COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA
ICAI

TRABAJO FIN DE MÁSTER

ESTRUCTURA DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA EN LA EMPRESA FERROVIARIA EUROPEA. CASOS DE INTERÉS: FRANCIA, ALEMANIA, ESPAÑA.

Autor: Lucía Mariela Masi

Director: Santos Núñez del Campo

Madrid, 2021

ESTRUCTURA DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA EN LA EMPRESA FERROVIARIA EUROPEA. CASOS DE INTERÉS: FRANCIA, ALEMANIA, ESPAÑA.

Autor: Masi, Lucía Mariela.
Director: Núñez del Campo, Santos.
Entidad Colaboradora: Renfe

RESUMEN DEL PROYECTO

En el presente trabajo se analiza la estructura de la gestión energética de las empresas ferroviarias europeas Renfe, SNCF y DB, con el objetivo de que Renfe pueda cambiar su modalidad de gestión energética, continuando con la reducción su huella de CO_2 a la vez que disminuyendo sus costes energéticos. Luego del análisis, se comprueba la viabilidad de implementar el cambio y se sugiere seguir los modelos de Francia y Alemania.

Palabras clave: gestión energética, ferrocarril, huella de CO_2, costes energéticos

1. Introducción

En las últimas décadas, el consumo de energía para el transporte de pasajeros y mercancías se ha disparado junto con la demanda de transporte. Esto ejerce una fuerte presión sobre los recursos de combustibles fósiles, generando de esta manera un aumento de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) [1]. En España el 29% de las emisiones de CO_2 provienen del transporte, transformándose así en el principal sector emisor de este gas [2].
El ferrocarril es un medio de transporte que es muy eficiente energéticamente en comparación con otros modos de transporte motorizado. Su eficiencia, sumada a que los ferrocarriles se encuentran electrificados en gran medida, hace que emitan mucho menos CO_2 que el transporte aéreo o de carretera (Figura1) [1] [3]. Es por ello que este medio de transporte es fundamental en la protección contra el clima, y a su vez es muy importante que siga avanzando en su electrificación y mejorando su eficiencia energética. Esto último también es importante en términos económicos ya que los costes energéticos han aumentado significativamente en los últimos años [1].

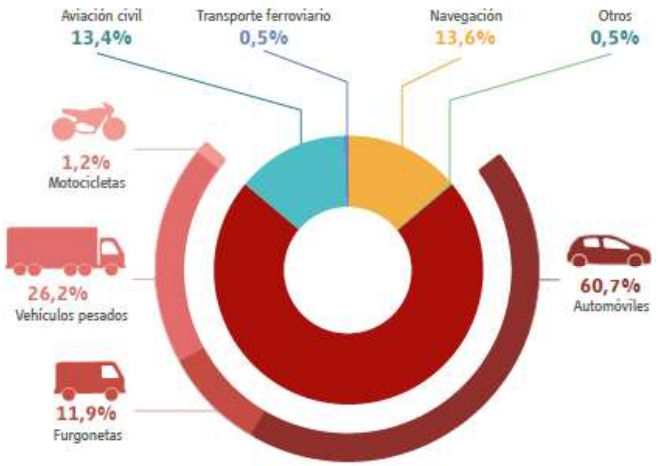

Figura 1. Emisiones de CO_2 generadas por el transporte en la UE.

Fuente:[4]

2. Motivación y definición del trabajo

En España la principal operadora de la red ferroviaria es Renfe, quien se encarga de prestar el servicio de transporte de viajeros y mercancías. Mientras Adif es la responsable de la administración de su infraestructura [4].

En 2019 se aprobó el *Plan Director de Lucha Contra el Cambio Climático 2018-2030* elaborado por dos estas entidades. En él se plantearon objetivos alineados con las políticas europeas tanto para el sistema ferroviario, a través de acciones de eficiencia energética y descarbonización, y de la compra de energía verde con Garantía de Origen Renovable; como para el sector transporte, por la transferencia modal al ferrocarril [5]. Asimismo, a finales del 2020 Renfe se interesó por la actualización de dicha estrategia con el fin de reducir su huella de CO_2 y los costes energéticos de la energía de tracción, que actualmente compra a través de Adif, pero cuyo coste es muy elevado [6].

La legislación española obliga a Renfe a comprar la energía de tracción a Adif, es decir, Renfe no tiene posibilidad de acceder directamente al mercado. Sin embargo, en otros países las empresas ferroviarias pueden comprar la energía tanto al gestor de infraestructuras como a cualquier comercializadora.

Es por ello que el propósito de este trabajo es realizar un benchmark internacional -entre Francia, Alemania y España- sobre la gestión energética de sus operadores ferroviarios, incluyendo la perspectiva de empresa de servicios energéticos internos y externos, y de optimización de la compra energética renovable.

Este estudio tiene como objetivo analizar la estrategia de compra de energía en dichos países, para lograr que Renfe pueda cambiar su modalidad de gestión energética continuando con la reducción de su huella de CO_2 a la vez que disminuyendo sus costes energéticos.

3. Metodología

Para estudiar la gestión energética de las empresas ferroviarias de los tres países, analizar la estrategia de compra de energía de las empresas alemana y francesa, y evaluar la viabilidad del cambio en la gestión que lleva Renfe, se realizó una extensa búsqueda bibliográfica. Esta incluyó, tanto la consulta de material digital vía internet como en la biblioteca del Museo del Ferrocarril de Madrid. Además, una entrevista al Responsable Corporativo de Sostenibilidad y Medio Ambiente de Renfe.

Se han recopilado datos generales de los tres países como: tamaño de sus redes ferroviarias y empresas encargadas de su operación e infraestructuras. Se ha investigado acerca de las empresas ferroviarias Renfe (España), Deutsche Bahn (Alemania) y SNCF (Francia). De cada una de ellas se buscaron las filiales que integran su grupo, los servicios que prestan, su dimensión económica y su consumo energético.

Además, se investigó sobre la estrategia empresarial que cada una lleva referida a la compra de energía y se analizaron sus alianzas estratégicas en este ámbito. Por último, se expusieron las iniciativas y los desarrollos futuros que cada una de las empresas posee en lo que implica su compromiso con el medio ambiente en términos de reducción de emisiones.

4. Resultados

A continuación se muestran algunos de los datos recopilados (Tabla 1) y se enuncia la información más relevante para analizar la viabilidad y el modo en qué Renfe podría cambiar su gestión energética para lograr seguir reduciendo su huella de CO_2 a la vez que disminuyendo sus costes energéticos.

	Renfe	SNCF	DB
Tamaño de la red ferroviaria en 2019 (km)	15.392	30.000	33.000
Total de ingresos en 2019 (mil millones de euros)	4,1	35,1 (1/3 fuera de Francia)	44,4
Pasajeros/km al año del ferrocarril (millones)	28.718 (en 2019)	107.886 (en 2017)	99.200 (en 2018)
Transporte mercancías (millones toneladas/km)	6.201 (en 2019)	32.125 (en 2017)	118.000 (en 2018)
Consumo de energía de tracción (GWh)	3172,1 (en 2019)	8.400+ (en 2017)	7.986 (en 2019)

Tabla 1. Datos recopilados de las tres empresas ferroviarias. Fuente: elaboración propia [4][8][9]

En primer lugar, se destacan las acciones y los proyectos que las tres empresas están desarrollando para disminuir sus consumos energéticos y emisiones. Entre ellas se encuentran:

- Conducción ecológica (optimización del frenado, sistema automático de parada/reinicio del motor, regulación del uso de la energía en función de la cantidad de pasajeros).
- Valorización de la energía de frenado en sus trenes
- Desarrollo de combustibles alternativos (agrocombustibles)
- Desarrollo de trenes híbridos
- Desarrollo del tren de hidrógeno
- Desarrollo y compra de energías renovables [7-9]

En segundo lugar, se percibe la diferencia en la gestión energética que presentan las empresas ferroviarias francesa y alemana. Ambas poseen filiales encargadas de la gestión energética, lo que les otorga la posibilidad de acceder a la compra a terceros. En el caso de Francia su filial presta servicios de suministro energético internos, tanto a través de la generación como la compra; mientras que en caso de Alemania presta también servicios externos, incluyendo además servicios de consultoría y técnicos. Asimismo, ambas van aumentando constantemente la cuota de energías renovables.

Por último, se destaca la estrategia la que están llevando tanto DB como SNCF, que es la de los contratos de compra de energía renovable a largo plazo (PPA). Esta, además de promover la construcción de infraestructuras de producción de energía renovable, hace que su precio sea competitivo y estable [8,9].

5. Conclusiones

Los ferrocarriles son una de las mejores soluciones de movilidad para afrontar el cambio climático, es por ello que su gestión energética sostenible es fundamental. En este sentido la eficiencia energética es un factor clave debido a que, optimizar el consumo de energía

contribuye a la disminución de las emisiones de los gases de efecto invernadero responsables del calentamiento global. Al mismo tiempo, la eficiencia energética trae aparejada una disminución de costes para las empresas ferroviarias que se enfrentan a frecuentes aumentos en el precio de la energía.

