlos a los comercios desde distintos lugares de la estación. Además, el hecho de proporcionar un enfoque individual a cada uno de los pasajeros puede crear una relación más personal con cada uno de ellos.

A continuación, en la **Tabla 4. Resumen de las tecnologías con Big Data utilizadas en aeropuertos**

, se muestra un resumen de algunos de los aeropuertos en los que se ha introducido esta tecnología, al igual que su impacto en estos y la posible aplicación en las estaciones de tren.

Iniciativa	Aeropuerto	Impacto	Aplicaciones en las estaciones de tren
Big Data	Atenas		<ul style="list-style-type: none"> • Optimizar recursos humanos • Identificación del flujo, comportamiento y segmentación de los pasajeros • Servicios personalizados para mejorar la experiencia y aumentar las ventas de los pasajeros
SPSS Statistics	Sídney		<ul style="list-style-type: none"> • Gestión del aparcamiento • Optimización del stock de las tiendas • Acceso salas VIP
Beacons + Big Data	Miami		<ul style="list-style-type: none"> • Permite guiar al pasajero • Ofertas personalizadas • Actualizaciones del estado de su viaje
iBeacon + Big Data	JFK		<ul style="list-style-type: none"> • Dar tiempos reales de espera (alivia el estrés de los pasajeros) • Permite distribuir mejor los recursos humanos en las zonas saturadas
Beacons + Big Data	Niza		<ul style="list-style-type: none"> • Información a tiempo real • Ofertas de los comercios (no personalizadas) • Obtención de puntos en la tarjeta de fidelización

Tabla 4. Resumen de las tecnologías con Big Data utilizadas en aeropuertos

Como puede verse en la tabla resumen de tecnologías (**Tabla 4. Resumen de las tecnologías con Big Data utilizadas en aeropuertos**

) las nuevas tecnologías están irrumpiendo con fuerza en la gestión de los aeropuertos. Es por ello que, a pesar de que este análisis se trata de una comparación con los resultados obtenidos a partir

de proyectos realizado en aeropuertos, su implementación en las estaciones de tren españolas supondría mejoras similares, siendo algunas aplicables a las estaciones de tren del futuro. Entre estas se encuentran:

- La obtención de grandes cantidades de datos, tanto históricos como operacionales en tiempo real. Estos datos junto con los KPIs relevantes, ayudarían a predecir con éxito el flujo de pasajeros que llegan a las áreas de seguridad y así poder optimizar el personal de seguridad. Al mismo tiempo, se conseguiría asegurar los niveles de servicio apropiados requeridos para mejorar la satisfacción de los pasajeros.
- Identificación de las necesidades actuales de los pasajeros y conocer los flujos, el comportamiento y los segmentos de los pasajeros. Además, proporcionaría nuevos datos para mejorar el proceso de diseño de las terminales y el uso actual de los recursos de las terminales del aeropuerto.
- En la venta al por menor, la segmentación y agrupación de pasajeros permitiría identificar las diferentes tendencias de comportamiento de los pasajeros que conducirían, en un futuro, a servicios personalizados para mejorar la experiencia y las ventas de los pasajeros. Además, gracias a esta tecnología estas tiendas podrán predecir la cantidad de stock necesario que será necesario para satisfacer las necesidades de los pasajeros, incluyendo productos demandados o con gran potencial de venta y retirando aquellos que no terminan de tener éxito.
- Respecto a la distribución de las plazas de parking, poder realizar una previsión a largo plazo de las plazas necesarias, permitirá a las estaciones del futuro adaptarse con tiempo para adaptarse el creciente número de viajeros que harán uso de estas instalaciones, pudiendo realizar ofertas e incluso packs de trayecto completo (con parking incluido) a ciertos pasajeros. También este tipo de tecnología podrá utilizarse para prevenir a ciertos pasajeros de que no lleven en su propio coche para dejarlo en el parking de la estación ya que se prevé que esta esté llena en el momento en el que ellos van a llegar.

5.2 Video Analytics

El análisis de contenido de vídeo (también llamado *Video Analytics*) es la capacidad de analizar automáticamente las imágenes recibidas por vídeo para analizar y detectar determinados eventos temporales. Esta capacidad técnica se utiliza en una amplia gama de dominios que incluyen el entretenimiento, la sanidad, el comercio minorista, la automoción, el transporte, la automatización del hogar, la detección de llamas y humo, la seguridad y la protección. Los algoritmos se pueden implementar como software en máquinas ya instaladas, o como hardware en unidades de procesamiento de vídeo especializadas.

Este tipo de tecnología incluye diferentes funcionalidades entre las que se encuentran: la detección de movimiento en vídeo (una de las más sencillas en las que se detecta el movimiento con respecto a una escena de fondo fija), el seguimiento en vídeo, la estimación/predicción del movimiento que van a seguir las personas y la identificación y análisis del comportamiento.

Para que este tipo de tecnología sea efectiva debe poseer una buena entrada de vídeo, por lo que a menudo se combina con tecnologías que proporcionen una mejora de la calidad como la eliminación de ruido, la estabilización de la imagen, el enmascaramiento no nítido y la superresolución. El procedimiento que sigue este tipo de tecnología es el mostrado a continuación en la [Error! Reference source not found.](#):

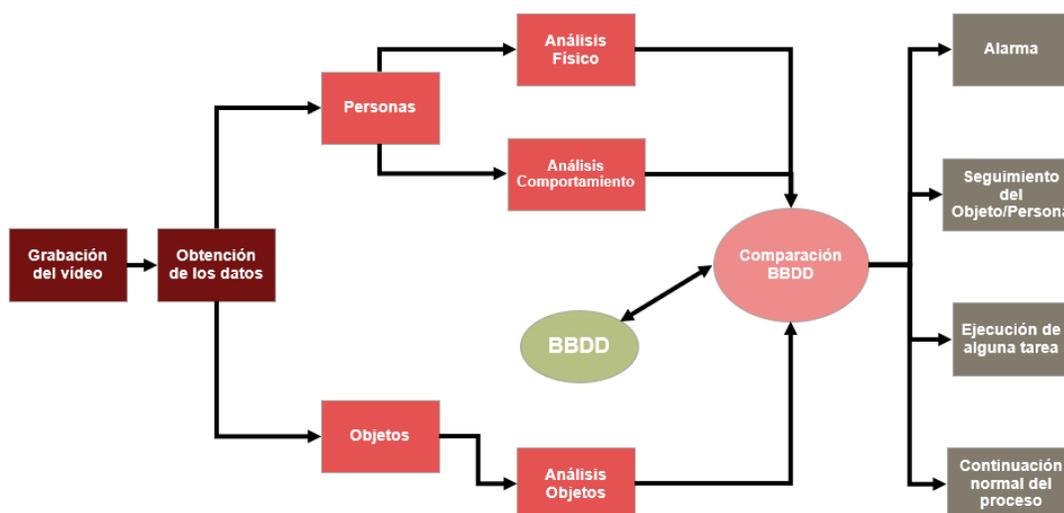


Ilustración 14. Diagrama de bloques del proceso de análisis de vídeo

A través de empresas como CrowdVision, se ha conseguido medir la actividad y prestación de servicios a pasajeros en varios aeropuertos internacionales, permitiendo su completa optimización a través de una mejora en la planificación y las operaciones.

La utilización de este tipo de tecnología aporta numerosas ventajas para la estaciones de tren, entre las que se encuentran:

- Medición del rendimiento continuo de los trabajadores respecto a los acuerdos de nivel de servicio de las empresas subcontratadas
- Supervisión de la suficiencia de recursos asignados para satisfacer la demanda y mantener a los pasajeros en movimiento
- Análisis de la asignación de activos, como mostradores y rutas, para adaptarse a la demanda y reducir los tiempos de espera de los pasajeros
- Optimización del flujo de pasajeros para mantenerles en movimiento
- Mejora de la experiencia del pasajero al minimizar la espera y crear oportunidades para disfrutar, comer, ir de compras y relajarse

Ofrecer una experiencia excepcional a los pasajeros es el enfoque clave a la hora de utilizar la solución desarrollada a partir del análisis de vídeo (*Video Analytics*); ya sea que los pasajeros estén saliendo, llegando o haciendo transbordo en los aeropuertos o estaciones de tren. Este tipo de tecnología también forma parte de las medidas de seguridad empleadas en los aeropuertos ya que ayudan a supervisar el perímetro, identificar amenazas, notificarlas, detectar comportamientos anormales de ciertos pasajeros y, por tanto, colabora con su mantenimiento y seguridad, manteniendo así todas las instalaciones bajo control.

Debido a la eficacia demostrada de este tipo de tecnología en algunos de los aeropuertos en los que ya se encuentra implantada y la similitud existente entre los aeropuertos y las estaciones de tren, se considera que la aplicación de esta tecnología en las estaciones de tren también sería de gran utilidad.

Otra aplicación característica de este tipo de tecnología es que también sirve para analizar el comportamiento de los pasajeros en el interior de las tiendas de la propia estación. De hecho, este tipo de tecnología puede proporcionar información sobre cuántas personas entran o salen de la

tienda y cuántas personas están en la tienda en un momento dado. También traza los patrones de viaje de los clientes dentro de la propia tienda, lo que puede ayudar a establecer estrategias para la colocación de los productos al igual que puede ayudar a comprender las secciones más concurridas en cada momento a través de una técnica denominada Heat Mapping (ver **Ilustración 15**). Con esta técnica, se puede realizar una representación gráfica de las zonas en las que los clientes pasan más tiempo para que, en ellas, se puedan colocar anuncios y promociones adaptables, durante un tiempo determinado, en función del tipo de consumidor que se encuentra en la tienda.

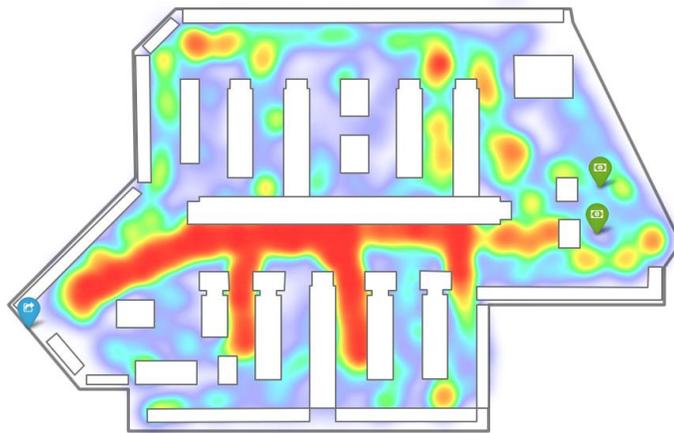


Ilustración 15. Heatmap de una tienda de conveniencia

La combinación de la aplicación de esta tecnología en analizar simultáneamente el flujo de pasajeros en la estación, al igual que su comportamiento en las tiendas, sirve para hacer que se pueda prever el número de personal necesario en cada momento y lugar y, así, mejorar la experiencia de los propios pasajeros en la estación, a través de mejoras en la atención al cliente y la reducción de sus tiempos de espera a la hora de pagar.

5.3 Robots

El informe anual de la Federación Internacional de Robótica (IFR) establece que el mercado de los robots de servicio profesional, aun siendo más pequeño que el de los robots industriales, está experimentando un mayor desarrollo en los últimos años.

Según la investigación de la IFR, las ventas de robots de servicio en 2017 aumentaron en un 85%, hasta alcanzar las 109.543 unidades, frente a las 59.269 de 2016. Este crecimiento es, en gran parte, debido a la continua evolución y mejora que se produce en la mayoría de los sectores (logística, defensa, servicios, etc). Dentro de éstos, el mercado de robots de 'relaciones públicas' es todavía muy pequeño, según el IFR. En 2017 sólo se vendieron 10.400 dispositivos de este tipo de los que la mayoría de ellos eran máquinas de telepresencia, o robots para el guiado móvil y la información en tiendas y museos. Eso es un 56% más que en 2016, mostrando su potencial de crecimiento.

Como puede verse en la **Ilustración 16**, el mercado mundial de robots humanoides es un mercado en crecimiento, siendo el tamaño del mercado mundial de robots humanoides de 620 millones de dólares en 2018. Además, los ingresos de la industria humanoide se están disparando con un CAGR del 46,71% durante el período previsto de 2018 a 2025.

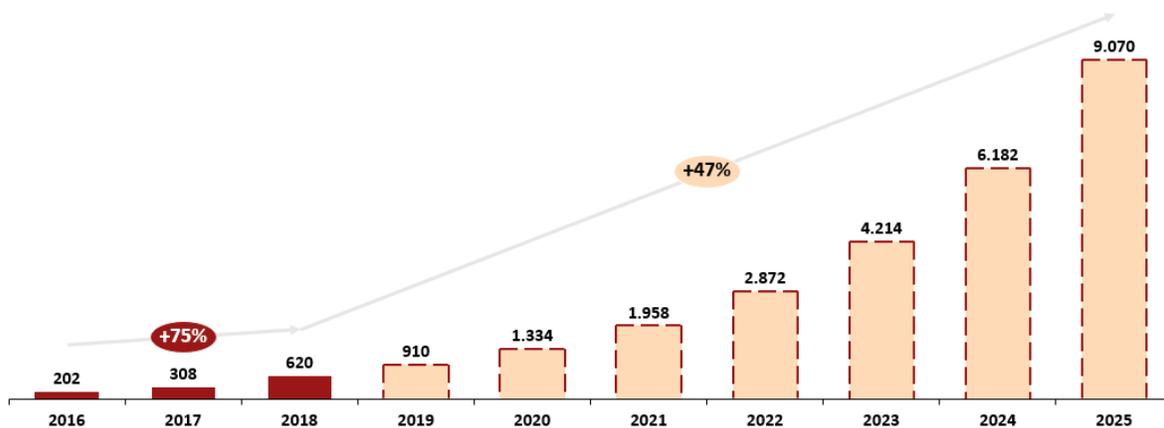


Ilustración 16. Evolución del Mercado de los robots humanoides (Valor en USD). Fuente: IFR

La introducción de estos robots de servicios en lugares con gran afluencia de pasajeros como estaciones de tren o aeropuertos supone mejoras a nivel de: servicios al cliente, seguridad, limpieza y optimización del tiempo. Algunos casos de interés son:

Josie Pepper, robot en la estación internacional de St. Pancras, Londres:

El servicio de trenes de alta velocidad Eurostar introdujo en 2018 un humanoide interactivo que ofrece una nueva forma de proporcionar información sobre los viajes e interactuar con los pasajeros. Pepper es un robot humanoide interactivo que está capacitado con Inteligencia Artificial. Además, imita a un asistente de viaje y se encarga de proporcionar información a los viajeros, tanto si necesitan direcciones como si buscan un restaurante o tienda en el que hacer una parada.



Ilustración 17. Pepper interactuando con los más jóvenes en St. Pancras

Diseñado por SoftBank Robotics en colaboración con *Robots of London*, Pepper tiene la capacidad de reconocer las principales emociones humanas y adaptar su propio comportamiento en consecuencia. Eurostar ha contratado a Pepper para entretener y ayudar a los clientes, respondiendo a sus preguntas.

Según Perrine Allain, jefe de la parte digital en Eurostar la introducción de este robot es una forma de mejorar y sorprender en la experiencia del pasajero, ofreciéndoles a estos una forma divertida de saber sobre su viaje y destino.