Si se analiza la gestión energética de las empresas en estudio, puede verse que las tres están llevando a cabo numerosas acciones para disminuir sus consumos energéticos y emisiones.
La principal diferencia de Renfe respecto a SNCF y DB radica en el hecho de que ambas empresas posean filiales encargadas de la gestión energética, de servicios internos en el caso de SNCF, e internos y externos en el de DB. Esto les otorga la posibilidad de acceder a la compra a terceros. Así, el precio al que pagan la energía se encuentra más regulado y es inferior. En cambio, la empresa española Renfe, al depender de Adif (empresa externa al grupo) para el suministro de energía de tracción, la consigue a un precio superior, incluso que el del mercado.

Una buena estrategia que vienen implementando tanto SNCF como DB es la de los PPA. El compromiso a largo plazo es una condición necesaria para la competitividad del precio de venta de la electricidad. Con este tipo de contratos las empresas ferroviarias se aseguran que dicho precio sea competente y más estable ante las fluctuaciones que suele tener. Además, la compra a largo plazo de hecho permite la construcción de nuevas infraestructuras de producción renovable y, por lo tanto, tiene un efecto real, directo y duradero en la transición energética. También, reducir los gastos en la compra de energía podría llevar incluso a invertir estos ahorros tanto en I+D para seguir mejorando la eficiencia energética y la generación, como en el aumento de la participación del ferrocarril en el sector transporte, lo que derivaría en una disminución del impacto medioambiental que genera este sector.
Se cree que Renfe debería replantearse una mayor autonomía energética y aspirar a tener una estructura energética diferenciada, que pueda ser interna como en el caso de Francia, o externa como en el caso de Alemania; y sobre todo que preste una cartera de servicios que no solamente haga rentable su funcionamiento a través de la mejora de la eficiencia energética, que puede ser muy grande, sino también lo sea teniendo en cuenta la posibilidad de ofrecer servicios externos. Es por ello que se recomienda realizar un estudio en profundidad a la vista de que esto es factible como puede verse que se está realizando en Francia y Alemania. Además se ve factible su implementación a corto plazo, teniendo en cuenta que la reforma de la Ley del Sector Ferroviario se encuentra en revisión y que se espera que en los próximos meses pase al Congreso

6. Referencias

[1] C. Chéron, «ERRAC – European railway energy roadmap: towards 2030,» SNCF Innovation and Research Department, Paris, France., 2011.

[2] Ambientum, *La importancia del ferrocarril como transporte sostenible,* 2017.

[3] BBVA, *El papel del ferrocarril en la apuesta por la movilidad sostenible,* 2021.

[4] RENFE, *https://www.renfe.com/es/es/grupo-renfe/grupo-renfe* , 2021.

[5] Adif, *Plan de lucha contra el cambio climático,* 2018, p. 23.

[6] S. N. d. Campo, *Responsable Corporativo de Sostenibilidad y Medio Ambiente de la compañía Renfe,* Madrid, 2021.

[7] Réseau Durable, Olivier Menuet : "Le train est du côté des solutions dans la réponse à l'urgence climatique", 2019.

[8] SNCF, https://www.sncf.com/fr/groupe/profil-et-chiffres-cles, 2021

[9] DB, *https://gruen.deutschebahn.com/de* , 2021.

STRUCTURE OF ENERGY MANAGEMENT IN THE EUROPEAN RAILWAY COMPANY. CASE STUDIES: FRANCE, GERMANY, SPAIN.

Author: Masi, Lucía Mariela.
Supervisor: Núñez del Campo, Santos.
Collaborating Entity: Renfe

ABSTRACT

This paper analyses the energy management structure of the European railway companies Renfe, SNCF and DB, with the aim of enabling Renfe to change its energy management modality, continuing to reduce its CO_2 footprint while decreasing its energy costs. After the analysis, the feasibility of implementing the change is tested and it is suggested to follow the French and German models.

Keywords: energy management, railways, CO_2 footprint, energy costs

1. Introduction

In the last decades, energy consumption for passenger and freight transport has boomed along with the demand for transport. This puts strong pressure on fossil fuel resources, generating an increase in greenhouse gas (GHG) emissions [1]. In Spain, 29% of CO_2 emissions come from transport, making it the main CO_2 emitting sector (Figure 1) [2]. Rail is a very energy-efficient mode of transport compared to other motorised modes of transport. Its efficiency, added to the fact that railways are largely electrified, means that they emit much less CO_2 than air or road transport [1] [3]. This is why this mode of transport is essential for climate protection, and it is also very important that further progress is made in electrifying it and improving its energy efficiency. This is also important in economic terms as energy costs have increased significantly in recent years [1].

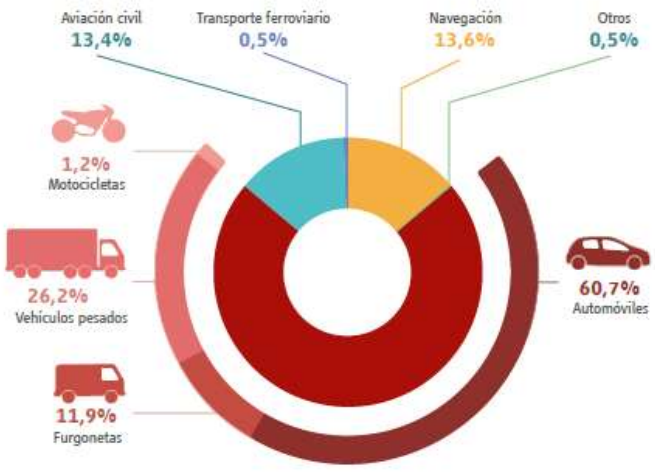

Figure 1. CO_2 emissions from transport in the EU. Source:[4]

2. Motivation and definition of the project

In Spain, the main operator of the railway network is Renfe, which is responsible for providing passenger and freight transport services. Adif is responsible for the administration of its infrastructure [4].

In 2019, the Master Plan to Combat Climate Change 2018-2030 was approved by two of these entities. It set out objectives aligned with European policies both for the railway system, through energy efficiency and decarbonisation actions, and the purchase of green energy with a Guarantee of Renewable Origin; and for the transport sector, through modal transfer to rail [5]. Also, at the end of 2020, Renfe was interested in updating this strategy in order to reduce its CO_2 footprint and the energy costs of traction energy, which it currently purchases through Adif, but the cost of which is very high [6].

Spanish legislation obliges Renfe to purchase traction energy from Adif, Renfe has no direct access to the market. However, in other countries, railway companies can buy energy either from the infrastructure manager or from any other supplier.

This is why the purpose of this work is to carry out an international benchmark - between France, Germany and Spain - on the energy management of their railway operators, including the perspective of internal and external energy service companies, and the optimisation of renewable energy purchases.

This study aims to analyse the energy procurement strategy in these countries, in order to enable Renfe to change its energy management modality and continue to reduce its CO_2 footprint while lowering its energy costs.

3. Metodology

In order to study the energy management of the railway companies in the three countries, to analyse the energy purchasing strategy of the German and French companies, and to assess the feasibility of the change in management carried out by Renfe, an extensive bibliographic search was carried out. This included consulting digital material on the Internet and in the library of the Railway Museum in Madrid. In addition, an interview was carried out with Renfe's Corporate Head of Sustainability and Environment.

General data was collected for the three countries, such as the size of their railway networks and the companies in charge of their operation and infrastructures. Research was carried out on the railway companies Renfe (Spain), Deutsche Bahn (Germany) and SNCF (France). For each of them, research was carried out on the subsidiaries that make up their group, the services they provide, their economic dimension and their energy consumption.

In addition, research was done on each company's business strategy regarding energy procurement and their strategic alliances in this field were analysed. Finally, the initiatives and future developments that each of the companies has in terms of their commitment to the environment in terms of reducing emissions were presented.

4. Results

Below are some of the data collected (Table 1) and the most relevant information to analyse the feasibility and how Renfe could change its energy management to further reduce its CO2 footprint while reducing its energy costs.

	Renfe	SNCF	DB
Size of the rail network in 2019 (km)	15.392	30.000	33.000
Total revenue in 2019 (EUR billion)	4,1	35,1	44,4
Rail passenger-km/year (millions)	28.718 (in 2019)	107.886 (in 2017)	99.200 (in 2018)
Freight transport (million tonnes/km)	6.201 (in 2019)	32.125 (in 2017)	118.000 (in 2018)
Traction energy consumption (GWh)	3172,1 (in 2019)	8.400+ (in 2017)	7.986 (in 2019)

Table 1. Data collected from the three railway undertakings. Source: own elaboration [4][8][9]

Firstly, the actions and projects that the three companies are developing to reduce their energy consumption and emissions are highlighted. These include:

- Eco-driving (optimisation of braking, automatic engine stop/restart system, regulation of energy use according to the number of passengers).
- Recovery of braking energy in its trains.
- Development of alternative fuels (agrofuels).
- Development of hybrid trains
- Development of hydrogen trains
- Development and purchase of renewable energies [7-9].

Secondly, there is a difference in energy management between the French and German railway companies. Both have subsidiaries in charge of energy management, which gives them the possibility of purchasing from third parties. In the case of France, its subsidiary provides internal energy supply services, both through generation and purchasing, while in the case of Germany, it also provides external services, including consultancy and technical services. Both are also steadily increasing their share of renewable energies.

Finally, both DB and SNCF are pursuing a strategy of long-term renewable energy purchase agreements (PPAs). This not only promotes the construction of renewable energy production infrastructures, but also makes their price competitive and stable [8,9].

5. Conclusions

Railways are one of the best mobility solutions for tackling climate change, which is why their sustainable energy management is essential. In this sense, energy efficiency is a key factor because optimising energy consumption contributes to the reduction of greenhouse gas emissions responsible for global warming. At the same time, energy efficiency brings cost reductions for railway companies facing frequent increases in energy prices.

If the energy management of the companies under study is analysed, it can be seen that all three are carrying out numerous actions to reduce their energy consumption and emissions.

The main difference between Renfe and SNCF and DB lies in the fact that both companies have subsidiaries in charge of energy management, internal services in the case of SNCF, and internal and external services in the case of DB. This gives them access to third party purchasing. Thus, the price at which they pay for energy is more regulated and lower. On the other hand, the Spanish company Renfe, which depends on Adif (a company external to the group) for the supply of traction energy, obtains it at a higher price, even more than the market price.

A good strategy being implemented by both SNCF and DB is that of PPAs. Long-term commitment is a necessary condition for the competitiveness of the electricity sales price. With this type of contract, the railway companies ensure that the price is competent and more stable in the face of fluctuations. In addition, long-term procurement actually enables the construction of new renewable production infrastructures and thus has a real, direct and lasting effect on the energy transition. Also, reducing energy procurement costs could even lead to investing these savings both in R&D to further improve energy efficiency and generation, and in increasing the share of rail in the transport sector, which would result in a reduction of the environmental impact generated by this sector.

It is believed that Renfe should reconsider greater energy autonomy and aspire to have a differentiated energy structure, which could be internal as in the case of France, or external as in the case of Germany; and above all, that it should provide a portfolio of services that not only makes its operation profitable through the improvement of energy efficiency, which can be very important, but also takes into account the possibility of offering external services. It is therefore recommended that an in-depth study be carried out in view of the fact that this is feasible, as can be seen to be the case in France and Germany. Moreover, its implementation seems feasible in the short term, taking into account that the reform of the Railway Sector Law is currently under review and is expected to pass through Congress in the coming months.

6. References

[1] C. Chéron, «ERRAC – European railway energy roadmap: towards 2030,» SNCF Innovation and Research Department, Paris, France., 2011.

[2] Ambientum, *La importancia del ferrocarril como transporte sostenible,* 2017.

[3] BBVA, *El papel del ferrocarril en la apuesta por la movilidad sostenible,* 2021.

[4] RENFE, *https://www.renfe.com/es/es/grupo-renfe/grupo-renfe* , 2021.

[5] Adif, *Plan de lucha contra el cambio climático,* 2018, p. 23.

[6] S. N. d. Campo, *Responsable Corporativo de Sostenibilidad y Medio Ambiente de la compañía Renfe,* Madrid, 2021.

[7] Réseau Durable, Olivier Menuet : “Le train est du côté des solutions dans la réponse à l’urgence climatique”, 2019.

[8] SNCF, https://www.sncf.com/fr/groupe/profil-et-chiffres-cles, 2021

[9] DB, *https://gruen.deutschebahn.com/de* , 2021.

Índice de la memoria

Capítulo 1. Introducción ***4***

Capítulo 2. Motivación y definición del trabajo ***7***

Capítulo 3. Datos principales ***9***

3.1 Red ferroviaria española 9

3.2 Red ferroviaria francesa 12

3.3 Red ferroviaria alemana 13

3.4 Consumos energéticos 15

Capítulo 4. Estrategia empresarial ***17***

Capítulo 5. Cartera de servicios ***19***

Capítulo 6. Alianzas estratégicas ***23***

Capítulo 7. Iniciativas y desarrollos futuros ***26***

7.1 SNCF 26

7.2 Deutsche Bahn 28

7.3 RENFE 30

Capítulo 8. Conclusiones ***32***

Capítulo 9. Integración de los ODS al TFM ***35***

Capítulo 10. Bibliografía ***37***

Índice de figuras

Figura 1. Emisiones de CO_2 generadas por el transporte en la UE. Fuente: [9] 4
Figura 2. Esquema societario actual Grupo Renfe. Fuente: [9] 10
Figura 3. Gráfico de la evolución del uso de la red ferroviaria española. Fuente: [10] 11
Figura 4. Diagrama simplificado: organización SNCF desde el 1 de enero de 2020. Fuente: [15] 13
Figura 5. Esquema actual del Grupo Deutche Bahn. Fuente: elaboración propia a partir de información de [18] 14
Figura 6. Parque eólico marino Nordsee. Fuente: [33] 25
Figura 7. ODS vinculados al TFM. Fuente: [49] 35

Índice de tablas

Tabla 1. Principales indicadores económicos del Grupo Renfe. Fuente: [9] 10
Tabla 2. Principales indicadores económicos del Grupo SNFC. Fuente: elaboración propia a partir de datos de [13] 13
Tabla 3. Principales indicadores económicos del Grupo DB. Fuente: elaboración propia a partir de datos de [54] 15

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el consumo de energía para el transporte de pasajeros y mercancías se ha disparado junto con la demanda de transporte, tanto en todo el mundo como en Europa. Esto ejerce una fuerte presión sobre los recursos de combustibles fósiles, generando de esta manera un aumento de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) [1]. Según estimaciones de la Comisión Europea, en Europa el transporte genera el 25% de las emisiones de GEI [2]. Puntualmente en España el 29% de las emisiones de CO_2 provienen del transporte, transformándose así en el principal sector emisor de este gas [3].

El ferrocarril es un medio de transporte que, además de registrar menos accidentes, es muy eficiente energéticamente en comparación con otros modos de transporte motorizado, principalmente debido a la menor resistencia a la rodadura y al aire combinada con un patrón de conducción controlado. Su eficiencia, sumada a que los ferrocarriles se encuentran electrificados en gran medida (en un 80%), hace que emitan mucho menos CO_2 que el transporte aéreo o de carretera [1] [4].

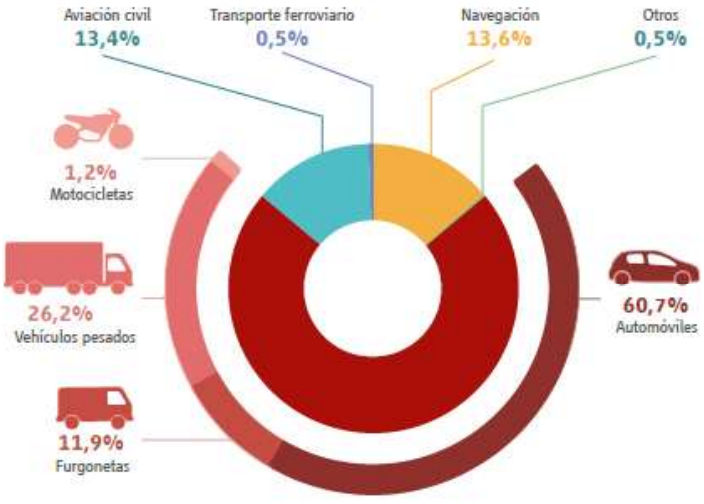

Figura 1. Emisiones de CO_2 generadas por el transporte en la UE.
Fuente: [9]

Sus emisiones de CO_2 suponen sólo el 0,5% de las de la UE (Figura 1) y un 0,7% de las emisiones globales, alcanzando el 9% de la demanda mundial de movilidad. Es por ello que el cambio a favor del transporte ferroviario permitiría una gran reducción de las emisiones a la atmósfera. Asimismo, ayudaría con la disminución de otros contaminantes (NO_X y partículas) y otras alteraciones medioambientales como la luminiscencia, el ruido etc.

El ferrocarril posee una gran capacidad de transportar personas o mercancías. Por ejemplo, el aforo de un tren de ocho coches es equivalente al de 15 autobuses y al de 250-1.000 automóviles.

En términos de gasto energético, la industria ferroviaria europea y particularmente la española, es de las que más invierte en I+D para mejorar la eficiencia en diversos aspectos, como la fabricación de material rodante, los sistemas de gestión de tráfico, las tecnologías de recuperación, regeneración y almacenamiento de energía, la vida útil de los materiales utilizados, el mantenimiento, etc.

Por esta razón, se considera muy importante y necesario el transporte ferroviario como medio eficiente y como eje en las políticas y estrategias de sostenibilidad [3].

Con el fin de seguir siendo económicamente competitivos y actuar socialmente responsables con el medio ambiente, los ferrocarriles deben aumentar su eficiencia energética, sobre todo para disfrutar de un fuerte apoyo político continuo.

Por lo tanto, las tres razones principales para que el sector ferroviario actúe son:

1. **Protección del clima**: Como se mencionó anteriormente, los ferrocarriles tienen la suerte de funcionar en un 80 % con electricidad en Europa, pero no es posible que todos los consumidores industriales de electricidad cambien a fuentes de energía renovables a la vez. Por lo tanto, la mejora de la eficiencia energética es vital cuando los ferrocarriles quieren alcanzar sus objetivos individuales de CO_2.