Robots para transportar el equipaje y combatir el crimen en las estaciones de tren japonesas:

Actualmente la empresa JRE Robotics Station, se encuentra diseñando y testeando diferentes tipos de robots que cumplan alguna de las siguientes funciones:

- Ayudar a los pasajeros a navegar por las estaciones de tren y llegar a tiempo a sus trenes
- Transportar equipaje, principalmente para ayudar a los viajeros con discapacidades
- Limpiar y ordenar las estaciones de tren
- Detectar a posibles ladrones en las tiendas

Estos robots también serán programados para que entiendan una variedad de idiomas y así poder comunicarse con los turistas extranjeros. A pesar de que la fecha de implantación de este proyecto no está todavía definida, se tienen grandes expectativas en él. Se espera que sea de gran ayuda para mejorar la experiencia de los pasajeros, haciéndoles más entretenida, cómoda y segura su estancia en las estaciones de tren japonesas. En la siguiente imagen (**Ilustración 18**) se muestra como se se espera que se produzcan las interacciones entre robots y personas en estas estaciones.



Ilustración 18. Integración de los robots y las personas en la estación japonesa JR Station

5.3.1 Robots más utilizados en los aeropuertos

La introducción de los robots para mejorar la experiencia de los consumidores se realizó antes en aeropuertos que en estaciones de tren. De hecho, es en los aeropuertos dónde van más avanzados con la aplicación de este tipo de tecnología y dónde estos realizan más tipos de tareas.

Entre los 4 tipos de robot más inteligentes que pueden encontrarse en un aeropuerto se encuentran:

Josie Pepper. Previa a su introducción en la estación de St. Pancras (Londres), este robot se testeó en el aeropuerto de Munich, Alemania. La función de Pepper es la de recibir a los pasajeros en la zona de acceso de los transbordadores que conectan el edificio de la terminal principal con el edificio satélite y, al igual que en la estación de tren, se encargaba de responder a las preguntas de los pasajeros sobre su vuelo o sobre los restaurantes, tiendas u otras características especiales del aeropuerto.

Troika & Jumbo. En los pasillos del aeropuerto de Incheon en Seúl, podemos encontrar dos robots: Troika y Jumbo. Troika es un robot inteligente que utiliza una pantalla gigante

para proporcionar a los pasajeros información sobre los vuelos, el tiempo y los puntos de interés del aeropuerto. También acompaña a los usuarios a la puerta de embarque si así lo desean. Jumbo, tiene la tarea de pulir los suelos.

AnBot. En 2016 se introdujo en el aeropuerto chino de Shenzhen un robot policial con cuatro funciones: patrulla, reconocimiento facial, servicio inteligente y gestión de emergencias. AnBot utiliza señales luminosas y sonoras para disuadir a posibles delincuentes. Si la situación se complica, el robot puede perseguir a un fugitivo a una velocidad de hasta 18 kilómetros por hora e incluso disparar con una pistola táser en el caso de ser necesario.

Spencer. En el aeropuerto de Ámsterdam se ha introducido Spencer, un robot inteligente listo para guiar a los pasajeros a través de la terminal hasta su puerta de embarque. La tecnología de Spencer le permitía escanear las tarjetas de embarque de los usuarios y conducirlos a su destino evitando los obstáculos y ajustando sus movimientos al ritmo del grupo.



Ilustración 19. De izquierda a derecha: Josie Pepper y Troika



Ilustración 20. De izquierda a derecha: Jumbo, AnBot y Spencer

En resumen, los robots pueden escanear los pases de embarque de los pasajeros, asignar asientos, vigilar el entorno y ayudar en otros procesos de facturación. El hecho de que puedan trabajar a un ritmo más rápido y durante más horas en comparación con los humanos y, que supongan un ahorro de tiempo y dinero para las compañías, supone que se estén comenzando a introducir no sólo en nuevos aeropuertos, sino también en otro tipo de entornos como: estaciones de metro, autobús, conciertos, eventos deportivos, etc.

5.3.2 Coste de la introducción de robots en las estaciones de tren

Al igual que toda tecnología que está todavía en desarrollo y no es habitual encontrar a pie de calle, los robots humanoides tienen un precio inicial relativamente elevado. Relativamente puesto que, si al precio inicial y los costes de utilización y mantenimiento que los robots tienen, se les deduce el coste asociado al personal que sustituyen en muchos casos a la larga sale rentable.

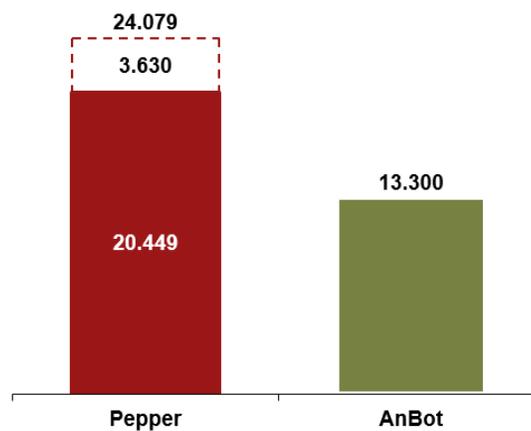


Ilustración 21. Comparativa de precios de los robots (en €). Fuente: Aliverobots

AnBot, que como se ha mencionado antes, es el robot policía que se encuentra en uno de los aeropuertos en China, salió al mercado con un precio de 100.000 Yuanes Chinos (CNY) o lo que es lo mismo, alrededor de 13.300 €. Sabiendo que el sueldo medio de un vigilante de seguridad en España se encuentra en torno a los 13.000 € anuales y aplicándole la depreciación correspondiente al robot, podría establecerse un periodo de un poco más de un año para amortizar dicha inversión.

En el caso de Pepper, a pesar de que el precio sea mayor, este incluye las licencias de software al igual que unos seguros. El precio de 20.449 € las incluye por 2 años, mientras que, si se quiere utilizar durante 3 años, el precio ascendería a 24.079 €.

Como posibles mejoras a introducir en estos humanoides, se recomendaría realizar una actualización constante de la nube a la que se encuentra conectado el robot, al igual que incluirle un sistema de reconocimiento facial, ya que así, estos podrían identificar los pasajeros que se encuentran actualmente en el aeropuerto/estación de tren y así llevar un mejor control de la gente que hay y su comportamiento. Además, no sería necesario que el pasajero le mostrase al robot su tarjeta de embarque para identificarle y darle toda la información acerca de su viaje, sino que este ya lo sabría de antemano para darle las indicaciones de una manera más rápida e incluso notificar a alguno de los pasajeros que se va encontrando de que o se dan prisa o no llegarán a tiempo a su puerta de embarque.

5.4 Reconocimiento facial

El sistema de reconocimiento facial es una tecnología capaz de identificar o verificar a una persona a partir de una imagen digital o un fotograma de vídeo. Generalmente, estos sistemas de reconocimiento facial funcionan comparando rasgos faciales seleccionados de una imagen dada con rostros que se encuentran dentro de una base de datos.

Recientemente, se ha vuelto popular como herramienta comercial de identificación. Otras aplicaciones incluyen la interacción avanzada entre las personas y los ordenadores, la videovigilancia, la indexación automática de imágenes y la base de datos de video, entre otras.

De los elementos de Facilitación Biométrica Automatizada que pueden encontrarse en algunos aeropuertos y que pueden llegar a ser aplicables a las estaciones de tren, se encuentran:

- Automated Border Control (ABC): Utilizado para realizar controles fronterizos
- Automated Passport Control (APC): Control automatizado de pasaportes, normalmente para vuelos internacionales fuera de la UE
- *Automated Immigration Boarding* (AIC): permite a los pasajeros embarcar en el avión sin necesidad de supervisión por parte de una azafata

De estos, el más utilizado actualmente es el ABC (**Ilustración 22**) habiendo 16.000 instalados en todo el mundo, lo que supone un 17% de la totalidad de elementos de Facilitación Biométrica que existen actualmente.



Ilustración 22. Automated Border Control (ABC)

Entre las funciones de este sistema ABC se encuentran: autenticar el documento de viaje, establecer que el viajero es el titular legítimo del documento, consultar los registros de control fronterizo y, sobre esta base, verificar automáticamente las condiciones de entrada para los ciudadanos del espacio Schengen y los TCN.

Un componente del ABC es el *e-gate* (puerta electrónica) que consta de los siguientes componentes principales: un lector electrónico de pasaportes, lectores biométricos, una puerta eléctrica y un dispositivo para mostrar instrucciones visuales que guíen al pasajero a través del control fronterizo. Su funcionamiento involucra barreras físicas (e-gates), un lector de documentos (para leer el documento de viaje y capturar la imagen facial) y varios dispositivos biométricos de captura. Las unidades de procesamiento y los dispositivos de red permiten conectar el sistema con la estación central de la base de datos. fronterizos automatizados. Durante los últimos años, las e-gates de ABC se han localizado en todo el mundo. Algunos de ellos formaban parte inicialmente de proyectos piloto para probar la capacidad de estos sistemas y mejorar los procesos de cruce de fronteras, manteniendo al mismo tiempo altos niveles de seguridad. En la actualidad, la mayoría son despliegues plenamente operativos, diseñados para facilitar el proceso de cruce de fronteras.

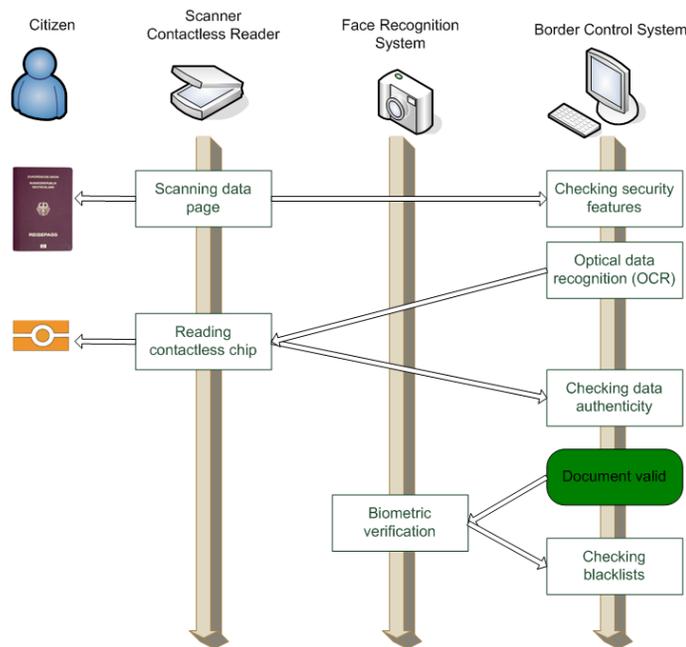


Ilustración 23. Funcionamiento del Sistema integrado en el ABC

Durante la fase de inscripción, los elementos biométricos del usuario se adquieren mediante un lector biométrico y se almacenan en una base de datos. Durante la fase de autenticación se capturan los patrones biométricos para la identificación y verificación de la identidad del usuario. Para la identificación (1:N), el patrón se compara con todas las plantillas de los usuarios de la base de datos y para la verificación (1:1), la comparación se realiza únicamente con las plantillas

correspondientes a la identidad declarada. Por ello, para que esta tecnología sea eficiente es importante tener tanto una buena red internet como una buena gestión de los datos. De hecho, juntando esta tecnología con el Big Data, se podrían realizar previsiones más acertadas de los futuros consumos de los pasajeros ya que, entre otras, se podría saber el estado de ánimo en el que se encuentra dicho pasajero a través de los datos biométricos obtenidos y actuar en consecuencia.

5.4.1 Aplicación en las estaciones de tren

Resultante interesante la aplicación de este tipo de tecnología en las estaciones de tren ya que reduciría la congestión en horas punta y haría que los pasajeros redujeran el tiempo medio que pasan en los controles de seguridad y los controles de acceso a la vía del tren. De hecho, estas ventajas están suponiendo que sean cada vez más los aeropuertos que introducen este tipo de tecnología y es por ello por lo que su mercado a nivel mundial (ver **Ilustración 24**) está creciendo considerablemente.

Por ello, vista su gran implementación y la velocidad a la que está evolucionando, su introducción en las estaciones de tren del futuro es una cuestión de tiempo y, según varios expertos del sector, se considera que este tipo de tecnología tendría una acogida más que positiva por los pasajeros.

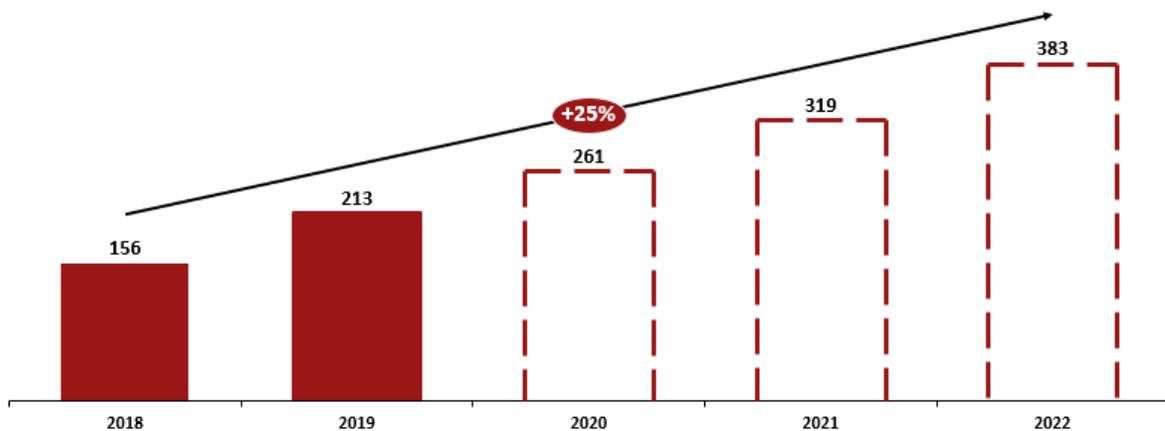


Ilustración 24. Mercado de Controles Biométricos Automáticos (USD). Fuente:IFR

5.5 5G

Para hacer posible la introducción de todo este tipo de nuevas tecnologías en las estaciones de tren del futuro, será necesario dotar a estas de la conectividad necesaria.

La introducción del 5g va a suponer una gran revolución en los robots ya que van a pasar a recibir la información mucho más rápido y de manera más efectiva. De hecho, el conocido robot Pepper utiliza actualmente la red 4g, esto supone que, a pesar de que tenga manos similares a las de un humano, no puede procesar datos con la suficiente rapidez para que sean útiles y precisas.

Un representante de Cloudminds explicó que las habilidades de conversación de Pepper funcionan en una red 4G - el rendimiento de los datos y la baja latencia pueden manejar el procesamiento del lenguaje - pero no es suficiente para el tipo de habilidades que los XR1 son capaces de tener. Pepper tiene manos como las de un humano, pero no puede procesar datos con la suficiente rapidez para que sean útiles y precisos.

En el caso de las estaciones de tren, se emplearán equipos para vigilar las vías, el material rodante, los sistemas de energía y las condiciones ambientales. Por ello, gracias al 5g se conseguirá que todos estos datos se conecten en tiempo real y cuando se combine con el análisis de software y el *machine learning*, esto permitirá a los operadores ferroviarios llevar a cabo un mantenimiento preventivo, predecir fallos y otros eventos que podrían interrumpir los servicios. Además, se conseguirá tener un uso mucho mayor del vídeo de alta calidad para la seguridad, las comunicaciones entre el personal operativo, un mejor conocimiento (en tiempo real) de la situación durante los eventos de emergencia y una respuesta más rápida contra los ataques de ciberseguridad.

6 Aplicación Móvil

El punto de inflexión en el desarrollo de las aplicaciones móviles se produjo en la presentación por parte de Apple de la App Store, una plataforma en donde los desarrolladores podían subir sus propias aplicaciones para que fuesen descargadas por el resto del público. Seguida a la App Store, Android sacó su propia tienda de aplicaciones, conocida actualmente como Google Play Store con el fin de no quedarse atrás y poder competir contra su principal competidor.

Hoy en día, este mercado sigue en pleno auge y está continuamente en la búsqueda de nuevas formas para satisfacer las necesidades de sus clientes. Esto unido con que cada año se incrementa el número de smartphones existentes en el mundo, así como tablets y smartwatches que favorezcan la aparición de nuevos nichos de mercado y oportunidades supone un aumento en el desarrollo de apps, tales como las desarrolladas para satisfacer las necesidades de los pasajeros en las estaciones de tren.

6.1 Aplicación Actual

En 2015 el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (Adif) lanzó una aplicación para facilitar parte de los servicios a los pasajeros. Tras varias actualizaciones desde su lanzamiento, hoy en día entre las funciones que se pueden encontrar en esta aplicación se encuentran:

- Información en tiempo real de los trenes de viajeros, retrasos y vías planificadas de estacionamiento.
- Todos los horarios de llegadas y salidas de todas las estaciones de viajeros.
- Seguimiento en tiempo real de todos los trenes de viajeros de Renfe: todos los núcleos de Cercanías, AVE, Regional, Intercity, Alaria, Alvia, Diurno, Euromed, Avant, Media Distancia,,Tren Hotel.
- Información general relativa a la localización, horarios de apertura, teléfonos de contacto con Adif, ubicación en la ciudad, planos y aparcamientos.
- Ubicación de los servicios de información y atención al cliente, consignas, máquinas de venta de billetes, salas club y puntos de información interactiva.
- Información sobre la interconexión con otros medios de transporte como aeropuertos, metro, EMT, TMB, FGC, FGV, Euskotren, taxi, autobuses, metro ligero, tranvías...

- Información detallada sobre las áreas comerciales (restaurantes, cafeterías, farmacias, salas de exposiciones, regalos, alimentación, ocio, cines...).
- Avisos de incidencias y desperfectos por parte de los pasajeros para mejorar su y agilizar su resolución.

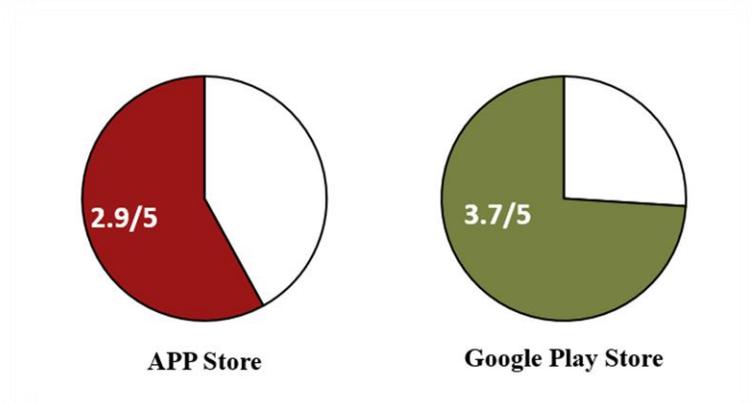


Ilustración 25. Valoración de la aplicación de Adif

Como puede verse en la **Ilustración 25**, esta aplicación puede encontrarse tanto en la App store como en Google Play Store y tiene una valoración de 2.9 y 3.7 sobre 5 respectivamente.

6.2 Posibles Áreas de Mejora

A pesar de la gran cantidad de información que ofrece la aplicación de Adif y la valoración que tiene por parte de los usuarios, ésta se encuentra poco personalizada y no termina de conocer bien ni al pasajero ni sus gustos y preferencias, por lo que no es capaz de ofrecerles una experiencia única. Por ejemplo, respecto a la parte correspondiente al área comercial, la aplicación se encarga de suministrar información muy genérica, como la posición sobre un mapa de la estación del lugar en el que se encuentran las tiendas, sus horarios y su teléfono. Sin embargo, no proporciona al pasajero información verdaderamente relevante para él, que pueda llegar a ser de su interés y que pueda llegar a implicar un aumento de las ventas en estas tiendas/restaurantes, como pueden ser: promociones personalizadas según sus gustos, posibilidad de realizar la compra directamente a través de la aplicación e incluso nuevas facilidades a la hora de establecer el modo de entrega como: home delivery, recogida en el interior del tren, etc.

Además del área correspondiente a la parte comercial que como se ha visto en el apartado de Big Data podría ser solucionada juntando esta tecnología con los *beacons*, las tres otras grandes ramas de mejora posible son:

- Infoentretenimiento
- Marketplace
- Movilidad

6.2.1 Infoentretenimiento

En los últimos años, las expectativas de los pasajeros han estado evolucionando y han puesto presión a los operadores para que la conectividad durante el transporte se alinee con las comodidades que experimentan en su hogar y, por tanto, se produzca una mejora de su experiencia a bordo. Sin embargo, el creciente número de pasajeros que intentan conectarse a la red Wifi de a bordo a través de dispositivos móviles hace que, a veces, no pueda cumplirse con las altas expectativas. Para resolver este problema, muchos operadores están adoptando un enfoque de colaboración, invirtiendo en soluciones de infoentretenimiento a bordo. De hecho, hoy en día, los autobuses y vagones de tren tienen montadas pantallas a bordo comunes que permiten proporcionar información importante y actualizaciones del trayecto a los pasajeros. Sin embargo, puede suceder que las pantallas comunes no estén en uso todo lo que deberían y no cumplan con las necesidades de todos los pasajeros, lo que supone un desperdicio de oportunidades para satisfacerles.

El continuo deseo de satisfacer al cliente ha hecho que, en los últimos cinco años, los ferrocarriles europeos hayan realizado mejoras significativas a la hora de establecer su comunicación con los pasajeros. Entre algunas de las medidas adoptadas se encuentran:

- Desarrollo de sitios web más informativos y fáciles de usar
- Aplicaciones móviles que ofrecen información en tiempo real sobre vehículos en movimiento a través de las cuales se puede realizar la compra y emisión de billetes
- Servicios de infoentretenimiento a bordo
- Información dinámica de pasajeros y horarios implementada en las estaciones y paradas

En el caso de la aplicación móvil, su implementación puede servir para dar información, ofrecer entretenimiento a bordo o incluso ambas. Este tipo de herramienta es cada vez más utilizada por

las aerolíneas ya que, basándose en que la mayoría de la gente lleva consigo un aparato que pueda conectarse a una red wifi (bien un smartphone, una tablet o un ordenador) éstas desarrollan una aplicación para que cada pasajero pueda durante el trayecto conectarse a la red wifi del tren/avión y así poder disfrutar de las diferentes formas de entretenimiento que incluye.

En España, la aplicación introducida por Adif, aunque facilita al pasajero algunas tareas como localizar el establecimiento comercial al que quiere llegar o le proporciona información sobre el estado de los trenes, no incluye ni sistema de entretenimiento para el pasajero, ni un portal en el que pueda realizarse compras. Sin embargo, varios operadores ferroviarios europeos han puesto en marcha portales multimedia en Internet a disposición de los pasajeros a bordo. Algunos de los servicios de infoentretenimiento que han triunfado tras su lanzamiento se pueden encontrar en:

7.1 Eurostar

Con el fin de mejorar la experiencia de los pasajeros, en marzo de 2016 Eurostar lanzó una red WiFi para pasajeros junto con una plataforma de información y entretenimiento a bordo en una nueva flota de trenes e320. Su introducción supuso una inversión de 50 millones de libras esterlinas por parte del gobierno del Reino Unido que garantizaría la disponibilidad de Wi-Fi a partir de 2017. Previo a su introducción en todos los vagones, se realizó una prueba de este nuevo servicio ofreciéndoselo a los pasajeros de primera clase y debido a la buena acogida que supuso en ellos, se pasó a su instalación en el resto de los vagones.

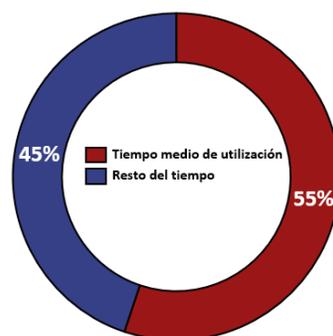


Ilustración 26. Tiempo medio de utilización por pasajero y trayecto

Como puede verse en el **Ilustración 26**, en el trayecto Londres-Paris, el uso del servicio de infoentretenimiento a bordo del Eurostar es de aproximadamente 75 minutos por persona o, lo que es lo mismo, un 55% del tiempo que pasan a bordo del tren.

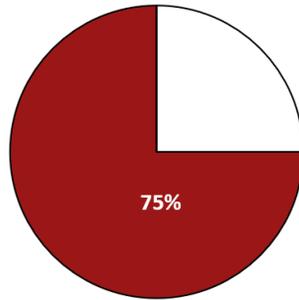


Ilustración 27. Porcentaje de pasajeros satisfechos con la aplicación

Desde su introducción en el e320, los índices de satisfacción de los clientes respecto al trayecto aumentaron, con una gran respuesta positiva a las nuevas características del tren. De hecho, la última encuesta realizada por Eurostar demostró que tres cuartas partes de los pasajeros valoran positivamente la gama y la calidad del entretenimiento disponible a bordo. De esta forma se consigue mejorar la experiencia del pasajero y hacer que sea más propenso a volver a utilizar este medio de transporte.

El Bernina Express

El Bernina Express, gestionado por Rhaetian Railway (RhB), se encarga de ofrecer un servicio de transporte a los destinos turísticos alpinos. A lo largo de la ruta, la conectividad móvil estaba limitada, lo que impedía a los pasajeros acceder a internet en sus dispositivos móviles. Por ello, RhB buscaba una solución que permitiera a los pasajeros utilizar sus *smartphones* y tabletas para ver tanto contenidos de vídeo y audio comerciales como aquellos especialmente producidos para este tipo de trayecto, en el que se describiese en tiempo real, el paisaje y los puntos de interés por los que se iban pasando durante el trayecto.

La solución proporcionada por el software Passengera a RhB, permite que los pasajeros se conecten a través de una aplicación en sus dispositivos personales a una red Wi-Fi a bordo, a partir de la cual podrán acceder a diversos contenidos. Adicionalmente, parte de los contenidos estarán sincronizados con GPS para que los pasajeros reciban notificaciones *push-up* en sus dispositivos móviles cuando estén pasando por una zona de la que se disponga de contenido tanto de información turística como histórica.

Además de entretenimiento y una guía de viaje interactiva, la solución de Passengera proporciona:

- Información actualizada de la ruta, incluyendo los horarios de llegada.
- Permite a RhB gestionar y actualizar de forma remota el contenido sincronizado con el GPS, para comunicarse con los pasajeros y generar información personal.
- Ofrece a RhB oportunidades de generar ingresos mediante el marketing in-app de recuerdos y otros artículos que puedan comprar los pasajeros.
- Permite generar datos demográficos, que le permiten conocer mejor a sus pasajeros, para poder llegar a ofrecerles servicios más adaptados a sus necesidades.
- Entre las oportunidades futuras se incluye la posibilidad de que los pasajeros pidan comidas y bebidas servidas directamente en sus asientos.

Este servicio ha permitido conocer de manera más detallada las preferencias de los pasajeros, permitiendo así a RhB mejorar su experiencia a bordo y comercializar nuevos productos y servicios. El contenido de alta calidad produce un aumento de la audiencia, lo que conduce a mayores tasas de suscripción y a un mayor compromiso de los pasajeros lo que supone un aumento de la satisfacción del cliente. Por ello, tras la gran acogida que tuvo por parte de los pasajeros, junto con los beneficios empresariales que ha recibido RhB tras su lanzamiento en diciembre de 2016, el operador de trenes planea transmitir video y audio sincronizado con GPS en un mayor número de sus trenes y rutas, así como ampliarlo a sus servicios de autobús operados por su filial Bernina Express Bus.

ÖBB

En el servicio ofrecido por el operador austriaco en los trenes Railjet, se incluye:

- Información de viaje en tiempo real sobre el tren y las siguientes paradas del viaje
- Conexiones entre estaciones y un mapa interactivo con la ubicación actual y la velocidad del tren
- Programas de televisión
- Conexión a Internet a través de la red Wi-Fi propia del tren
- Las ediciones más actuales de más de 20 periódicos regionales, nacionales e internacionales. Más de 70 revistas, desde economía y deportes hasta moda y cocina

- Plataforma online de música
- Las comidas y bebidas del menú del restaurante que se compren a través del portal se pueden servir en el asiento, sin que haya necesidad de ir al vagón restaurante

A continuación, en la **Tabla 5**. Resumen del Infoentretenimiento utilizados en trenes

, se muestra un resumen de algunos de los servicios de infoentretenimiento que se ofrecen actualmente en Europa, al igual que su impacto y los posibles resultados que podrían tener su introducción en los trenes españoles.

Tren/Operador	Impacto	Resultados en los trenes españoles
Eurostar		<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la satisfacción de los pasajeros • Mayor calidad del servicio ofrecido • Aumento de la demanda de este tipo de servicios
Bernina Express / RhB		<ul style="list-style-type: none"> • Información actualizada de la ruta, incluyendo la hora de llegada • Oportunidades de generar ingresos mediante el marketing in-app • Permite generar datos que le permiten conocer mejor a sus pasajeros y así ofrecerles servicios más personalizados • Oferta tanto de contenido actualizado como turístico • Aumento de la satisfacción de los pasajeros
Railjet / ÖBB		<ul style="list-style-type: none"> • Información en tiempo real • Mapa interactivo para situar al pasajero • Además de los servicios de vídeo convencionales se introducen series, plataforma online audio, revistas y periódicos • Servicio de comidas y bebidas servido en el propio asiento • Ofertas personalizadas • Actualizaciones del estado del viaje

Tabla 5. Resumen del Infoentretenimiento utilizados en trenes

Actualmente este tipo de plataforma y aplicaciones de infoentretenimiento sólo se encuentran disponibles mientras que el pasajero está a bordo del tren. El 88% de los pasajeros valora muy positivamente el hecho de poder utilizar este tipo de infoentretenimiento durante su tiempo de espera en la estación. De esta manera, los tiempos de espera, y posibles retrasos, serían más amenos.

Además, para evitar que en la estación haya otras personas que se aprovechen de esta forma de infoentretenimiento pensada exclusivamente para pasajeros, podría establecerse un código asociado a cada billete para que con este, el pasajero pueda conectarse y disfrutar sin límites de la plataforma o aplicación de infoentretenimiento, ya que sino la sobreconexión de dispositivos influiría negativamente en la calidad del servicio dado que, entre otros inconvenientes, tiene el de que haría que la conexión fuese más lenta.

Como se ha visto en el caso del eurostar, los pasajeros pasan de media un 55% del tiempo a bordo conectados a la aplicación de infoentretenimiento. Esto puede aprovecharse para conseguir nuevas fuentes de ingreso como pueden ser bien la introducción de un Marketplace o de publicidad digital.

6.2.2 Marketplace

La introducción de un escaparate digital (*Marketplace*) serviría para que el pasajero pueda encontrar cualquier producto ofrecido tanto en las tiendas de la estación de salida/destino como de otros establecimientos con los que se establezca un acuerdo. Esto podría realizarse a través de la propia aplicación o a través de una plataforma independiente.