2. **Aumento de los costos de la energía**: Las redes ferroviarias europeas gastan miles de millones de euros al año en energía y los costes energéticos han aumentado significativamente en los últimos años (más del 10 % anual). El continuo aumento de los precios del petróleo a un nivel de 100 dólares por barril subraya la necesidad de mejorar la eficiencia energética, también porque los precios de la electricidad están muy influenciados por los precios del carbón, el petróleo crudo y el gas.

3. **Seguridad energética e independencia**: La seguridad energética también está volviéndose muy importante. Cada vez son más los países que quieren ser independientes de los suministros energéticos extranjeros. Para los ferrocarriles, la reducción de la demanda de energía reducirá la dependencia [1].

Capítulo 2. MOTIVACIÓN Y DEFINICIÓN DEL TRABAJO

En España la principal operadora de la red ferroviaria es Renfe, quien se encarga de prestar el servicio de transporte de viajeros y mercancías. Mientras Adif (Administrador de la Infraestructura Ferroviaria) es la responsable de la administración de su infraestructura [5].

En marzo de 2018 Renfe y Adif firmaron un **Acuerdo Marco por la Sostenibilidad y Eficiencia Energética del Sistema Ferroviario** con el objetivo de establecer un marco global para impulsar la descarbonización y mejorar la eficiencia energética del sistema ferroviario español, contribuyendo así con la lucha contra el cambio climático. Es así que en enero de 2019 se apruebó el **Plan Director de Lucha Contra el Cambio Climático 2018-2030** elaborado por estas entidades. En él se plantearon objetivos alineados con las políticas europeas tanto para el sistema ferroviario, a través de acciones de eficiencia energética y descarbonización, y de la compra de energía verde con Garantía de Origen Renovable (GdO); como para el sector transporte, por la transferencia modal al ferrocarril [6]. De esta manera se estima una reducción de 9,9 millones de toneladas de GEI hasta 2030 [7]. Asimismo, a finales del 2020 Renfe se interesó por la actualización de dicha estrategia con el fin de reducir su huella de CO_2 (5,54 gr CO_2 (eq)/UT en 2019) y los costes energéticos de la energía de tracción, que actualmente compra a través de Adif, pero cuyo coste es muy elevado (por encima del coste de mercado). [8] [9]

A la energía para usos distintos de tracción Renfe la compra en el mercado, a un precio de 0,065€/Kwh mientras que el precio de la que compra para energía de tracción a través de Adif es de 0,105€/Kwh [8]. La energía de tracción ferroviaria representa un 93,6% del consumo energético total, siendo la electricidad de tracción la principal fuente de consumo (77,9%) [7]. Esto representa una anomalía, ya que el precio de la energía de tracción debería ser inferior a la de usos distintos de tracción [8]. La legislación española obliga a Renfe a comprar la energía de tracción a Adif, es decir, Renfe no tiene posibilidad de acceder directamente al mercado. Sin embargo, en otros países las empresas ferroviarias

pueden comprar la energía tanto al gestor de infraestructuras como a cualquier comercializadora.

Es por ello que en el presente trabajo se pretende realizar un benchmark internacional -entre Francia, Alemania y España- sobre la gestión energética de sus operadores ferroviarios, incluyendo la perspectiva de empresa de servicios energéticos internos y externos, y de optimización de la compra energética renovable (H_2 verde incluido).

Este estudio tiene como objetivo analizar la estrategia de compra en dichos países, para lograr que Renfe pueda cambiar su modalidad de gestión energética reduciendo su huella de CO_2 y costes energéticos.

Capítulo 3. DATOS PRINCIPALES

3.1 RED FERROVIARIA ESPAÑOLA

La Red ferroviaria en España (RFIG) para fines de diciembre de 2019 tenía un tamaño de 15.392 km (un 0,2 % mayor que en 2018) y había transportados 28.718 millones viajeros por km y 6.201 millones de toneladas por km de mercancías [10] [11]. Como se mencionó anteriormente, la misma es operada por Renfe Operadora, contando con la administración de su infraestructura por parte de Adif. Ambas entidades son dependientes del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA) [9] [12]. Sin embargo, existe un muy pequeño tramo (20km), que une a Francia y España, que pertenece a LFP (Perthus/Línea Figueras Perpiñán S.A) [10].

El Grupo Renfe se compone principalmente por la Entidad Pública Empresarial Renfe-Operadora, y las Sociedades Anónimas Renfe Viajeros Sociedad Mercantil Estatal, Renfe Mercancías Sociedad Mercantil Estatal, Renfe Fabricación y Mantenimiento Sociedad Mercantil Estatal, Renfe Alquiler de Material Ferroviario Sociedad Mercantil Estatal, S.A. y Renfe of America Sociedad Mercantil Estatal, S.A., participadas íntegramente por Renfe-Operadora. (Figura 2) Esta última tiene como función prestar servicios de transporte de viajeros y mercancías seguros, de calidad, eficiente, rentable e innovador, con vocación de servicio público y con el objetivo de incrementar la cuota de mercado del ferrocarril como operador ferroviario de referencia.

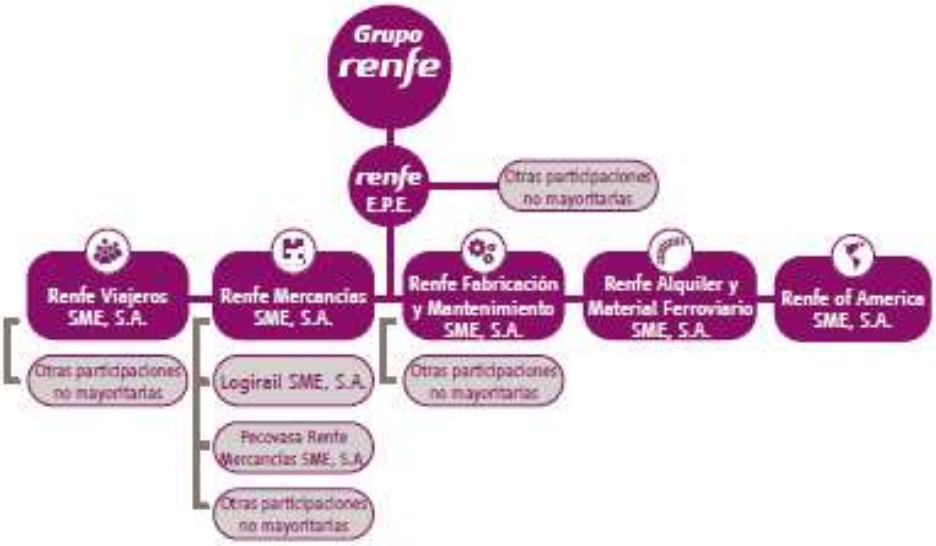

Figura 2. Esquema societario actual Grupo Renfe. Fuente: [9]

En la Tabla 1 se muestran los principales indicadores económicos del Grupo Renfe:

DIMENSIÓN ECONÓMICA	2019	2018
Resultado bruto de explotación (EBITDA) (millones de euros)	472,3	523,5
Total ingresos (millones de euros)	4.047,8	3.979,1
Ingresos de tráfico (millones de euros)	3.713,4	3.639,4
Ingresos varios (millones de euros)	334,5	339,7
Total gastos al EBITDA (millones de euros)	3.575,6	3.455,7
Cánones ferroviarios Adif (millones de euros)	1.261,5	1.229,0
Resultado de ejercicio Grupo Renfe (millones de euros)(1)	98,82	111,42
Número de proveedores adjudicatarios	1.324	1.243
Pagos a proveedores (millones de euros) (2)	3.209,5	3.074,1
Periodo medio de pago a proveedores (2)	57,67	59,99
Viajeros (millones)	510,9	507,1
Toneladas (millones)	17,0	18,3

Tabla 1. Principales indicadores económicos del Grupo Renfe. Fuente: [9]

Adif es la entidad pública empresarial, cuya función es potenciar el transporte ferroviario de España a través de la gestión y el desarrollo de un sistema de infraestructuras seguro, eficiente, sostenible desde el punto de vista medioambiental, y con altos estándares de calidad. Para ello Adif se encarga de:

- Administrar las infraestructuras ferroviarias (vías, estaciones, terminales de mercancías, etc).

- Gestionar la circulación ferroviaria.
- Adjudicar la capacidad a los operadores ferroviarios.
- Percibir los cánones por el uso de la infraestructura, estaciones y terminales de mercancías [12].

Del total de kilómetros administrados por Adif, el 62,6% transita en vía única y un 36,3% no se encuentra electrificado. Asimismo, solo el 19% posee el ancho de vía internacional. Respecto a la alta velocidad, la red administrada por Adif tiene un tamaño de 2.760 km, de los que 84 km transitan en ancho ibérico.

El 73% de la red RFIG (11.272 km) es utilizada para servicios de viajeros y mercancías. Un 21% se emplea exclusivamente en servicios de viajeros (3.299km) y un 2% en servicios de mercancías (355km). Mientras que un 3% de la red carece de servicio de transporte (446 km). En la Figura 3 puede verse el gráfico de la evolución del uso de la red ferroviaria española entre los años 2015 y 2019 [10].