Además, para mejorar la experiencia de los futuros pasajeros, el uso de este *Marketplace* será posible desde el momento en el que se compre el billete a partir de un código que sea asociado a este. En función del momento en el que se realice la compra, este pasajero también podrá escoger el modo de recogida.

Por ello, considerando esta nueva forma de compra como una más, los pasajeros tendrán como canales de venta los siguientes:

- A través de la aplicación móvil o plataforma digital
- La estación de salida
- La estación de llegada
- En las tiendas *partner* del centro de la ciudad

Una vez realizadas las compras, existirán varias opciones a partir de la cuales el pasajero podrá recoger sus productos. Entre estas, se encuentran:

- **Recogida en la estación, tanto de salida como de llegada, por el propio pasajero.** Para que este método de recogida sea efectivo, la compra puede realizarse:
 - En una tienda en la propia estación de salida
 - En una tienda en la estación de llegada
 - A través de la aplicación móvil con un tiempo de antelación para que la tienda pueda tener preparado el producto. En el caso de realizarse la compra una vez ya se está en el tren, la posibilidad de productos a comprar se reducirá a las tiendas de la estación de llegada.
 - Con antelación en una tienda del centro ciudad, para que el producto pueda llegar a tiempo a la estación.
- **Recogida en la puerta del tren.** La compra deberá ser realizada con mayor antelación a la establecida para la opción de recogida en la propia estación de salida, para así poder garantizar la disponibilidad del producto y no tener que hacer esperar al pasajero, haciendo que se lleve la mejor impresión del servicio
- **Entrega a domicilio.** Una vez se haya realizado la compra de alguna de las maneras mencionadas anteriormente, el pasajero no necesitará cargar con su producto hasta su destino final ya que este le llegará al destino elegido si así lo desea, teniendo como posibilidad la elección de la ciudad de salida o llegada siendo el fin, mejorar su experiencia tanto como cliente de la estación como la de pasajero.

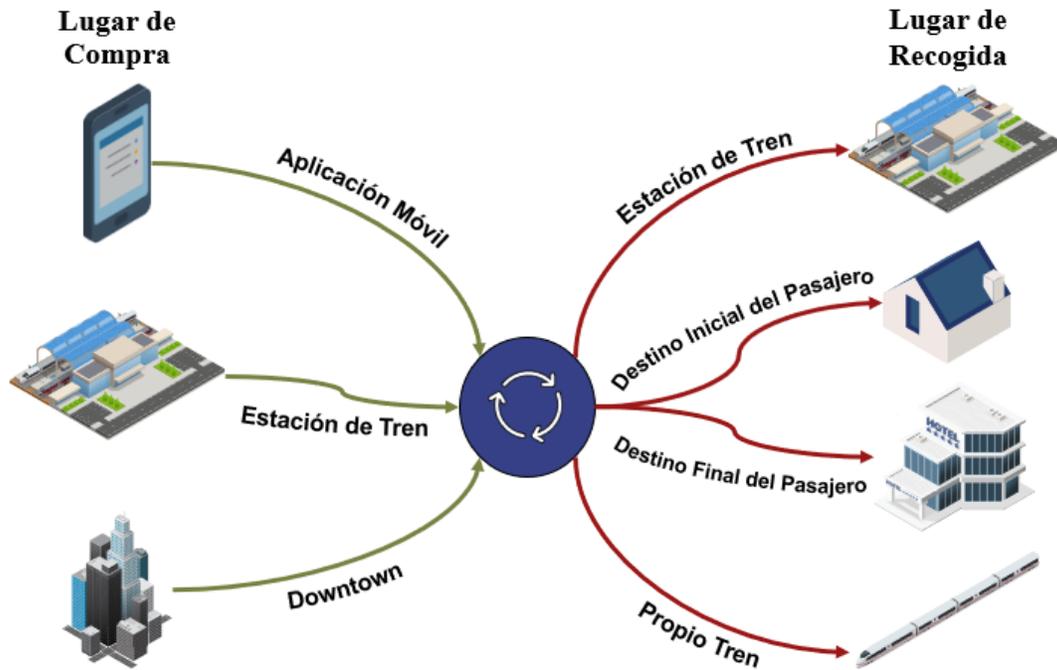


Ilustración 28. Posibilidades de compra y recogida del producto

En resumen, combinando los distintos métodos de compra del producto (manera física y manera online), con las tiendas en las que se puede realizar esta compra (tiendas de la estación de salida, llegada o tiendas con las que se establezca una alianza) junto con los distintos tipos de recogida de este producto (envío a domicilio, destino final, tienda de la estación, puerta de embarque e incluso propio tren) se ofrecen una gran cantidad de opciones a los pasajeros, que permiten mejorar su experiencia a lo largo del viaje.

Publicidad digital

La combinación de la tecnología digital, la publicidad tradicional y las grandes cantidades de datos cada vez más accesibles, ayuda a que los anuncios se puedan personalizar y lleguen a dirigirse de una manera más eficaz a su público.

No es posible realizar un benchmark a nivel global para el mundo de las aplicaciones móviles puesto que en función del servicio que ofrece cada una (juegos, redes sociales, etc) éstas tienen un tipo de ingresos u otros. Dentro de las categorías establecidas, la que más podría llegar a asemejarse a este tipo de aplicación es la categoría de *Entertainment*. Las aplicaciones de esta categoría ganan

de media unos 2.900 € diarios lo que supondrían unos ingresos anuales de alrededor de 1 millón de euros.

Sin embargo, al ser estos ingresos una media de las aplicaciones dentro de esta categoría, estos valores pueden llevar a confusión ya que las aplicaciones que encabezan las listas de ingresos de estas categorías pueden llegar a subir excesivamente la media debido a que sean aplicaciones muy exitosas y por tanto tengas unos valores de ingresos mucho más elevados que las demás, pudiendo llegar a resultar en confusión en la estimación de ingresos cuando se quieren prever los ingresos de una aplicación perteneciente a dicho grupo.

Según la encuesta realizada, la introducción de publicidad digital tanto en la aplicación, como en las plataformas de entretenimiento e información, al 53% de pasajeros no le importaría tener que ver publicidad para utilizarla de manera gratuita, un 19% preferiría pagar una pequeña cantidad a ser posible ya incluida en el precio del billete, y al resto le es indiferente.

6.2.3 Movilidad

El sector de la movilidad urbana está experimentando cambios significativos. Por un lado, el aumento de la población urbana y del número de turistas está suponiendo un crecimiento acelerado en las ciudades, que buscan continuamente satisfacer tanto las necesidades de movilidad de sus ciudadanos como la de sus visitantes. Por otro lado, los hábitos y preferencias de los ciudadanos también están cambiando rápidamente lo que está suponiendo el aumento de los dispositivos móviles que, a su vez, está impulsando el aumento en la contratación de servicios de movilidad a través de plataformas online y aplicaciones, lo que supone el desarrollo de nuevas formas de movilidad digital, compartida y multimodal.

Lejos de ralentizarse, esta tendencia se intensificará en el futuro y se seguirá avanzando hacia un nuevo modelo sostenible, dinámico y más eficiente, cada vez más centrado en los usuarios, en el que el desarrollo de la tecnología desempeñará un papel fundamental.

Para las ciudades, estas cuestiones y, en particular, la rápida evolución de la tecnología son un desafío, pero también una gran oportunidad para ofrecer nuevas herramientas que permitan hacer frente a problemas como la congestión, la contaminación y la seguridad.

Mejora de la experiencia de los pasajeros de tren a través de la movilidad

Actualmente el servicio ofrecido por los operadores ferroviarios es exclusivamente el servicio de transporte en ferrocarril entre estaciones de tren, es decir, es el pasajero el que debe buscarse el trayecto desde su punto de origen a la estación de tren de salida y, de la estación de tren de salida, a su punto final. Por ello, el desarrollo de nuevas técnicas para, facilitar la forma de llegar e irse de la estación desde su casa/trabajo/hotel hasta el destino final, supondría una gran mejora en la calidad de servicio ofrecida al pasajero. Entre las posibles ideas para realizarlo se encuentran:

- Oferta del servicio de trayecto completos:

Ofrecer servicios de trayecto completos que puedan escogerse a la hora de la compra del billete: En este caso, el usuario a la hora de comprar el billete tendrá la posibilidad de seleccionar puntos de recogida para ir tanto a la estación de origen desde su destino inicial como de la estación de llegada a su destino final. A pesar de que sería la opción más suculenta, no sería ni económica ni ecológicamente rentable. No sería económicamente rentable puesto que como puede verse en la **Error! Reference source not found.** incurriría en un incremento de costes de 12€ por billete lo que en el caso más favorable supondría un incremento de costes de 12€ a los que debería de hacer frente o el propio pasajero (incrementando en un 25% el precio medio de su billete).

- Desarrollo de una aplicación/plataforma que conecte de manera anónima a los pasajeros que han de encontrarse en la estación a horas similares:

Hoy en día los pasajeros no son capaces de conectar con otros pasajeros que tengan unas características de viaje similares. Por ello, cuando viajan solos y quieren coger un taxi/Cabify/Uber para ir a la estación o de la estación a su destino, a no ser que vayan ya acompañados, sólo pueden cogerlo de manera individual.

Como puede verse en la **Ilustración 29** cuando los pasajeros viajan solos, las emisiones de CO2 por trayecto se incrementa de manera proporcional al número de trayectos realizados, ya que cada uno utiliza un vehículo distinto. Además, el precio final por trayecto que estos pasajeros van a tener va a resultar superior.

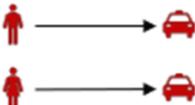
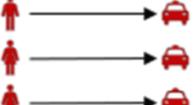
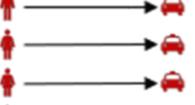
<u>Caso Actual</u>	# Pasajeros	# Taxis	Coste Medio /Pasajero (€)	<u>Emisiones CO2 (g)</u>	
				Por Pasajero	Totales
	1	1	12	1180	1180
	2	2	12	1180	2360
	3	3	12	1180	3540
	4	4	12	1180	4720

Ilustración 29. Caso Actual

El desarrollo de una aplicación/plataforma que permita la conexión entre futuros pasajeros para que puedan compartir el vehículo en su trayecto a/desde la estación, supondría una reducción de las emisiones de CO₂ de manera casi inversamente proporcional al número de pasajeros que lo utilicen. Casi, ya que a no ser que todos los pasajeros sean recogidos en el mismo punto, el vehículo deberá desviar un poco su trayecto a la estación para poder recoger al resto de pasajeros.

La idea de este nuevo método es que los pasajeros a la hora de comprar su billete puedan dejar definidos el punto de partida desde el que les gustaría salir hacia la estación al igual que el punto de llegada al que les gustaría ir después de su llegada a la estación de destino. Una vez que el punto de partida/llegada sea establecido, el sistema determinará otros perfiles que deban estar por la estación en torno a la misma hora y tenga puntos de partida/destino próximos, para así poder ponerles en contacto. Como puede verse en **Error! Reference source not found.** de esta forma se reduciría el número de taxis que van a la estación y se incrementaría la ocupación de estos, obteniendo así un medio de transporte más sostenible y económico. Sostenible, puesto que aquellos pasajeros que no pensaban ir en transporte público a la estación, la adopción del *carsharing* implicaría reducciones en emisiones de CO₂ y, económico, puesto que el coste del trayecto se repartiría entre más personas. Esta reducción del coste del trayecto hacia/desde la estación total del propio pasajero podría llegar a resultar en un gasto adicional de este en la propia estación de tren.

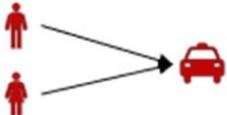
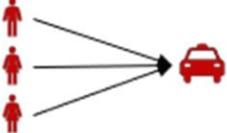
<u>Caso Óptimo</u>	# Pasajeros	# Taxis	Coste Medio /Pasajero (€)	Emisiones CO ₂ (g)	
				Por Pasajero	Totales
	1	1	12,9	1180	1180
	2	1	7,2	679	1357
	3	1	5,4	511	1534
	4	1	4,4	428	1711

Ilustración 30. Caso Óptimo

Este nuevo modelo de transporte a la estación, además de contribuir a la disminución de la contaminación en las grandes ciudades, supondrá también una mejor imagen de la empresa ya que

a través de su implantación estaría mostrando una gran implicación con el medio ambiente, tema que tanto concierne a la sociedad de hoy en día.

Con el fin de mejorar la experiencia de los usuarios, además de ponerles en contacto, podría añadirse una opción a partir de la que, si los pasajeros aceptan compartir vehículo para sus trayectos a/desde la estación, ésta les permita dejarlo reservado directamente. Para ello, podrían analizarse posibles alianzas estratégicas tanto con empresas que ofrecen servicios de transporte (Uber, Cabify o taxis) como con plataformas/aplicaciones actuales que permiten el alquiler de vehículos sin conductor por minutos (Zity, Car2Go, Emov, etc).

Las ventajas que tendrían estas plataformas/aplicaciones de alquiler de vehículos por minutos serían: menos costes para los pasajeros y menos contaminación puesto que en su mayoría se trata de vehículos eléctricos. Sin embargo, como lados negativos podrían encontrarse:

- Conseguir que uno de los pasajeros se ofrezca como conductor y, por tanto, sea el encargado de estar en el punto de recogida de los demás pasajeros en la hora y lugar determinado. Para resolver este inconveniente, podría incentivarse al futuro conductor con e una reducción completa del precio que iba a pagar por el *carsharing* e incluso un sistema de puntos que le permita conseguir descuentos o bien en los futuros billetes de tren o en las tiendas, así como en su futura utilización de los coches de *carsharing*.
- Aparcar este vehículo en la estación de tren. Actualmente las estaciones de tren en España no cuentan con plazas de parking reservadas para dejar este tipo de coches. Sin embargo, sería interesante analizar la viabilidad de su implantación puesto que la gente en las ciudades las utiliza cada vez más para moverse.

Ejemplos de ofertas de servicios similares

En España, se puede encontrar BlaBlaCar como aplicación que te puede llegar a ofrecer un servicio similar. Aunque esta aplicación está más enfocada para el *carsharing* de trayectos largos, con ella puedes llegar a conectar con otras personas que vayan a realizar un trayecto similar al tuyo y, de esta forma, reducir costes y emisiones de CO₂.

En países como Estados Unidos o Australia la aplicación Uber permite, a través de UberPOOL, que los pasajeros se encuentren con otros pasajeros que van en la misma dirección para compartir vehículo y así conseguir una tarifa con descuento que varía según la ciudad y el horario en el que

se realiza el viaje. Por lo general, la tarifa se reduce entre un 25% y un 40% respecto a la tarifa normal. Sin embargo, esta no te garantiza que ese servicio de Uber vaya a cogerlo algún otro pasajero más ya que depende de la demanda en ese determinado momento. En el caso de programarse las recogidas, se vería un aumento en el número de pasajeros por coche puesto que la ruta ya estaría definida con anterioridad para recoger a varias personas, favoreciendo la imagen de la empresa, que se vería como un fuerte apoyo hacia una economía más sostenible y colaborando al mismo tiempo en la transición hacia una sociedad más ecológica.

7. Impacto del Covid-19 en el sector ferroviario

La pandemia COVID-19 ha provocado una importante conmoción económica a nivel mundial que está teniendo un impacto negativo significativo en la Unión Europea. La gravedad de las consecuencias dependerá tanto de la duración como de la extensión geográfica de la pandemia.