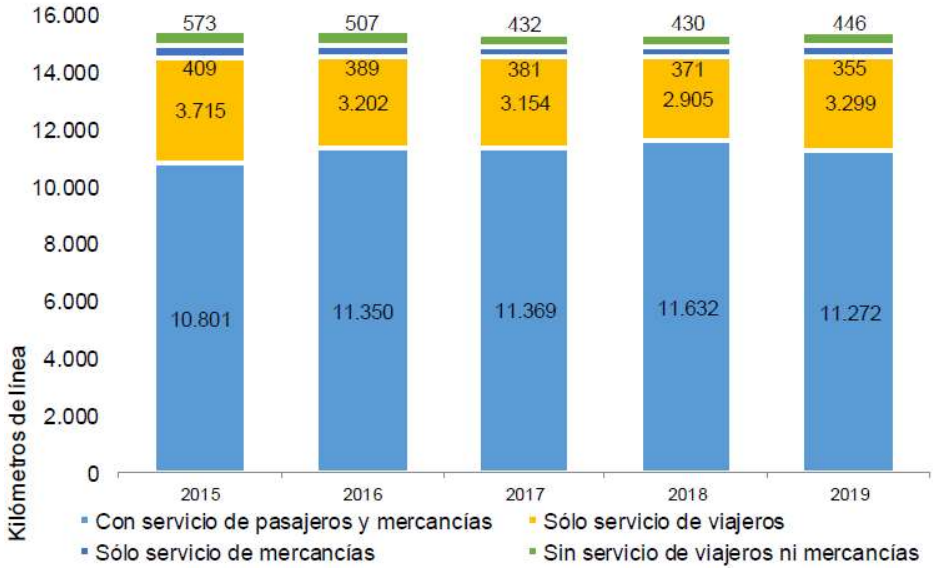

Figura 3. Gráfico de la evolución del uso de la red ferroviaria española. Fuente: [10]

3.2 RED FERROVIARIA FRANCESA

La red ferroviaria nacional francesa es la segunda más extensa de Europa después de Alemania. La misma cuenta con 30.000 kilómetros de línea y transporta alrededor de unos 107.000 millones de pasajeros/km al año y unos 32.000 millones de toneladas por km de mercancías. Pertenece a la SNCF Réseau, empresa pública encargada de gestionarla, mantenerla y desarrollarla. A su vez Francia tiene, la segunda mayor red europea de alta velocidad tras España, conformada por 2.700 kilómetros operativos a finales de 2019 [13]. En el informe Global Competitiveness Report 2017-2018, del Foro Económico Mundial, Francia figura en el quinto puesto mundial del ranking de calidad de las infraestructuras ferroviarias [14].

La SNCF Réseau es el único propietario y gestor de la red ferroviaria, y es así que se encarga de:

- El acceso a la infraestructura ferroviaria de la red ferroviaria nacional, incluida la asignación de capacidades y el precio de esta infraestructura.
- La gestión operativa del tráfico
- El mantenimiento, conservación y renovación de infraestructura
  El desarrollo, diseño, coherencia y mejora de la red [15]

Sus ingresos proceden, principalmente, de la venta de surcos (horarios) a los operadores. No obstante, estos ingresos han demostrado ser insuficientes para cubrir las inversiones anuales y los costes de mantenimiento de las infraestructuras [14].

El Grupo SNCF se organiza en torno a una empresa matriz, que ofrece servicios para todo el grupo (Inmobiliaria, Centros de servicios compartidos y seguridad ferroviaria), SNCF Réseau (Red), SNCF Gares & Connexions (Estaciones y conexiones), Rail Logistics Europe (Logística), SNCF Voyageurs (Pasajeros), Geodis (Mercancías y logística) y Keolis (Soluciones transporte público). (Figura 4) Sus principales sectores de actividad abarcan: Transporte público, Movilidad de larga distancia a alta velocidad y velocidad

convencional, Transporte de mercancías y logística, Operación y mantenimiento de la red, estaciones y bienes inmuebles [15].

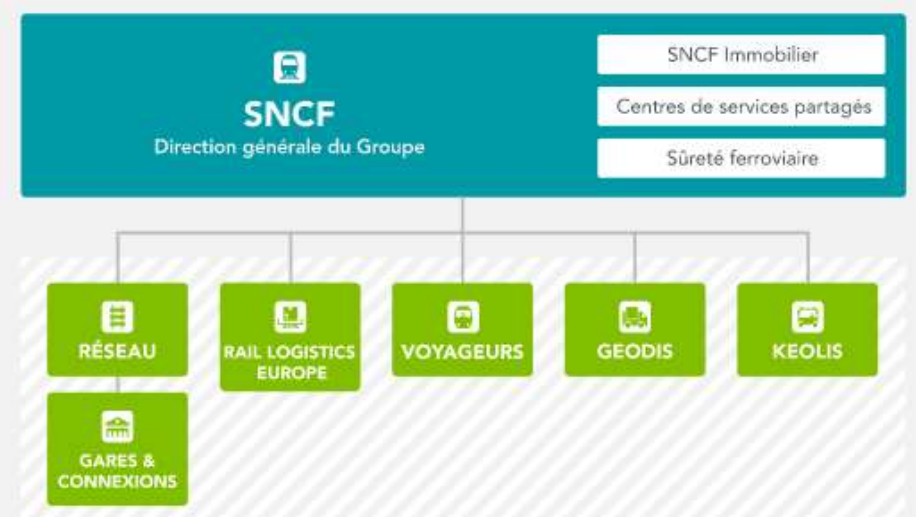

Figura 4. Diagrama simplificado: organización SNCF desde el 1 de enero de 2020. Fuente: [15]

En la Tabla 2 se muestran los principales indicadores económicos del Grupo SNFC:

DIMENSIÓN ECONÓMICA	2019
Total ingresos (mil millones de euros)	35,1 (1/3 fuera de Francia)
Empleados (en Francia y el mundo)	275.000
Pasajeros transportados cada día (millones)	5 (en Francia)
Inversiones (mil millones de euros)	10 (95% en Francia)

Tabla 2. Principales indicadores económicos del Grupo SNFC. Fuente: elaboración propia a partir de datos de [13]

3.3 RED FERROVIARIA ALEMANA

Alemania está considerado como el tercer país más importante del mundo en lo que se refiere a estructura ferroviaria, detrás de China y EE.UU.

La red ferroviaria en Alemania cuenta con 33.000 km, que transporta alrededor de unos 99.000 millones de pasajeros/km al año y unos 118.000 millones de toneladas por km de mercancías. Pertenece a Deutsche Bahn (DB), la cual actúa como empresa encargada de la infraestructura (EIU) y como operador de transporte (EVU).

El gobierno realiza grandes inversiones con el objetivo de mantener infraestructuras de calidad, seguras y respetuosas con el medio ambiente [16] [17].

El Grupo Deutsche Bahn se divide en tres grupos operativos principales (Movilidad, Redes y Logística) que se componen por subsidiarias, que son empresas independientes cuyos accionariados pertenecen en un 100% a DB (Figura 5) [18].

Figura 5. Esquema actual del Grupo Deutche Bahn. Fuente: elaboración propia a partir de información de [18]

En la Tabla 3 se muestran los principales indicadores económicos del Grupo DB:

DIMENSIÓN ECONÓMICA	2019
Total ingresos (mil millones de euros)	44,4
Empleados (en Alemania y el mundo)	338.000
Pasajeros transportados cada día (millones)	20
Inversiones (mil millones de euros)	12

Tabla 3. Principales indicadores económicos del Grupo DB. Fuente: elaboración propia a partir de datos de [54]

3.4 CONSUMOS ENERGÉTICOS

En cuanto al consumo energético de la tracción, en 2019 en ***España*** este fue de 3.172,1 GWh, que equivale a una intensidad energética de 94,8 Wh/UT. De ellos un 77,56% correspondían a consumo de energía eléctrica (2.460,3 GWh), mientras que un 22,44% de los mismos procedía de diésel (711,8 GWh). El objetivo es que última esta cifra vaya disminuyendo en el futuro debido al incremento de las electrificaciones y al reemplazo del gasóleo por energías más limpias, como hidrógeno, gases licuados, etc.

Cabe destacar que precisamente desde 2019 la electricidad que el Grupo Renfe adquiere para la tracción solo es de origen renovable y certificada con CERO emisiones de CO_2. Esto ha generado una importante reducción en la Huella de Carbono por cada Unidad Transportada, un 88,3% menor en 2019 (5,54 gr de CO_2) respecto a la de 1990 (47,26 gr), año base del Protocolo de Kioto [9].

En ***Francia***, en 2017 el consumo total de energía del Grupo SNCF fue de 16.800 GWh, de los cuales un 53 % correspondían a electricidad, un 35% a diésel y un 7% a gas natural. Además, del total de energía consumida por el Grupo, más de la mitad se utilizó en la tracción ferroviaria.

SNCF también asumió el compromiso de combatir el cambio climático y mejorar la calidad del aire, por lo que en 2016 adoptaron una política energética cuyo objetivo es limitar el

impacto de sus actividades en el medio ambiente y limitar las emisiones de CO_2. Es así que se plantearon aumentar un 20% el rendimiento energético y reducir un 25% las emisiones de carbono entre el 2015 y el 2025. En este sentido han tomado varias medidas que se desarrollarán más adelante.

En ***Alemania***, aproximadamente un 40% de la red ferroviaria no está electrificada [17]. En 2019 el consumo anual de energía reportado por DB fue de 10.000 GWh, de los cuales más del 57% fue cubierto con energías renovables [19]. Unos 7.986 GWh correspondían a energía de tracción [20].

Deutsche Bahn, también se ha comprometido con un objetivo ambicioso en términos de protección del clima: se proponen ser climáticamente neutrales para 2040. Para lograr este objetivo, se plantean etapas intermedias desafiantes: para 2030 reducir a más de la mitad sus emisiones de CO_2 en comparación con 2006 y aumentar la participación de energías renovables en el mix actual de tracción al 80%. Para 2038 pretenden convertir la potencia de tracción por completo en electricidad 100% ecológica. A este objetivo que ya lo han logrado en el transporte de larga distancia donde llevan utilizando energías renovables desde 2018. [21]

Capítulo 4. ESTRATEGIA EMPRESARIAL

En términos de gestión energética el ***Grupo SNCF*** compra energía, pero también la produce, mediante la instalación de paneles solares en los techos de estaciones, aparcamientos o en vías férreas abandonadas. La energía así producida se utiliza directamente, lo que permite comprar menos en otros lugares. En materia de compras, la SNCF tiene una filial de SNCF Voyageurs, SNCF Energie, que desde 2012 tiene como objetivo comprar energía de tracción de trenes al mejor precio. Gran parte de la electricidad la compra en el mercado tradicional [22]. Dado que el precio de la electricidad es muy fluctuante, la estrategia que utilizan es la de realizar compras anticipadas, en uno a varios años [23]. SNCF avanza hacia las energías renovables a través de un mecanismo de PPA (contrato de compra de electricidad renovable a largo plazo). En 2019, la SNCF anunció su voluntad de tener el 20% de su mix eléctrico en forma de PPA [24]. En este sentido en dicho año firma su primer contrato a largo plazo (25 años) de compra directa solar con Voltalia, que le permite producir del 3 al 4 % de la electricidad necesaria para sus trenes [25].

En el caso de Alemania, la filial de ***Deutsche Bahn*** llamada DB, actúa como gerente de energía, administrando una de las carteras de energía mixta más grandes de Alemania. Tiene una infraestructura única para la obtención y el suministro de energía y combustible diésel a consumidores móviles y estacionarios. Además, sus servicios incluyen la generación sostenible. Lidera la gestión, la coordinación y el seguimiento de todas las operaciones de gestión energética de Deutsche Bahn AG, además de los servicios de suministro, gestión y consultoría de energía para otros clientes, el comercio y la industria [26] .

DB Energie posee alrededor de 1.700 empleados, la empresa suministra energía eléctrica de tracción a 20.000 trenes todos los días a través de una red de alta tensión de 110 kV y 7900 km. Además de la red de energía ferroviaria de 16,7 Hz, DB Energie suministra

alrededor de 5.400 redes de estaciones de tren, así como los sistemas de suministro de corriente continua para las redes de trenes de las ciudades de Berlín y Hamburgo en su función de operador de red. La red de energía ferroviaria es alimentada por más de 50 estaciones de energía e inversores de toda Alemania. Con una facturación de 2.800 millones de euros y un volumen de ventas de 25 TWh, la empresa de Frankfurt es el quinto proveedor de energía más grande de Alemania.

En España, como se comentó anteriormente, Renfe se ve obligada por la legislación española a comprar la energía de tracción a Adif, a un precio de 0,105€/Kwh; mientras que a la energía para usos distintos de tracción la compra en el mercado, a un precio de 0,065€/Kwh. [8] Cabe destacar que la energía de tracción ferroviaria representa un 93,6% del consumo energético total, siendo la electricidad de tracción la principal fuente de consumo (un 77,9 %) [7] [9]. El precio de la energía de tracción debería ser incluso inferior a la de usos distintos de tracción [8]. Para Renfe el coste de la electricidad de tracción es un 7% de sus ingresos (273 millones de euros en 2019) [27].

En 2019 Renfe compró a Adif 2,5 Twh de energía eléctrica verde (con certificados de Garantía de Origen) para todos sus vehículos eléctricos. Esto hizo que Renfe se transformara en el primer consumidor de energía renovable de España, consumiendo un 2,6 % de la energía renovable que se consume en el país. Esto le permitió en 2019 reducir su huella de carbono por cada unidad transportada un 88,3 % (5,54 gr. CO_2/UT) respecto a la de 1990 (47,26 gr. CO_2/UT), y se estima que le permitirá reducir más de 7 millones de toneladas de emisiones de CO_2 hasta 2030 [9].

Capítulo 5. CARTERA DE SERVICIOS

Como se mencionó en el Capítulo 3 los principales sectores de actividad que abarca el ***Grupo SNFC*** son: Transporte público, Movilidad de larga distancia a alta velocidad y velocidad convencional, Transporte de mercancías y logística, Operación y mantenimiento de la red, estaciones y bien inmueble. A continuación, se detallan cada uno de ellos.

- **Transporte Público**: ofrecen soluciones integradas de transporte público adaptadas a la movilidad de todos. Son la empresa número uno en el mundo en lo referido a operaciones automáticas de metro y tranvía.

- **Movilidad de larga distancia a alta velocidad y velocidad convencional**: Soluciones de movilidad compartida y puerta a puerta a un coste controlado. Cuentan con 11 líneas de alta velocidad (2700 km) en Francia, y asociaciones y filiales de alta velocidad en Europa:

  - 55% de Eurostar en el Reino Unido
  - 60% de Thalys en Bélgica
  - 74% de Lyria en Suiza
  - 100% de SNCF Voyages Italia en Italia
  - 50% de DB y SNCF en Alemania
  - 50% de Renfe y SNCF en España

- **Transporte de mercancías y logística**: se posiciona nº 4 en Europa y la nº 8 del mundo en lo que se refiere a este servicio.

- **Operación y mantenimiento de la red, estaciones y bien inmueble**: ofrecen soluciones para gestionar, mantener, desarrollar y comercializar los servicios de la red ferroviaria francesa. Además, brindan soluciones para garantizar el mantenimiento y puesta en valor del patrimonio de las estaciones y los bienes inmuebles [15].

El ***Grupo Deutsche Bahn***, a través de sus filiales se centra en los sectores de:

- Transporte público

- Transporte de larga distancia: proporciona servicios ferroviarios de larga distancia nacionales y transfronterizos y transporte por carretera.

- Transporte de mercancías por ferrocarril en toda Europa: su red comprende 16 filiales en diferentes países.

- Proporcionar la red de transporte regional completamente completa que une la conurbación y las áreas rurales.

- Infraestructura ferroviaria

- Operación de estaciones: que no solo sirven como puertas de entrada al ferrocarril, sino que también son centros para conectar los diferentes modos de transporte, así como mercados y buques insignia de las ciudades y regiones.

- Distribución y venta de billetes: para los servicios de transporte de pasajeros de DB y muchos otros operadores de transporte.

- Proveedores de servicios de transporte y logística: uno de los principales del mundo. Ofrece una amplia gama de servicios de transporte en 14 países europeos, con autobuses, trenes, tranvías, autobuses acuáticos, servicios de transporte de pacientes, carsharing y bikesharing. [28]

- Servicios: que incluyen

- Mantenimiento de vehículos
- Soluciones innovadoras de IT y telecomunicaciones para el mercado de viajes y logística.
- Servicios para la administración de instalaciones profesionales y servicios industriales

- Administración de flota
- Mantenimiento y reparación de tecnologías de red y de TI, ingeniería de seguridad y sistemas de información multimedia para los pasajeros.
- Ofrece servicios de organización y seguridad amplios y profesionales para viajeros, empleados, mercancías, propiedades ferroviarias y bienes inmuebles.
- Servicios de ingeniería

- Desarrollo de nuevos modelos de negocio basados en datos.

- Energía: Ofrece toda la gama de productos energéticos para la tracción, así como el suministro de energía estacionaria para la propiedad en Alemania. Es decir, incluye energía de tracción y gasóleo para el tráfico ferroviario; y electricidad, gas y calor para las estaciones y otros edificios del Grupo DB. También ofrece una amplia gama de productos de electricidad y gas natural a clientes industriales y comerciales de toda Alemania. Asimismo, ofrece consultoría energética y los servicios técnicos. DB Netze Energy es el operador de la red eléctrica de tracción de alta tensión a nivel nacional, ofreciendo un uso no discriminatorio a todas las empresas ferroviarias. DB Netze Energy aumenta continuamente la cuota de renovables en su corriente de tracción [28].

Los servicios que ofrece el ***Grupo Renfe*** son:

- Transporte de viajeros por ferrocarril, nacionales e internacionales.

- Transporte de mercancías por ferrocarril y operador logístico ferroviario: capaz de gestionar o participar en cualquier cadena logística integral.

- Servicios:

- Fabricación, mantenimiento y transformación de material rodante
- reparación de componentes ferroviarios
- Consultoría de ingeniería
- Gestión de instalaciones, diseño y entrega de talleres

- Venta, alquiler o cualquier otra forma de puesta a disposición de material rodante [29]

Capítulo 6. ALIANZAS ESTRATÉGICAS

Otra diferencia importante que se puede evidenciar entre Renfe y las empresas francesa y alemana tiene que ver con las distintas alianzas que ambas vienen estableciendo.