Dentro de los sectores más afectados, el del transporte en general está sufriendo un impacto nunca antes visto, viéndose el sector ferroviario gravemente afectado ya que afecta a toda su cadena de suministro incurriendo en graves efectos económicos para las empresas ferroviarias, los expedidores y las empresas de logística. Los administradores de infraestructuras y los operadores de instalaciones de servicios también están sufriendo las consecuencias financieras. Si no se aborda, la pandemia tendrá un grave impacto en el tráfico internacional, el volumen de las mercancías y el número de pasajeros, por lo que el progreso de la digitalización y la apertura del mercado ferroviario pueden verse gravemente afectados.

El sector ferroviario tiene una gran importancia estratégica para la Unión Europea ya que contribuye de manera decisiva a la economía y el empleo generales de la UE, dando empleo directo a más de 1 millón de personas, de las cuales unas 600.000 son empleados por empresas ferroviarias y 440.000 por administradores de infraestructuras.

Además, el transporte ferroviario es fundamental para la estrategia de unión dentro de la Unión Europea, ya que es un modo de transporte más sostenible (facilitando una movilidad limpia y un alto nivel de eficiencia) que facilita tanto la cohesión económica y social como la conexión de los europeos dentro y entre los Estados miembros. Por consiguiente, el transporte ferroviario es crucial para alcanzar los objetivos del acuerdo ecológico, debido al valor que tiene como el modo de transporte más sostenible y respetuoso con el medio ambiente.

El ferrocarril europeo transporta alrededor de 1.600 millones de toneladas de carga y 9.000 millones de pasajeros cada año. Los volúmenes de tráfico de pasajeros de la UE han alcanzado los 450.000 millones de kilómetros de pasajeros de los aproximadamente 6 billones de kilómetros de transporte terrestre total. El tráfico de pasajeros por ferrocarril es mayoritariamente doméstico, con sólo un 6% cruzando las fronteras en los últimos años. Por ello, como se ha comentado al inicio de

esta tesis, con la liberalización del mercado ferroviario a nivel europeo se quiere conseguir un aumento de en lo que al transporte internacional respecta.

Sin embargo, tras el brote del Covid-19, el transporte ferroviario de pasajeros y mercancías ha disminuido considerablemente debido a las restricciones fronterizas y a la menor demanda. Las restricciones temporales en las conexiones de viaje entre los Estados miembros de la Unión Europea han dejado una huella significativa: la mayoría de los trenes internacionales de pasajeros ya no tienen servicio y el transporte ferroviario nacional ha disminuido hasta un 90% en comparación con las cifras del año pasado. Muchos de los nuevos operadores tuvieron que cesar sus operaciones, y todos los operadores ferroviarios sufren grandes disminuciones en sus servicios de transporte.

A continuación, se va a realizar un análisis de como esta pandemia está afectando a la cantidad de pasajeros que hay en las líneas de alta velocidad españolas.

7.1 Efecto del Covid-19 en el AVE

Hasta el inicio de la pandemia, el sector ferroviario tenía unas buenas previsiones de futuro en España ya que, el número de pasajeros en los trayectos de alta velocidad aumentaba en España a una media del 3,6% desde el 2015 (Ver **Tabla 6** y **Tabla 7**), lo que hacía esperar que, en 2020, el aumento de la demanda fuese a ser, como mínimo, similar al que se venía teniendo en los años anteriores. Además, a este incremento se le debía añadir un nuevo aumento de la demanda en este sector que se iba a producir debido a la liberalización del mercado ferroviario, lo que suponía la entrada de nuevos operadores ferroviarios y, por ente, una bajada de los precios en los trayectos, haciendo este modo de transporte más atractivo para el consumidor. Sin embargo, la realidad no ha sido como se esperaba y desde que el 14 de marzo se decretase el estado de alarma en España y se produjese el confinamiento de toda la nación, el número de pasajeros que pudo viajar en los siguientes meses se redujo de forma drástica (Ver **Ilustración 31**).

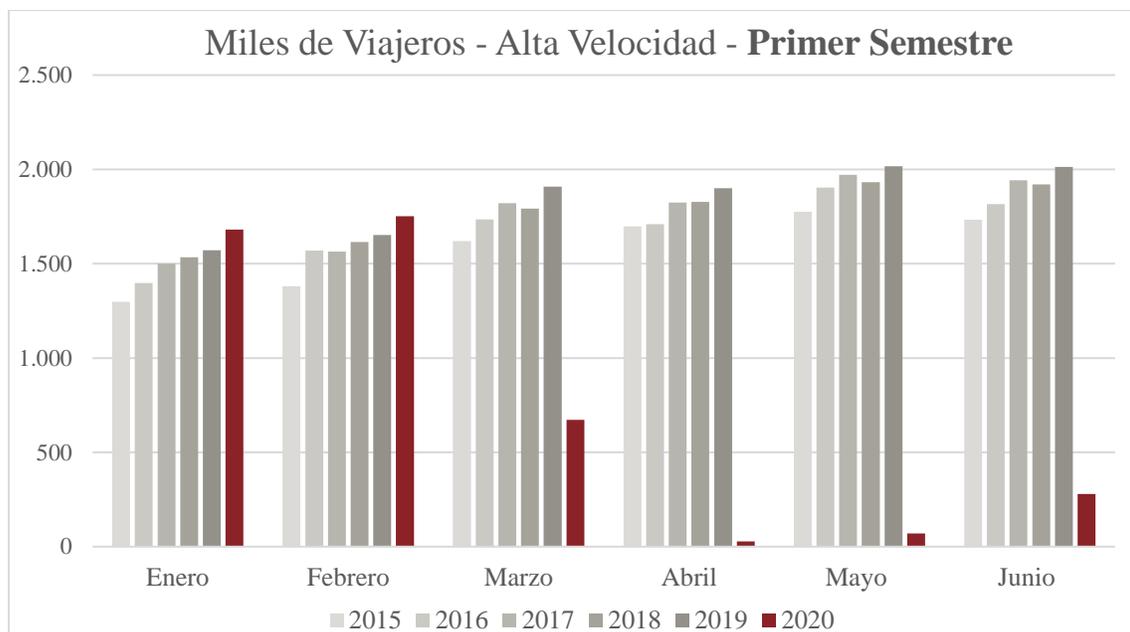


Ilustración 31. Pasajeros mensuales en las líneas de alta velocidad españolas. Fuente: Ministerio de Fomento

Una vez el estado de alarma se levantó, el número de viajeros comenzó a aumentar ya que la gente volvía a poder salir de casa y viajar por el territorio nacional. Sin embargo, el turismo en España ha caído considerablemente con respecto a años anteriores. Si en junio de 2019 llegaron a España cerca de nueve millones de turistas, en este junio de 2020 sólo lo han hecho poco más de 200.000, un 97,7% menos, lo que implica que también haya caído considerablemente el número de pasajeros en las líneas de Alta Velocidad. De hecho, todavía hay un gran número de países (como el Reino Unido) que declara España un país de riesgo a visitar y requiere que cualquier ciudadano suyo que quiera volver al país después de haber estado en España tenga que realizar una cuarentena obligada de 14 días, lo que hace que esos ciudadanos acaben pensándose los dos veces antes de escoger España como destino turístico y seguramente escogiéndolo otro destino.

	2014	2015	Δ14-15	2016	Δ15-16	2017	Δ16-17
Enero	1.161	1.299	11,8%	1.398	7,6%	1.500	7,3%
Febrero	1.225	1.380	12,6%	1.570	13,8%	1.564	-0,3%
Marzo	1.455	1.620	11,4%	1.735	7,1%	1.820	4,9%
Abril	1.559	1.697	8,9%	1.710	0,8%	1.824	6,7%
Mayo	1.603	1.775	10,7%	1.903	7,2%	1.971	3,5%
Junio	1.580	1.733	9,7%	1.817	4,8%	1.942	6,9%
Julio	1.568	1.724	10,0%	1.839	6,7%	1.884	2,4%
Agosto	1.363	1.469	7,8%	1.512	2,9%	1.547	2,3%
Septiembre	1.498	1.591	6,2%	1.735	9,0%	1.794	3,4%
Octubre	1.629	1.781	9,3%	1.807	1,5%	1.884	4,3%
Noviembre	1.423	1.606	12,9%	1.691	5,3%	1.708	1,0%
Diciembre	1.903	1.753	-7,9%	1.636	-6,7%	1.669	2,0%

Tabla 6. Variación miles de pasajeros AVE (2014-2017). Fuente: Ministerio de Fomento

	2018	Δ17-18	2019	Δ18-19	Δ Media 14-19	2020	Δ19-20
Enero	1.533	2,3%	1.572	2,5%	6,3%	1.680	6,9%
Febrero	1.616	3,3%	1.652	2,3%	6,3%	1.751	6,0%
Marzo	1.791	-1,6%	1.908	6,5%	5,7%	672	-64,8%
Abril	1.827	0,2%	1.901	4,1%	4,1%	28	-98,5%
Mayo	1.932	-2,0%	2.016	4,3%	4,8%	70	-96,5%
Junio	1.920	-1,2%	2.013	4,9%	5,0%	279	-86,1%
Julio	1.925	2,1%	2.018	4,9%	5,2%	--	--
Agosto	1.562	1,0%	1.706	9,2%	4,6%	--	--
Septiembre	1.800	0,4%	1.941	7,8%	5,4%	--	--
Octubre	1.947	3,3%	2.016	3,5%	4,4%	--	--
Noviembre	1.801	5,4%	1.828	1,5%	5,2%	--	--
Diciembre	1.679	0,6%	1.799	7,2%	-1,0%	--	--

Tabla 7. Variación miles de pasajeros AVE (2017-2019). Fuente: Ministerio de Fomento

Como puede verse en la **Tabla 7** en los meses de enero y febrero de 2020 se obtuvieron una cantidad de pasajeros en las líneas de alta velocidad similares a las estimadas. En marzo, mes en el que comenzó a aparecer el COVID19 en España, en lugar de obtener un incremento de entre el 5-6% en el número de pasajeros como se había estimado, se obtuvo una pérdida del 64,8% con

respecto a los pasajeros que habían ido en alta velocidad en marzo de 2019. Por otro lado, en abril y mayo, la diferencia con respecto al año anterior fue del -98,5 y -96,5% respectivamente, mientras que en junio fue del -86,1%. Como era de esperar, los meses de abril y mayo, meses en los que ha estado confinada la casi totalidad de la población española, han sido los meses en los que se ha visto la mayor diferencia con respecto al año anterior, parándose el sector de la Alta Velocidad casi al completo puesto que la movilidad entre comunidades autónomas estaba limitada y sólo estuvo funcionando con unos servicios mínimos durante esos meses. Por ello, los trenes estuvieron circulando sólo para personas que tenían un permiso especial que les permitía viajar y los vagones sólo se podían llenar al 50% para mantener las distancias de seguridad.

Sin embargo, en junio, debido a que se levantó el estado de alarma y la población volvió a poder moverse por España, hubo 4 veces más pasajeros en estas líneas (se pasó de 70 mil a 279 mil) que en mayo y casi 10 veces más que en abril, nada que ver con las cifras de años anteriores, pues sufrió una caída del 86,1% con respecto a junio del año anterior.

La pérdida en marzo es inferior a la de abril, mayo y junio ya que no fue hasta mediados de marzo cuando se decretó el estado de alarma y se comenzó a ser consciente de lo verdaderamente infeccioso que es el virus. Además, aunque se ve que en junio empieza a mejorar el número de pasajeros en líneas de alta velocidad respecto a los meses anteriores, la falta de turismo internacional, sumado al miedo que hay todavía en la población a viajar en sitios cerrados en los que hay mucha concentración de gente (ya que aumenta las posibilidades de contraer el virus) se ven reflejados tanto en el número de gente que coge el tren y como en el aumento de los viajes en coche para realizar turismo nacional, que demuestran que la recuperación del sector ferroviario va a ser una recuperación lenta, hasta que bien se descubra una vacuna o bien el virus quede controlado a nivel mundial.

7.2 Evolución del AVE en 2020 – Casos de estudio

La evolución en este sector a lo largo de los próximos meses va a tener una relación directa con la evolución del virus tanto en España como a nivel mundial. Por ello, se van a realizar 4 casos de estudio para ver como evolucionaría el número de pasajeros. Los 3 primeros casos de estudio tienen en común que comprenden el año 2020 y que en los 6 primeros meses se utilizan los datos ya oficiales de pasajeros que ha habido.

En los siguientes casos se verá como las posibles situaciones en las que pueda evolucionar la pandemia afectará al número de pasajeros en este sector en España.

En el cuarto y último caso de estudio se supondrá que este análisis es realizado en diciembre de 2019, momento en el que todavía este virus no era del considerado en los análisis. Esto hará que se realice una estimación de la evolución del número de pasajeros en función del incremento previsto por los datos conocidos hasta entonces. Es decir, principalmente se tendría la evolución que había tenido cada mes de un año respecto al mismo mes del año anterior para así tener en cuenta la estacionalidad correspondiente a este tipo de sector.

Caso 1

El primer caso de estudio es el más pesimista de todos, pero no por ello menos realista. En él, se tiene en cuenta la posible aparición en otoño de 2020 de una segunda ola de una magnitud similar a la que apareció a comienzos de este mismo año. De hecho, según varios expertos esto es una cosa inminente y de la que se lleva advirtiendo un tiempo para que los países vayan tomando las medidas necesarias para hacerle frente. A pesar de que se espera que llegue en otoño de 2020, no se descarta que se adelante y, en el caso de que esta segunda ola apareciese con fuerza, la situación más probable sería la de un segundo confinamiento total o parcial de la población española, lo que supondría esperar unas pérdidas en el número de pasajeros similares a la de los meses de estado de alarma en España ya que se espera que se llegasen a adoptar unas medidas similares. Por ello, para estimar el número de pasajeros que habría, se ha aplicado el mismo porcentaje de pérdida de pasajeros que hubo durante estos meses respectivamente.

Mes	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
Miles de pasajeros	1.680	1.751	672	28	70	279	280	25	68	279	253	249	5.634
Δ 19-20	6,9%	6,0%	-64,8%	-98,5%	-96,5%	-86,1%	-86,1%	-98,5%	-96,5%	-86,1%	-86,1%	-86,1%	-69,2%

Tabla 8. Evolución Primer Caso

Caso 2

En el segundo caso de estudio, se considera una lenta recuperación en el sector ferroviario de Alta Velocidad, es decir, se establece que la recuperación de pasajeros va a ser lenta hasta que no aparezca una vacuna. Este se considera el caso más razonable puesto que la reactivación del turismo

internacional se realizará de manera gradual y, la población, a la hora de escoger el modo de transporte por el territorio nacional, que no tiene unas distancias excesivas, seguramente escoja otros medios de transporte que tengan menos posibilidad de contagio como el coche. La posibilidad de contagio es menor no sólo porque se viaje con menos gente, sino también debido a que viajando en tren, avión o autobús, la posibilidad de contraer el virus no sólo se produce dentro del medio de transporte, sino que también se producen en las posibles colas que se forman a la hora de comprar los billetes o del embarque, los asientos en las salas de espera o las aglomeraciones al abandonar los medios de transporte o de recoger el equipaje. En estos puntos críticos en los que resulta complicado evitar las aglomeraciones si todos los viajeros no colaboran, la tripulación, el personal de abordaje y los mensajes de megafonía alertan de las normas, pero finalmente es el pasajero el que tiene la responsabilidad de seguirlas. Los resultados obtenidos en este caso son los siguientes:

Mes	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
Miles de pasajeros	1.680	1.751	672	28	70	279	280	341	388	504	457	450	6.901
Δ 19-20	6,9%	6,0%	-64,8%	-98,5%	-96,5%	-86,1%	-86,1%	-80,0%	-80,0%	-75,0%	-75,0%	-75,0%	-69,2%

Tabla 9. Evolución Segundo Caso

Los primeros 6 meses, los datos de pasajeros son los oficiales. En julio se determina una recuperación similar a la de junio (perdida de pasajeros del 86,1% respecto a la del mismo mes en el año 2019) mientras que en agosto y septiembre se apuesta por una recuperación mayor, en la que las pérdidas respecto al año anterior son del 80%. A partir de entonces, los meses de octubre, noviembre y diciembre, se supone que va a haber una recuperación mayor y se le asigna un 75%.