En 2019 ***SNCF*** firmó, a través de SNCF Energie su primer contrato de compra directa de energía solar con el actor internacional en energías renovables Voltalia. Se trata de un contrato a largo plazo (25 años), mediante el cual SNCF se compromete a comprar la electricidad solar que permita producir del 3 al 4% de la electricidad de tracción necesaria para sus trenes. Para ello, en 2022-2023 se instalarán tres campos de paneles fotovoltaicos. Su producción anual será del orden de 200 gigavatios hora (el equivalente al consumo eléctrico de 40.000 hogares), con una potencia de 143 Mega Watts pico. [25]

En 2020, SNCF Energie y RES firmaron un contrato para la compra directa de electricidad renovable de casi 40 MW y de muy larga duración (15 a 20 años). Este contrato permite la construcción y operación de plantas de energía solar a partir de 2021, que estarán vinculadas directamente a SNCF Energie para sus necesidades directas. [30]

En 2021, SNCF Energie (filial de SNCF Voyageurs) ha firmado su primer acuerdo de compra de electricidad renovable con la empresa multinacional francesa de generación y distribución eléctrica EDF Renouvelables por 20 años. El contrato cubre la producción de electricidad de una central solar fotovoltaica de 20 MW a un precio predeterminado y competitivo. La producción anual de la planta ascenderá a 25 GWh, lo que corresponde, por ejemplo, a cerca de la mitad del consumo eléctrico de los trenes TGV (tren de alta velocidad) entre París y Lille cada año. La puesta en servicio está programada para 2023.

El proyecto está en línea con SNCF Voyageurs, que tiene la ambición de lograr entre un 40% y un 50% de energías renovables en su combinación de consumo de electricidad para la tracción de trenes para 2025. Además, también se alinea con la estrategia CAP 2030 que tiene como objetivo duplicar las capacidades renovables del grupo EDF de 28GW a 60GW netos, entre 2015 y 2030" [31] [32]

La energía verde en la combinación de energía ferroviaria de ***DB*** proviene de una amplia cartera. Por ejemplo, las centrales hidroeléctricas Innogy han estado suministrando a DB alrededor de 900 millones de kilovatios hora de energía verde anualmente desde 2011. Asimismo, la intensión de DB es ir reemplazando los contratos basados en la generación con combustibles fósiles que expiren, por aquellos con energía renovable [33]. En este sentido, a partir de 2023 la central hidroeléctrica de Mågeli, en el sur de Noruega, suministrará a Deutsche Bahn casi 190 gigavatios hora de electricidad verde al año durante un período de diez años. El volumen total de energía renovable entregada en virtud del contrato será suficiente para cubrir las necesidades energéticas de los aproximadamente 40.000 trenes en Alemania todos los días durante aproximadamente una semana. Este es el primer acuerdo de compra de energía verde a largo plazo y transfronterizo de DB (o "PPA transfronterizo"). La compañía ferroviaria se está asociando con el proveedor de energía estatal noruego Statkraft, con sede en Oslo. En comparación con la electricidad de las centrales eléctricas de carbón, la energía hidroeléctrica de Noruega ahorrará hasta 146.000 toneladas de CO_2 por año.

Otros dos contratos de DB para electricidad verde en Alemania proporcionarán más de 100.000 toneladas de ahorro anual de CO_2 y casi cuatro días de tráfico ferroviario sostenible en toda la red: se suministrarán más de 90 gigavatios hora de energía hidroeléctrica de la Selva Negra a DB anualmente durante un período de diez años. Uno de los contratos, que comienza en 2023, es con RWE.

A partir del próximo año, la energía eólica de Hohen Pritz en el noreste de Alemania también se agregará a la cartera de energía renovable de DB. Este segundo contrato es por energía renovable de un parque eólico que tiene más de 20 años y cuyo subsidio estatal ha expirado. El acuerdo con Ane Energy significa que las turbinas eólicas seguirán generando cerca de 40 gigavatios hora de electricidad verde al año [34].

También DB ha firmado un contrato, a través de DB Energie con Innogy SE y RWE Supply & Trading para el suministro de energía renovable del parque eólico marino Nordsee (Figura 6). El contrato tendrá una duración de cinco años a partir de 2024. El volumen

suministrado comprende 25 MW, lo que equivale a cuatro aerogeneradores. Eso es el ocho por ciento de la producción total del parque eólico, que consta de 48 turbinas con un total de 295 MW. Este contrato es el primer PPA Corporativo eólico marino en Alemania. La energía se produce en el parque eólico marino por un precio fijo y es utilizada directamente por Deutsche Bahn. RWE Supply & Trading actúa como socio contractual y minorista [33]. A fines del año pasado firmó otro contrato con RWE por más de 260 GWh de electricidad verde al año por 15 años del parque eólico marino, y este año firmó otro contrato más incrementando otros 190 GWh [35].

Figura 6. Parque eólico marino Nordsee. Fuente: [33]

Además, actualmente DB Junto con Siemens Mobility, están probando un sistema de hidrógeno general completamente nuevo para ferrocarriles con el nombre "H2goesRail". El proyecto incluye una estación de servicio de hidrógeno de nuevo diseño de DB Energie, y un tren de hidrógeno de nuevo desarrollo. La estación de servicio es móvil y de hidrógeno verde. El mismo se produce directamente en el sitio con la ayuda de electricidad verde y luego se almacena en una instalación de almacenamiento móvil. Un tren se puede repostar al mismo tiempo que un tren diésel. Siemens Mobility está construyendo el nuevo Mireo Plus H. Tiene un propulsor de hidrógeno que consta de una pila de combustible y una batería de reserva. El objetivo es reemplazar las unidades múltiples diésel en el transporte regional. Porque con esta nueva tecnología de propulsión y el hidrógeno ecológico, las emisiones locales de CO_2 se reducen a cero. Las operaciones de prueba entre Tübingen, Horb y Pforzheim están previstas para 2024 [36].

Capítulo 7. INICIATIVAS Y DESARROLLOS FUTUROS

Las tres empresas poseen un fuerte compromiso con el medio ambiente. Es por ello que están trabajando en iniciativas y proyectos para la reducción de las emisiones de CO_2.

7.1 SNCF

SNCF en 2016 adoptó una política energética con el objetivo de limitar el impacto de sus actividades en el medio ambiente y limitar las emisiones de CO_2. Es así que se planteó consumir un 20% menos de energía y reducir un 25% las emisiones de carbono entre el 2015 y el 2025; y alcanzar el carbono cero entre 2040 y 2050 [37] [22] . En este sentido, además de los ya mencionados contratos de compra a muy largo plazo (PPA) con proveedores de energías renovables, que permiten la construcción de campos fotovoltaicos, contribuyendo a aumentar la participación de las energías renovables en el mix eléctrico francés, otras de las iniciativas de SNCF para reducir sus emisiones de carbono derivadas de la energía incluyen:

- **Reducción del consumo de energía**: por ejemplo, a través de la conducción ecológica, que implica optimizar el frenado y el sistema automático de parada / reinicio del motor. (Este sistema de asistencia a la conducción a bordo del TGV INOUI reduce el consumo de combustible hasta en un 12%).

  Otro ejemplo es a través de la valorización de la energía de frenado recuperada, para abastecer una estación o un distrito.

  En este sentido también está previsto para 2024 la entrada en servicio del tren TGV M, que además de ser un 97% reciclable, será capaz de regular el uso de energía a bordo según el número de pasajeros, reduciendo así el consumo de energía en un 20% y mejorando la huella de carbono en un 37% en comparación con los trenes actuales [37].

- **Desarrollo de programas fotovoltaicos**: SNCF prevé en los próximos años aumentar el uso de energías renovables, a través de la instalación de paneles en las cubiertas de sus naves industriales, aparcamientos y vías férreas abandonadas, y a través de los PPA. En los últimos meses, la SNCF anunció su voluntad de tener el 20% de su mix eléctrico en forma de PPA [38] [24].
- **Movilidad eléctrica o alimentada por agrocombustibles**: SNCF está desarrollando un proyecto de reemplazo de diésel por colza. Es así, que actualmente 15 de sus trenes funcionan con este biocombustible. Una de las grandes ventajas de esta innovación es que no requiere ninguna modificación en la motorización de los trenes que funcionan con diésel, ni cambia la forma de repostar, al tiempo que garantiza una reducción de gases de efecto invernadero en torno al 60% [39].
- **Circulación de trenes híbridos a partir de 2021**: este año SNCF comienza las pruebas de campo del primer tren híbrido. Un tren, destinado a líneas regionales no electrificadas, más eficiente energéticamente pero también menos ruidoso gracias al uso de baterías de alta capacidad. El tren híbrido utiliza varias fuentes de energía según la situación: alimentación por catenaria, motores de calor ó energía almacenada en baterías. En estos trenes que inicialmente funcionaban con electricidad y diésel, la mitad de los grupos electrógenos impulsados por motores diésel son reemplazados por baterías de iones de litio de alta capacidad. Estas son abastecidas por la recuperación de la energía de la frenada del tren, o por las catenarias en la estación, y así aseguran la tracción del tren. Gracias a ellos, no es necesario utilizar la tracción diésel cerca de las estaciones, fuente de contaminación además de ruido. Asimismo, estas baterías ayudan a mantener el rendimiento de tracción del tren en caso de baja tensión de catenaria (inferior a 1,5 kV). Cabe destacar, que la energía de frenado representa el 30% de la energía de tracción en las rutas proporcionadas por esto trenes.