Caso 3

En este caso se realiza un estudio de como quedaría el resultado total de pasajeros en el año 2020 si, de repente, desapareciese el virus de la noche a la mañana y se volviesen a tener en el segundo semestre de 2020 todos los pasajeros que se esperaban inicialmente. A pesar de que no es un caso realista, sirve para hacerse una idea de cuál sería la mínima pérdida de pasajeros de alta velocidad que se podría llegar a sufrir si se diese una recuperación total repentina en el sector.

Mes	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
Miles de pasajeros	1.680	1.751	672	28	70	279	2.123	1.785	2.045	2.104	1.924	1.782	16.245
Δ 19-20	6,9%	6,0%	-64,8%	-98,5%	-96,5%	-86,1%	5,2%	4,6%	5,4%	4,4%	5,2%	-1,0%	-27,4%

Tabla 10. Evolución Tercer Caso

Caso 4

Considerado como el caso ideal, situación que debería de haber ocurrido de no haber aparecido ningún virus. En él, la evolución mensual del número de pasajeros aumenta con respecto a la de los años anteriores y es consistente con la idea que había anteriormente de que este sector era un sector en auge en el que iban a ir apareciendo cada vez más un mayor número de pasajeros debido, entre otros factores, a su comodidad y futura reducción de precios en el servicio por la entrada de nuevos operadores ferroviarios, hecho que como se ha comentado en numerosas ocasiones, aumentaba la competencia al actual operador ferroviario y esto se acababa viendo reflejado en una reducción de los precios para capturar una mayor cuota de mercado.

Mes	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
Miles de pasajeros	1.671	1.757	2.016	1.979	2.112	2.115	2.123	1.785	2.045	2.104	1.924	1.782	23.412
Δ 19-20	6,3%	6,3%	5,7%	4,1%	4,8%	5,0%	5,2%	4,6%	5,4%	4,4%	5,2%	-1,0%	4,7%

Tabla 11. Evolución Cuarto Caso

El total de pasajeros anual que utilizaría la Alta Velocidad en 2020 aumenta, como es lógico, a medida que las suposiciones respecto al COVID19 se convierten más optimistas. Esto queda representado en el siguiente gráfico:

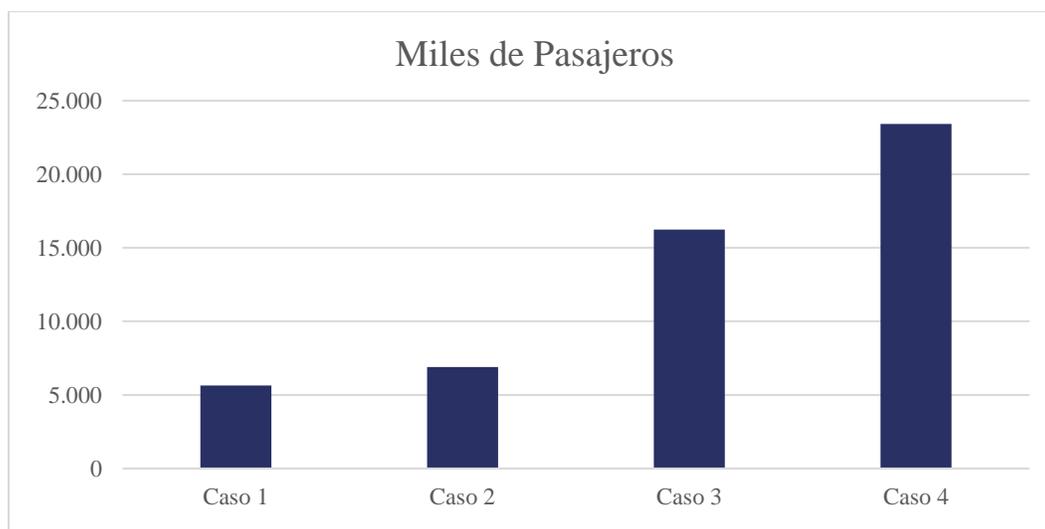


Ilustración 32. Resumen de la cantidad de pasajeros que habría en 2020

Cabe destacar que el caso 4, caso ideal que ya no puede llegar a darse puesto que el virus apareció, consideraba un 315% más de pasajeros a los que se contempla en el peor de los casos, caso 1, caso en el que se tiene en cuenta la posibilidad de un nuevo confinamiento en otoño.

Si se vuelve a comparar el caso ideal con el caso 2, caso más probable, en el que se considera una lenta pero constante recuperación del sector ferroviario se puede ver como al inicio del 2020 se consideraba que habría un 239% más de pasajeros en 2020 de los que habría si se da este caso. Esto demuestra lo afectado que se ha visto el transporte de pasajeros en trenes de alta velocidad por la pandemia. Sin embargo, si se realiza una comparación entre el caso 2 y el caso 1, puede observarse que se considera que el 2020 se terminará con un 22% más de pasajeros a los que indicia el peor de las situaciones posibles, por lo que da esperanzas al sector que comenzará a recuperarse poco a poco de esta situación.

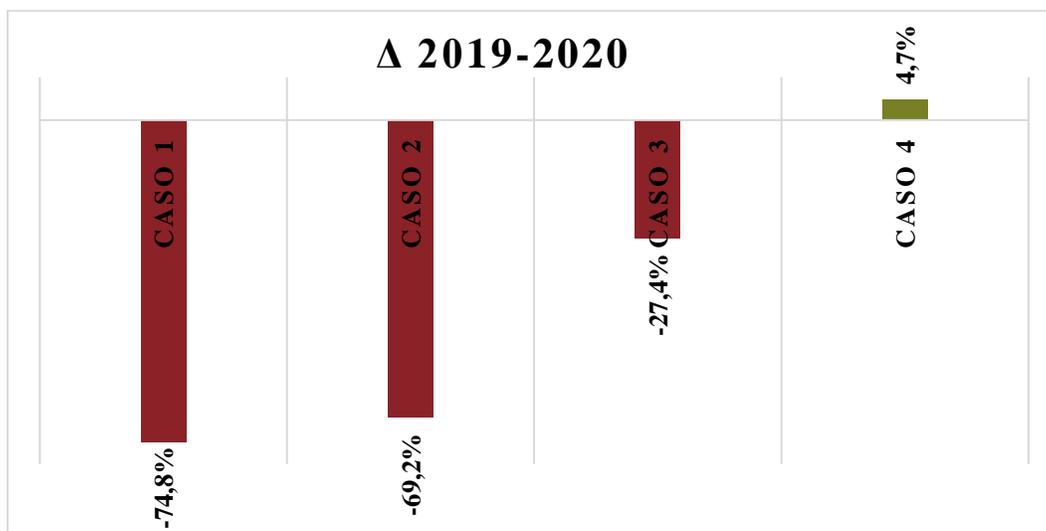


Ilustración 33. Variación del número de pasajeros totales respecto al año anterior

En la **Ilustración 33** puede verse que, en cualquiera de los casos posibles, la pérdida de pasajeros en el año 2020 va a ser muy elevado. Es por ello que se espera una lenta recuperación en la que el sector deberá reinventarse y adaptarse a las nuevas necesidades y medidas sanitarias para poder garantizar la seguridad de los pasajeros, tanto en las estaciones de tren como dentro del propio tren. Para ello, parte de las medidas que pueden llegar a implantarse en estos lugares para facilitar esta transición, se detallarán a continuación.

7.3 Medidas de prevención a implementar tanto en las estaciones de tren como durante el viaje

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) el Covid-19 es una enfermedad altamente infecciosa cuyo brote comenzó en diciembre de 2019 y que desde entonces se ha propagado hasta convertirse en un problema a nivel mundial, con brotes en la mayoría de los países. De hecho, comenzó a afectar a Europa a partir de la última semana de febrero de 2020.

Según los informes médicos actuales, el virus se propaga por contacto directo con gotas respiratorias, generadas por la tos o los estornudos de una persona infectada, o indirectamente al tocar manos o superficies contaminadas. Los síntomas más comunes del Covid-19 incluyen fiebre, fatiga y tos seca, normalmente suelen ser leves y comienzan gradualmente. El verdadero problema reside en que algunas personas se infectan, pero no desarrollan síntomas por lo que no son conscientes de que son portadores del virus y, por tanto, contribuyen de manera inconsciente a la propagación del virus. No se sabe con certeza cuánto tiempo sobrevive en las superficies el virus, pero parece comportarse como otros coronavirus y, por tanto, los estudios sugieren que pueden persistir en las superficies desde unas pocas horas hasta varios días. Esto supone que en aquellos lugares en los que suele haber un gran tránsito de personas como pueden ser aeropuertos o estaciones de tren, sean necesarios mantener un mayor distanciamiento social al igual que mayores medidas de limpieza y desinfecciones.

Medidas:

Las medidas de prevención deben adaptarse en función de la localización y afluencia de pasajeros que haya en los distintos lugares de la estación. Algunos ejemplos de las medidas preventivas a implantar son:

- Establecer una regla de distanciamiento social. Entre las medidas se encontrarían:
 - Saludos y despedidas que no incluyan apretones de manos, besos, etc;
 - Uso de dispositivos sin contacto siempre que sea posible (por ejemplo, los termómetros sin contacto, cámaras térmicas, reconocimientos biométricos para evitar el intercambio de documentos entre personas que no tienen relación)
 - Establecimiento de una distancia de seguridad de más de 1.5 metros tanto entre pasajeros como entre personas dentro de la estación.

- Diseñar una política de un solo uso tanto para los restaurantes a bordo de los trenes como en los restaurantes de la estación. Esto incluye: platos, vasos, cubiertos y condimentos de uso único.
 - Tener establecido un plan de acción para saber cómo actuar en el caso de que un miembro de la tripulación o un trabajador de la estación entren en contacto con una persona infectada. Esto incluye: condiciones de la cuarentena, rastreo de sus contactos más directos y tener un back-up de personal que pueda realizar los servicios que hasta ahora se estaban realizando.
- Políticas adicionales para reducir la probabilidad de transmisión a través del contacto indirecto:
 - Quitar las revistas, folletos, menús, mantas, almohadas, auriculares, etc. de los vagones; y en los trenes nocturnos cambiar las mantas después de cada uso;
 - Cambiar el papel higiénico de los rollos a las capas individuales
 - Comprobar antes de iniciar el viaje que todo el personal a bordo está sano (mediante, por ejemplo, el control de la temperatura).
 - Realizarle a la tripulación controles rutinarios para comprobar que se encuentran sanos y no van a poner en peligro la salud de los pasajeros.
 - Uso de guantes de goma desechables para desempacar las entregas, para controlar los billetes.
- Desarrollar un curso formativo al personal, específico para el Covid-19 en el que se instruya:
 - Cómo protegerse a sí mismos.
 - Cómo afrontar las diversas situaciones a las que se enfrentarán en el curso de su trabajo. Por ejemplo: cómo actuar en el caso de que uno de los pasajeros comience a presentar síntomas una vez se encuentre dentro de la estación/tren.
- Las indicaciones sobre cómo limpiar y desinfectar las superficies que se tocan con frecuencia deben estar claramente definidas ya que el contacto con superficies en las que se encuentra el virus es una de las mayores fuentes de contagio.

- Limpieza especial de áreas donde los pasajeros, el público y el personal están frecuentemente presentes (estaciones, comedores...). Incrementando la cantidad de veces que se realiza la limpieza.
- Proporcionar una lista de superficies que presenten riesgos especiales (por ejemplo, baños, taquillas, zonas de espera, ventanas, taquillas, revisteros, mesas de prueba, manijas/botones de puertas, dispensadores de jabón, reposabrazos, ...) y hacer que se limpien regularmente.
- Asegurarse de que el personal de limpieza esté a bordo durante los viajes (no sólo entre los viajes) para asegurar la desinfección continua.
- Facilitar el acceso a los aerosoles desinfectantes para que el personal los utilice sin restricciones en esos lugares
- Proporcionar kits de protección a bordo en los que debe incluirse, como mínimo:
 - Mascarilla
 - Guantes de goma desechable de un solo uso
 - Gel a base de alcohol y/o jabón
 - Bolsas de riesgo biológico
- Instruir al personal de cómo y dónde deshacerse de los riesgos biológicos (por ejemplo, tejidos usados, máscaras usadas)
- La limpieza de los filtros del aire acondicionado en los pasajeros y en las cabinas de conducción, que garanticen la eliminación de las partículas nocivas que puedan quedar suspendidas en el aire.

7.4 Covid-19 y la liberalización de mercado ferroviario

El coronavirus también ha tenido otro tipo de efecto colateral en la Alta Velocidad Española que, desde ahora, se queda sin el Ave de bajo coste, el llamado AVLO. Como se ha visto anteriormente, es la versión *low cost* con la que RENFE pretendía competir en un sector cada vez más en auge. Es decir, era un tren que ofrecía la posibilidad de viajar a la misma velocidad, pero por menos dinero. Debía haber empezado el pasado mes de abril entre Madrid y Barcelona y luego le llegaría el turno a Sevilla. Sin embargo, el actual ministro de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, José Luis Ábalos, ha comunicado la suspensión de este proyecto. El motivo principal se basa en que este proyecto se encuentra basado en un concepto de alta ocupación de los trenes, contradictorio con los protocolos sanitarios y las distancias de seguridad que ahora hay impuestas debidas a la

existencia de este nuevo virus. Es decir, el AVLO estaba programado para filas de cinco asientos en lugar de las cuatro que hay en los trenes AVE, lo que supondría que los viajeros deberían ir más juntos que nunca cuando lo que ahora se busca es la distancia.

La suspensión, aun siendo actualmente de carácter indefinida y sin fecha prevista para retomarla, aleja aún más el proyecto para que la alta velocidad low cost llegue a España.

8 Conclusiones

A lo largo de esta Tesis, se muestra la buena aceptación que ha tenido en España la red de Alta Velocidad Comercial, que es consecuente con el incremento de demanda que ha tenido en los últimos años. Esto se ha dado principalmente gracias al buen desarrollo de esta red, en el que se han introducido nuevos destinos he incrementado el número de trayectos diarios. Si, además, a esto se le añade la liberalización del mercado ferroviario impulsada por la Unión Europea, cabe esperar que el aumento de la demanda siga creciendo, ya que esta liberalización puede llegar a incrementar la capacidad operativa de la red española entre un 40 y un 50%.

Debido a las predicciones del incremento de demanda es necesario digitalizar, en la medida de lo posible, las estaciones de tren españolas para así poder hacer frente a las necesidades de unos pasajeros cada vez más tecnológicamente sensibles. La búsqueda de estas tecnologías se ha realizado a través de la búsqueda de tecnologías disruptivas que estén o hayan sido implantadas en aeropuertos de todo el mundo. Entre las medidas propuestas en esta Tesis para digitalizar las estaciones de tren se encuentran: Big Data, Video Analytics, Robots, Reconocimiento facial y 5g. A continuación, se citan las aplicaciones extraídas de cada una de ellas para las estaciones de tren.

- **Big Data.** Con la aplicación de esta tecnología se espera: optimizar los recursos humanos (personal) de la estación; llegar a identificar el flujo y el comportamiento de los pasajeros para así poder segmentarlos en categorías; proporcionar servicios personalizados para aumentar las ventas y mejorar la experiencia; controlar de manera eficiente el aparcamiento en la estación, para dar tranquilidad a los pasajeros que quieran llegar a la estación en su propio vehículo; guiar al pasajero por la estación; optimizar el stock en las tiendas y actualizar en tiempo real el estado del viaje (con tiempos reales de espera, que transmitirá tranquilidad al pasajero).
- **Video Analytics.** Con la aplicación de esta tecnología se espera: poder medir el rendimiento de los trabajadores, así como analizar la asignación de activos (mostradores y rutas) para adaptarse a la demanda y reducir los tiempos de espera de los pasajeros; poder supervisar la suficiencia de recursos asignados, para garantizar que ninguno de ellos está sobrecargado y conseguir que los pasajeros se encuentren en movimiento; mejorar de la experiencia del pasajero al minimizar la espera y crear oportunidades para disfrutar, comer, comprar y relajarse dentro de la estación. Además, puede ayudar a

aumentar el consumo de los pasajeros a través de la técnica denominada Heat Mapping que permite representar las zonas más concurridas dentro de las tiendas, lo que facilita la distribución de los productos en ella.

- **Robots.** Los robots analizados podrían desempeñar en las estaciones de tren las siguientes tareas: ser un punto de información para los pasajeros, facilitar el transporte de equipaje, tareas de limpieza, detectar el crimen (actuales robots policía) y ayudar a personas con discapacidad.
- **Reconocimiento facial.** Esta tecnología en las estaciones de tren podría desempeñar las siguientes funciones: realizar controles fronterizos; control de pasaportes y autorizar el embarque al tren una vez se haya comprobado tanto la identidad como el billete del pasajero. Esto reduciría la congestión en horas punta y haría que los pasajeros redujeran el tiempo medio que pasan en los controles de seguridad y los controles de acceso a la vía del tren, aumentando el tiempo que pasan dentro de la estación y aumentando las probabilidades de gasto en ella.

Además de estas tecnologías para digitalizar las estaciones de tren, se ha realizado un análisis de la aplicación actual de Adif para mostrar las posibles áreas de mejora. Del análisis realizado, se extrae como conclusión que la aplicación actual es muy básica y no está nada personalizada, por lo que potenciando algunos puntos como el área comercial y utilizando Big Data y Beacons para personalizarla y conocer mejor al usuario, se mejoraría la experiencia de los pasajeros al viajar por las estaciones españolas, al igual que se potenciaría el consumo de productos en la estación de tren. Las tres otras grandes ramas de mejora posible son: el infoentretenimiento, el marketplace y la movilidad. Respecto al infoentretenimiento, ya existen varias soluciones utilizadas en otros países (como la que ofrece el software Passengera al Bernina Express o las redes wifi instaladas en el Eurostar y Railjet) que permiten hacer más ameno el tiempo que se pasa tanto en la estación con el propio tren. En relación con el Marketplace, se propone el hecho de dar la posibilidad al pasajero de comprar a través de la App en todas las tiendas de la estación y facilitar su recogida, que puede llegar a ser en: la propia estación de tren, en el mismo tren una vez se esté montado, o en el destino de llegada (sea bien hotel o domicilio). Con respecto a la parte de movilidad, las soluciones que mejorarían la calidad de servicio ofrecida al pasajero se encuentran: la oferta del servicio de trayecto completo (desde del domicilio hasta el hotel de destino) o el desarrollo de una plataforma dentro de la aplicación que conecte de manera anónima a los pasajeros que han de encontrarse en

la estación a horas similares, lo que contribuiría tanto a una reducción del coste del transporte a la estación como a la contaminación total por pasajero.

Finalmente, en el último capítulo se ve como la situación actual de emergencia sanitaria que se está viviendo a nivel mundial debido al Covid-19 ha afectado de manera considerable al sector ferroviario español de alta velocidad y, en el mejor de los casos, la mínima pérdida de pasajeros que habrá en 2020 respecto a 2019 sería de 69,2%, ya que los otros dos casos que muestran unas pérdidas inferiores no son al 100% realistas debido a la asunción de desaparición repentina del virus. Por ello, tanto las tecnologías, como las mejoras estudiadas para la aplicación en esta tesis pueden tener un impacto muy positivo en la necesaria transición actual hacia un modo de transporte más “sanitariamente seguro”. De hecho, las tecnologías previamente citadas podrían facilitar el distanciamiento social y reducir el contacto entre personal de la siguiente forma:

- **Big Data y Video Analytics.** Estas dos tecnologías en conjunto permitirían reducir el contacto entre personas dentro de la estación, creando nuevas rutas para guiar a los pasajeros por ellas cuando se vean congestiones en ciertas zonas. Además, en el caso de haber un pasajero que posteriormente de positivo, se podrá traquear los contactos que este ha tenido tanto en la estación como en el interior del tren, facilitando las labores de contacto y reduciendo la expansión del virus. También se podrá utilizar para vigilar que el aforo de las tiendas no se sobrepase y para alarmar al personal de estas cuando no se esté respetando el distanciamiento social entre los pasajeros.
- **Robots:** su introducción reduciría considerablemente el contacto entre personal y pasajeros reduciendo así la posibilidad de transmisión del virus. Entre los puntos más destacados se encuentran: transporte de equipaje (el tocarlo puede ser una fuente de transmisión indirecta del virus). Puntos de información en el que robots como Pepper actúan como puntos de información y guía, por lo que se ayudaría a reducir el contacto directo entre personal y pasajero que, en el caso de que uno fuese portador del virus, aún utilizando la mascarilla y respetando la distancia de seguridad existiría la posibilidad de contagio.
- **Reconocimiento Facial:** también reduciría el contacto con el personal de la estación. Además, el hecho de hacer el checking con un sistema similar al ABC, optimizaría las

colas y convertiría todo en un proceso mucho más fluido, reduciendo las colas y los contactos.

A pesar de que se ha observado que las predicciones para 2020 estiman una pérdida muy considerable en el número de pasajeros, se espera que dentro de unos años cuando se vuelva a la normalidad y vuelvan a haber grandes flujos de pasajeros en las estaciones de tren, estas tecnologías sigan siendo útiles, puesto que continuarán ayudando a mantener el distanciamiento social entre personas y a distribuir los pasajeros en la estación de una manera equilibrada, intentando reducir en todo momento las aglomeraciones de personas y, sobre todo, el contacto entre ellas ya que, según los expertos, es probable que en esta generación queden secuelas de alarma social respecto a las posibilidades de contagio.

9 ANEXO I: Objetivos de Desarrollo Sostenible

Esta Tesis se encuadra, principalmente, dentro del decimotercer objetivo de desarrollo sostenible (ODS) establecido por las Naciones Unidas tras un acuerdo firmado entre 193 países del mundo, en el que se comprometían a cumplirlos. Este decimotercer objetivo es el de “Acción por el Clima” y en el se establece que es necesario tomar medidas para abordar tanto la pandemia como la emergencia climática, con el fin de salvar vidas y los medios de subsistencia. De hecho, el cambio climático es un problema de todos los habitantes del planeta, ya que está afectando a todos los países de todos los continentes, notándose ya en algunos de ellos graves consecuencias para el medioambiente, como puede ser la muerte de una gran parte de la barrera de coral australiana debido al aumento de la temperatura del agua de mar como consecuencia del cambio climático. Además, entre otras de las consecuencias que está teniendo, se encuentra la alteración de las economías nacionales, el cambio de los sistemas meteorológicos, el aumento de los niveles del mar y la aparición de fenómenos meteorológicos cada vez más extremos.

El sector transporte representa el 25% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero en España. Dentro de este sector transporte se incluyen los trayectos realizados en coche, autobús, moto, camión, tren o avión. Si bien la elección del medio de transporte a utilizar muchas veces viene condicionado por otros factores como la duración del trayecto, disponibilidad de dicho transporte, precio, etcétera; con lo que a las emisiones de CO₂ respecta, según la Agencia Europea del Medio Ambiente (AEMA), a medida que aumenta el número de pasajeros en un vehículo, aumentan las emisiones totales de CO₂ de dicho vehículo, sin embargo, las emisiones por pasajero disminuyen, es decir, el total de emisiones debidas al trayecto a realizar por esos pasajeros acaba siendo inferior.

Por ello, la AEE realiza la medición del impacto medioambiental de los distintos medios de transporte en función de las emisiones de CO₂ que libera por pasajero y kilómetro recorrido. Obteniendo, según sus estimaciones, el avión como medio que más emisiones de dióxido de carbono provoca. Suponiendo, por ejemplo, que lleva 88 personas a bordo, resultaría que emite 285 gramos de CO₂ por pasajero y kilómetro. Los camiones serían los siguientes con una media de 158 gramos de dióxido de carbono, mientras que el coche, con el mismo número de pasajeros emitiría 104 gramos de CO₂. La moto, en cambio liberaría de media 72 gramos y el autobús 68 gramos de CO₂. Por último, el tren es el que menos emite de media por pasajero, con tan sólo 14

gramos de CO₂ y según la Asociación Ferroviaria Española, MAFEX, representa sólo el 0,7% de las emisiones totales de CO₂ mientras que alcanza el 9% de la demanda mundial de movilidad.

El Administrador de Infraestructuras Ferroviarias español (Adif) contribuye a la lucha contra el cambio climático a través de su propia actividad, fomentando el uso del transporte ferroviario para así conseguir entre todos un medio de transporte limpio. Por ello, si se cumplieren las expectativas vistas en esta Tesis en las que se va a producir un aumento de la demanda en el sector ferroviario, en gran parte debido a la liberalización de las estaciones de tren, y se digitalizasen sus estaciones para poder hacer frente al incremento de demanda asociado, una transición hacia este tipo de transporte implicaría una transición hacia un modo de transporte más sostenible y respetuoso con el medio ambiente, ayudando a cumplir el decimotercer Objetivo de Desarrollo Sostenible de la ONU.

De manera secundaria, esta Tesis podría encuadrarse con el noveno ODS, que se encarga de “Industria, innovación e infraestructura” y con el decimoprimer objetivo “Ciudades y comunidades”. Con el noveno ODS estaría relacionado puesto que con la digitalización de las estaciones de tren españolas Adif estaría apostando por la innovación y la modernización de las infraestructuras, promoviendo así su eficiencia a través de un desarrollo tecnológico. Por otro lado, respecto al decimoprimer objetivo, la implantación de nuevas líneas de alta velocidad para satisfacer el aumento de demanda contribuiría a proporcionar el acceso a sistemas de transportes seguros, asequibles y accesibles para todos los ciudadanos de aquí al año 2030 convirtiéndose al mismo tiempo en un modo de transporte inclusivo.

10. Referencias

1. **5 Intelligent Robots That work at Airports** / *Ikusi Airports*. (2018, junio). Ikusi - Velatia.
<https://www.ikusi.aero/fr/node/181>
2. **Accenture**. (2016). *The Future of Advertising*.
https://www.accenture.com/_acnmedia/accenture/next-gen/pulse-of-media/pdf/accenture-future-of-advertising-pov.pdf
3. **Acuity**. (2018, septiembre). *The Airport Automated Biometric Facilitation Report: From Curb-to-Gate*.
https://static.wixstatic.com/ugd/2c6729_39fc8d1d11704361b0820c3598abf98c.pdf
4. **Acuity Market Intelligence**. (2018, septiembre). *The Airport Automated Biometric Facilitation Report: From Curb to Gate*. Acuity MI. <https://www.acuitymi.com/product-page/the-airport-automated-biometric-facilitation-report-from-curb-to-gate>
5. **Advantech**. *Railway Improves Passenger Experience and Generates Passenger Data Using Onboard Infotainment*. (2018, 15 febrero).
<https://buy.advantech.eu/CMS/CmsDetail.aspx?CMSID=606c6093-ca87-4706-90ca-e86ae1a32c55>
6. **Aquae**. (2020, 30 marzo). *¿Cuánta contaminación produce el coche?* Fundación Aquae.
<https://www.fundacionaquae.org/cuanto-contaminan-los-coches/>
7. **Arana, I.** (2016, 26 septiembre). *Anbot, el primer robot policía de un aeropuerto en China*. ELMUNDO.
<https://www.elmundo.es/economia/2016/09/26/57e8f936468aeb2e7e8b45eb.html>
8. **Are robotic terminals the future of aviation?** / *airport robots* /. (2019, 15 noviembre). Allerin. <https://www.allerin.com/blog/are-robotic-terminals-the-future-of-aviation>
9. **Asociación Ferroviaria Española**. (2019, 19 mayo). *La liberalización ferroviaria en el horizonte de 2020*. Mafex Magazine. <http://magazine.mafex.es/la-liberalizacion-ferroviaria-en-el-horizonte-de-2020/>
10. **Atos**. (2014, abril). *The Connected Train*.

11. **Borad, A.** (2019, 11 diciembre). *How Retail Video Analytics Enhances Customer Experience | Product Engineering Blog | Video Analytics Blog ... crazyblog.*
<https://www.einfochips.com/blog/retail-video-analytics-enhances-customer-experience/>
12. **Burton, B.** (2017, 10 julio). *Robots to haul luggage, and fight crime, in train stations.*
 CNET. <https://www.cnet.com/news/robots-japan-railways-jre-robotics-station/>
13. **Canada Border Services Agency.** (2019, 29 enero). *Travellers - Automated Border Clearance.* CBSA. <https://www.cbsa-asfc.gc.ca/travel-voyage/abc-cfa-eng.html>
14. **Chheda, S., Duncan, E., & Roggenhofer, S.** (2016). *Putting customer experience at the heart of next-generation operating models.* McKinsey&Company.
15. **Chinn, D., Lotz, C., Speksnijder, L., & Stern, S.** (2020, 5 junio). *Restoring public transit amid COVID-19: What European cities can learn from one another.* McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/industries/travel-logistics-and-transport-infrastructure/our-insights/restoring-public-transit-amid-covid-19-what-european-cities-can-learn-from-one-another>
16. **CNMC.** (2019, julio). *ESTUDIO SOBRE LA LIBERALIZACIÓN DEL TRANSPORTE DE VIAJEROS POR FERROCARRIL.* Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia. https://www.cnmc.es/sites/default/files/2554930_14.pdf
17. **CNMC.** *La CNMC aprueba los Acuerdos Marco a largo plazo entre ADIF e ILSA y Rielsfera | CNMC.* (2020, 30 agosto). Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia. <https://www.cnmc.es/prensa/acuerdo-marco-adif-ilsa-rielsfera-20200407>
18. **Comisión Europea.** (2019). *Informe de la comisión al parlamento europeo y al consejo. Sexto informe de seguimiento de la evolución del mercado ferroviario.*
19. **CrowdVision - Automated passenger tracking using video analytics.** (2019, 23 julio). CrowdVision. <https://www.crowdvision.com/solutions-airports/#tab6>
20. **Datamining (Minería de datos).** (2017). Sinergia. https://www.sinnexus.com/business_intelligence/datamining.aspx

- 21. de Torre, L.** (2019, 13 junio). *5G: así cambiará nuestra vida la nueva tecnología móvil*. LOM. <https://www.laopiniondemalaga.es/vida-y-estilo/tecnologia/2019/06/12/5g-cambiara-vida-nueva-tecnologia/1094988.html>
- 22. Dell’Asin, G.** (2018, 13 noviembre). *Pedestrian Patterns at Railway Platforms during Boarding: Evidence from a Case Study in Switzerland*. *Journal of Advanced Transportation*. <https://www.hindawi.com/journals/jat/2018/4079230/>
- 23. El Covid-19 también roba a Sevilla el AVE de bajo coste.** (2020, 14 junio). ABC. https://sevilla.abc.es/sevilla/sevi-covid-19-tambien-roba-sevilla-bajo-coste-202006140817_noticia.html
- 24. Eugen Zahariaa, S., & Venera Pietreanub, C.** (2018). *Challenges in airport digital transformation* (35 (2018) 90–99). Elsevier.
- 25. European Commission.** (2013). *Report from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions on the implementation of the provisions of Directive 2007/58/EC on the opening of the market of international rail passenger transport accompanying the Communication to the Council and the European Parliament on the fourth Railway Package*. EC.
- 26. European Commission.** (2020, junio). *REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL establishing measures for a sustainable rail market in view of the COVID-19 pandemic*. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/docs_autres_institutions/commission_europeenne/com/2020/0260/COM_COM\(2020\)0260_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/docs_autres_institutions/commission_europeenne/com/2020/0260/COM_COM(2020)0260_EN.pdf)
- 27. European Parliamentary Research Service, & Scordamaglia, D.** (2019, febrero). *Digitalisation in railway transport. A lever to improve rail competitiveness*. EPRS. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/635528/EPRS_BRI\(2019\)635528_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/635528/EPRS_BRI(2019)635528_EN.pdf)
- 28. European’s Union Horizon 2020 research and innovation programme.** (2020). *Analysing Big Data for Airports improves circulation and increases airport sales |*

- Transforming Transport project*. Transforming Transport.
<https://transformingtransport.eu/blog/analysing-big-data-airports-improves-circulation-and-increases-airport-sales>
- 29. Eurostat.** (2020). Eurostat. <https://ec.europa.eu/eurostat/home?>
- 30. Fernández, M.** (2020, 16 enero). El ferrocarril en España. *La Vanguardia*.
<https://www.lavanguardia.com/historiayvida/historia-contemporanea/20180920/47312534370/el-ferrocarril-en-espana.html>
- 31. Fernández, M.** (2020, 16 enero). *El ferrocarril en España*. La Vanguardia.
<https://www.lavanguardia.com/historiayvida/historia-contemporanea/20180920/47312534370/el-ferrocarril-en-espana.html>
- 32. Ferroviario** / *Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana*. (2019). Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. <https://www.mitma.gob.es/ferroviario>
- 33. Flanagan, B.** (2019, 15 septiembre). *Big data at Dubai airport: it's everywhere*. WIRED Middle East. <https://wired.me/technology/artificial-intelligence/dubai-airport-big-data-passenger/>
- 34. Fundación de los ferrocarriles españoles, & Tauler&Equipo, Á.** (2016). *Informe 2016. Observatorio del Ferrocarril en España*. Ministerio de Fomento.
- 35. Future Travel Experience.** (2017, 12 octubre). *Sydney Airport's new technology strategy starting to pay off*. <https://www.futuretravelexperience.com/2017/10/sydney-airports-new-technology-strategy-starting-to-pay-off/>
- 36. Ganesan, V.** (2019, 13 febrero). *Video meets the Internet of Things*. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/industries/technology-media-and-telecommunications/our-insights/video-meets-the-internet-of-things>
- 37. García Alvarez, A.** (2016, agosto). *Explotación comercial y operación de los servicios de transporte de viajeros por ferrocarril*. Fundación de los Ferrocarriles Españoles.

- 38. García, M.** (2016, 8 febrero). *Miami Airport Becomes One of the First to Connect Consumers With Beacons*. Skift. <https://skift.com/2016/02/09/miamis-airport-becomes-one-of-the-first-to-connect-consumers-with-beacons/>
- 39. Ginés, G.** (2019, 29 noviembre). *Así te afectará la liberalización del AVE*. abc. https://www.abc.es/economia/abci-afectara-liberalizacion-201911272049_noticia.html
- 40. Global Railway Review.** *What are European railways delivering to enhance passenger experience?* (2019, 31 julio). <https://www.globalrailwayreview.com/article/80383/passenger-experience-rail-attractive/>
- 41. Global Railway Review.** *On-board infotainment: enhancing the rail passenger experience*. (2017, 6 noviembre). <https://www.globalrailwayreview.com/article/30571/infotainment-rail-passenger-experience/>
- 42. González, J.** (2019, 6 febrero). *¿Cuál es la diferencia entre 5G y Wi-Fi 5 GHz?* Culturación. <https://culturacion.com/cual-es-la-diferencia-entre-5g-y-wi-fi-5-ghz/>
- 43. Hewitt, M.** (2018). *Transportation – How will big data change the face of rail travel?* - Solutions Site | Panasonic Business. Panasonic Company. <https://business.panasonic.ro/loesungen/news/transportation-how-will-big-data-change-the-face-of-rail-travel#>
- 44. Hitachi presents future train station concept, including robots and real-time service adjustments.** (2019, 15 octubre). Smart Cities World. <https://www.smartcitiesworld.net/news/news/hitachi-presents-future-train-station-concept-including-robots-and-real-time-service-adjustments-4684>
- 45. Hockley, L.** (2019, 27 febrero). *Big data facilitating the working towards a smart future*. International Airport Review. <https://www.internationalairportreview.com/article/77340/working-towards-smart-future/>

- 46. Humanoid Robot Market.** (2017). Industry Analysis and Market Size Forecast to 2023 | MarketsandMarkets™. <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/humanoid-robot-market-99567653.html>
- 47. IFR.** (2020). *International Federation of Robotics*. IFR International Federation of Robotics. <https://ifr.org/>
- 48. Indra.** (2019, marzo). *INDRA ANALYZE THE USE OF BIG DATA TO INCREASE SALES BEFORE DEPARTURE*. <https://www.indracompany.com/en/noticia/indra-analyze-use-big-data-increase-sales-departure>
- 49. Institute of Electrical and Electronics Engineers.** (2019, febrero). *MWC Barcelona 2019: 5G Is Putting Robots' Heads in the Cloud*. IEEE Spectrum: Technology, Engineering, and Science News. <https://spectrum.ieee.org/telecom/wireless/mwc-barcelona-2019-5g-is-putting-robots-heads-in-the-cloud>
- 50. Intelligence, S.** (2018, 5 junio). *A bunch of average app revenue data... and why you should ignore it*. Medium. https://medium.com/@sm_app_intel/a-bunch-of-average-app-revenue-data-and-why-you-should-ignore-it-2bea283d37fc
- 51. International Union of Railways, & Loubinoux, J.-P.** (2019). *Smart stations in smart cities. Intelligent & Resilient*. UIC.
- 52. Journalist, I.** (2018, 4 abril). *How Australia's airports are using new technologies*. Infrastructure Magazine. <https://infrastructuremagazine.com.au/2017/11/06/how-australias-airports-are-using-new-technologies/>
- 53. JR East's new Takanawa Gateway Station to feature robot guide and unstaffed convenience store.** (2019, 4 diciembre). The Japan Times. <https://www.japantimes.co.jp/news/2019/12/04/business/jr-east-s-new-takanawa-gateway-station-feature-robot-guide-unstaffed-convenience-store/#.XgCpW0dKg2w>
- 54. Kearney.** (2019, septiembre). *Nuevo modelo de explotación comercial de estaciones. Plan integral de estaciones de viajeros. Plan Estratégico 2019*. AT Kearney.

- 55. Kemmeter, F.** (2019, 29 noviembre). *C'est acquis : Trenitalia et SNCF vont libéraliser la grande vitesse espagnole*. Mediarail.be - Rail Europe News.
<https://mediarail.wordpress.com/2019/11/28/cest-acquis-trenitalia-et-sncf-vont-liberaliser-la-grande-vitesse-espagnole/>
- 56. Lucas Young, business development manager, transport, Axis Communications.** (2019, 27 noviembre). The evolving role of video surveillance in airport security. *Passenger Terminal Today*. <https://www.passengerterminaltoday.com/opinion/the-evolving-role-of-video-surveillance-in-airport-security.html>
- 57. MarketWatch.** *Video analytics and intelligent video surveillance - Market and technologies*. (2019, 13 agosto). <https://www.marketwatch.com/press-release/video-analytics-and-intelligent-video-surveillance-market-andtechnologies-security-andcivilian-markets-market-drivers-restraints-and-opportunities-2015-to-2020-2019-08-13%C2%AC>
- 58. McKinsey&Company, Ehrlich, O., Fanderl, H., & Habrich, C.** (2017, mayo). *Mastering the digital advantage in transforming customer experience*. McKinsey&Company.
- 59. Mckinsey&Company, Hannon, E., McKerracher, C., Orlandi, I., & Ramkumar, S.** (2016, octubre). *An integrated perspective on the future of mobility*. Mckinsey&Company.
- 60. Ministerio de Fomento.** (2019, marzo). *Informe del observatorio de transporte y logística de España*. Ineco.
- 61. Morán, C.** (2019, 20 octubre). *Renfe dispara la oferta de AVE para ganar el lote estrella de la liberalización*. EXPANSION.
<https://www.expansion.com/empresas/transporte/2019/10/20/5dac7e77468aeb5f4e8b4580.html>
- 62. Morant, S.** (2017, noviembre). *Putting the personal touch into passenger communication*. Bentley.

- 63. Murison, M.** (2018, 28 octubre). *Robots introduced to rail platforms in the UK and Japan*. Internet of Business. <https://internetofbusiness.com/train-robots-uk-japan/>
- 64. Observatorio del Ferrocarril en España.** (2019, diciembre). *Evolución de la oferta (trenes-kilómetro) de transporte ferroviario de viajeros por tipo de servicio*. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.
- 65. Observatorio del Ferrocarril en España.** (2019a, diciembre). *Evolución del transporte ferroviario de viajeros (viajeros-kilómetro) por tipo de servicio*. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.
- 66. Observatorio del Ferrocarril en España.** (2019b, diciembre). *Relación viajeros-kilómetro/trenes-kilómetro por tipo de servicio*. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana.
- 67. Observatorio del Ferrocarril en España, & Tauler & Equipo, Á.** (2018). *Informe 2017*. Ministerio de Fomento.
- 68. OTLE - Ministerio de Fomento.** (2019, marzo). *Informe Anual 2018*. Ineco.
- 69. Pascu, L.** (2020, 14 enero). *Face biometrics deployed for train station security in Asia, Germans pushback on public surveillance*. Biometric Update.
<https://www.biometricupdate.com/202001/face-biometrics-deployed-for-train-station-security-in-asia-germans-pushback-on-public-surveillance>
- 70. PDA.** (2016). *Modelos de Negocio en la Aviación Comercial*.
- 71. Pérez, C.** (2020, 15 enero). *Diez preguntas -y respuestas- ante la liberalización ferroviaria*. KPMG Tendencias. <https://www.tendencias.kpmg.es/2020/01/respuestas-liberalizacion-ferroviaria/>
- 72. Pieriegud, J., & Department of Transport SGH Warsaw School.** (2018). *Digital Transformation of Railways*. Siemens Sp.
- 73. Precio Pepper.** (2018). Aliverobots. <https://aliverobots.com/precio-pepper/>
- 74. Price, D.** (2019, 26 noviembre). *CloudTweaks | How Big Data Is Changing Air Travel*. CloudTweaks. <https://cloudtweaks.com/2014/04/big-data-changing-air-travel/page/3/>

- 75. PricewaterhouseCoopers (pwc).** (2019, julio). *Perspectivas del futuro de la movilidad urbana en España*.
https://www.ecestaticos.com/file/a1a1a3824bef7d8e1f9cde3fb5bf88b9/1571410897-estudio_perspectivas-de-futuro-de-la-movilidad-urbana.pdf
- 76. Prysock, M.** (2018, 7 febrero). *How New Video Surveillance Technology Boosts Airport Security and Operations*. Modern Surveillance.
<https://www.securityinformed.com/insights/surveillance-video-technology-boosts-airport-securityppelco-co-1286-ga.1515586588.html>
- 77. R., C.** (2019, 26 noviembre). *Estos serán los nuevos rivales de Renfe tras la liberalización del AVE*. Economía Digital. https://www.economiadigital.es/directivos-y-empresas/adjudicatarios-liberalizacion-ave_20013290_102.html
- 78. Railway Technology.** (2018, febrero). *Smart railway stations: how cities are creating «living» transport hubs*.
- 79. Rais, A.** (2019, 16 octubre). *Robots to soon dominate airports*. MM International.
<https://www.maschinenmarkt.international/robots-to-soon-dominate-airports-a-874455/>
- 80. Roland Berger.** (2015, 17 marzo). *The digital transformation industry*.
<https://www.rolandberger.com/en/Publications/The-digital-transformation-industry.html>
- 81. Sagina, I. J.** (2018, 6 diciembre). *Big Data in aviation: Six trending technologies*. Big Data Made Simple. <https://bigdata-madesimple.com/big-data-in-aviation-six-trending-technologies/>
- 82. Salvatierra, J.** (2020, 3 agosto). *EL PAÍS: el periódico global*. EL PAÍS: el periódico global. <https://elpais.com/economia/2020-08-03/la-llegada-de-turistas-cae-un-977-en-junio-y-cierra-el-semester-mas-negro-para-el-sector.html>
- 83. Scordamaglia, D.** (2019, febrero). *Digitalisation in railway transport A lever to improve rail competitiveness* (PE 635.528). European Parliamentary Research Service.
- 84. Spanish Railway Yearbook 2019 Anuario del Ferrocarril.** (2020). *Report on the rail sector*. https://www.vialibre-ffe.com/pdf/Informe_2019_01.pdf

- 85. SPEC INDIA.** (2019, 22 agosto). *Beacons At Airport: The Next Big Thing In The Airlines Industry*. <https://www.spec-india.com/blog/beacons-at-airport-the-next-big-thing-in-the-airlines-industry>
- 86. Technology Magazine.** (2020). *Technology Magazine -The Platform for Digital Transformation*. Technology Magazine -The Platform for Digital Transformation. <https://www.technologymagazine.com/>
- 87. Th, R.** (2020, 19 febrero). *Josie Pepper, la robótica asistente personal del aeropuerto de Múnich*. TecnoHotel. <https://tecnohotelnews.com/2018/03/08/josie-pepper-robot-humanoide/>
- 88. Tren y Rail.** (2020, 17 julio). *La pandemia de Covid-19 no detiene la liberalización ferroviaria, pero si presenta nuevos escenarios*. TRail. <https://www.trenyrail.com/la-pandemia-de-covid-19-no-detiene-la-liberalizacion-ferroviaria-pero-si-presenta-nuevos-escenarios/>
- 89. Turner, J.** (2020, 10 julio). *The fifth element: how 5G is set to revolutionise the railways*. Railway Technology. <https://www.railway-technology.com/features/5g-railways/>
- 90. UIC - International Union of Railways.** (2020, marzo). *MANAGEMENT OF COVID-19 GUIDANCE FOR RAILWAY STAKEHOLDERS*. <https://uic.org/IMG/pdf/guidance-for-railway-stakeholders.pdf>