  Se esperan ahorros de energía de hasta un 20% con estos cambios [40] [41].
- **Despliegue del tren de hidrógeno para 2022**: la llegada de los trenes de hidrógeno tiene como objetivo reemplazar las locomotoras TER (Transporte Exprés Regional) diésel y los vehículos autopropulsados que circulan por partes no electrificadas de

la red. El diésel representa, de hecho, el 26% de la energía consumida por TER y es responsable del 61% de sus emisiones de CO_2. Esta tecnología consiste en reemplazar los motores diésel convencionales por celdas de combustible, tanques de hidrógeno y baterías para una tracción sin emisiones de gases de efecto invernadero. El hidrógeno almacenado en los tanques se mezcla con el oxígeno presente en el aire ambiente en la celda de combustible ubicada en el techo del tren para obtener electricidad. Mediante esta mezcla, el pilote produce la electricidad necesaria para la tracción del remo. Luego, la electricidad se almacena en las baterías y se utiliza para la tracción del tren. El único residuo de esta reacción es agua. En su versión de modo dual, el tren de hidrógeno recorrerá hasta 600 kilómetros, para transportar 220 pasajeros a 160 km / h [42].

- **Diversificar fuentes**: Centrarse en las fuentes de energía renovables (eólica, hidráulica, solar, etc.) para propulsar trenes. SNCF considera que las energías renovables representan una oportunidad real para conciliar la rentabilidad económica y el desarrollo sostenible. Creen que el autoconsumo de energías renovables podría reducir sus costos de compra de energía a la vez que asegurarían su suministro.
- **Salida de diésel en 2035**: gracias a los trenes alimentados por electricidad, a los de hidrógeno, a los alimentados por biocombustibles y a los híbridos, SNCF planea la salida del diésel para el año 2035 [43].

7.2 DEUTSCHE BAHN

Deutsche Bahn, también se ha comprometido con un objetivo ambicioso en términos de protección del clima: se proponen ser climáticamente neutrales para 2040. Para lograr este objetivo, se plantean etapas intermedias desafiantes: para 2030 reducir a más de la mitad sus emisiones de CO_2 en comparación con 2006 y aumentar la participación de energías renovables en el mix actual de tracción al 80%. Para 2038 pretenden convertir la potencia de tracción por completo en electricidad 100% ecológica. A este objetivo que ya lo han

logrado en el transporte de larga distancia donde llevan utilizando 100% energías renovables desde 2018.

La participación de las energías renovables en la combinación actual de tracción actualmente es de alrededor del 61%, y ya han logrado reducir las emisiones específicas de CO_2 de todo el Grupo DB en más de un 34% en comparación con 2006.

Entre sus estrategias para lograr este objetivo, se encuentran:

- **Ampliar la participación de las energías renovables**: Operan con energía geotérmica en tres de sus estaciones [44]. Además, con los contratos PPA verdes está expandiendo aún más su cartera de plantas de energía renovable.
- **Utilizar motores y combustibles alternativos**: Dada la imposibilidad de electrificar todas las rutas, confían en un enfoque de tecnología abierta con motores y combustibles alternativos, para poder conducir con bajas emisiones en rutas no electrificadas. Por ejemplo, motores alternativos basados en tecnología de batería e hidrógeno son alternativos a los motores de diésel puros. Actualmente están probando locomotoras híbridas y de doble potencia que combinan varias opciones de conducción en un vehículo. Al mismo tiempo, como se mencionó anteriormente, también están activos en el tema del hidrógeno. Junto con socios, están probando soluciones para la operación y suministro de trenes con hidrógeno verde. Además, están probando dos ecocombustibles R33 y HVO (aceite vegetal tratado con hidrógeno), que se fabrican exclusivamente a partir de materiales residuales y de desecho de grasas vegetales y animales.
- **Aumentar la eficiencia energética de los trenes**: a través de la introducción de la recuperación de energía de frenado. En este sentido, sus nuevos trenes utilizan sistemas que devuelven la energía de frenado a la línea aérea de contacto. En un año, eso equivale a la cantidad de electricidad que consumen anualmente alrededor de 340.000 hogares de cuatro personas.

- Otra de las acciones implementadas en términos de eficiencia energética es la conducción con ahorro de energía. Los trenes de DB ahorran hasta un 10% de electricidad a través de un estilo de conducción con ahorro de energía.
- **Agregar nuevas ofertas de movilidad a su cartera**: como autobuses autónomos y controlados respetuosos con el clima, servicios de bicicletas para toda Alemania, etc. [45].

7.3 RENFE

En el caso del Grupo Renfe, posee el gran compromiso de reducir 9,9 millones de toneladas de CO_2 en 2030 y ahorrar más de 250 millones de euros en costes externos. Así como también adoptó el compromiso de neutralidad de carbono para 2050 [46] [9]. Como se comentó anteriormente, desde 2019 la electricidad que adquiere para la tracción solo es de origen renovable y certificada con CERO emisiones de CO_2, lo que ha generado una importante reducción en la Huella de Carbono (un 88,3% menor respecto a la de 1990). En 2019 compraron 2,5 TWh de energía eléctrica verde (con certificados de Garantía de Origen), lo que supone un 80% de sus trenes. Esto ha hecho que Renfe, se transforme en el primer consumidor final de energía renovable de España y prevé una a reducción de más de 7 millones de toneladas de CO_2 en su red ferroviaria para 2030. Asimismo, Renfe está desarrollando otros proyectos con el objetivo de volver su transporte más sostenible, como:

- **Energías alternativas**: buscan energías alternativas, como el gas natural licuado (GNL) o la pila de hidrógeno, para sustituir al combustible diésel que consumen el 20% de sus trenes.

  Ya en 2009 Renfe incursionó en un proyecto pionero en el mundo ferroviario con un sistema de tracción basado en pila de hidrógeno, baterías y condensadores. En la actualidad incluyen al hidrógeno en su nuevo Plan de Compra de Trenes, como una de las mejores opciones para hibridar la tracción.

  En enero de 2018 pusieron en marcha el primer tren de viajeros impulsado con GNL en el mundo. El uso de este combustible reduce las emisiones de CO_2 en un 45% y además el coste en un 25%. Actualmente están evaluando reemplazar la línea de

Cercanías que es 100% diésel por 100% GNL. De esta manera se transformarían en la primera línea europea en realizar esta transición.

- **Energías renovables**: además de comprar energía verde para sus trenes electrificados, promueven la compra y producción de este tipo de energías para sus trenes e instalaciones (como oficinas y talleres). En este sentido planea construir 66 parques fotovoltaicos de 550 MW, en los principales corredores de los trenes de alta velocidad, destinados a proveerles energía eléctrica de tracción. La red de alta velocidad consume un 40% del consumo eléctrico (unos 95 millones en 2019, equivalente a 1 TWh). Es por ello que el proyecto consiste en Esto además le permitiría abaratar costes [46] [27].
- **Eficiencia energética**: promueven la conducción eficiente, tanto incorporando nuevos trenes a su flota, que poseen sistemas de conducción eficiente integrados en los modos de conducción automática; como utilizando freno regenerativo (generación de energía por el motor durante el proceso de frenado). Esto último permite que algunos trenes devuelvan a la red entre 6-10% de la energía en los de alta velocidad y hasta un 40% en Cercanías.

  Otras medidas de eficiencia energética que utiliza Renfe en sus trenes son: ventanas con tratamientos específicos y láminas de control solar y cubiertas exteriores de color blanco y tratamiento anticalórico, de manera de reducir la transmisión de calor hacia el interior; e iluminación LED regulable e inteligente [46].

Capítulo 8. CONCLUSIONES

Los ferrocarriles son una de las mejores soluciones de movilidad para afrontar el cambio climático, es por ello que su gestión energética sostenible es fundamental. En este sentido la eficiencia energética es un factor clave debido a que, optimizar el consumo de energía contribuye a la disminución de las emisiones de los gases de efecto invernadero responsables del calentamiento global. Al mismo tiempo, la eficiencia energética trae aparejada una disminución de costes para las empresas ferroviarias que además se enfrentan a frecuentes aumentos en el precio de la energía.

Si se analiza la gestión energética de las empresas en estudio, puede verse que las tres están llevando a cabo numerosas acciones para disminuir sus consumos energéticos y emisiones. Han implementado la conducción ecológica y la valorización de la energía de frenado en sus trenes. También, las tres están implementando proyectos de compra y/o producción de energías renovables, incluyendo hidrógeno, dejando de lado de esta manera los tan contaminantes combustibles fósiles. Además, se encuentran trabajando en el desarrollo de trenes y combustibles alternativos.

La principal diferencia de Renfe respecto a SNCF y DB radica en el hecho de que ambas empresas posean filiales encargadas de la gestión energética. En el caso de SNCF se trata de una empresa de servicios energéticos, que genera y compra energía para el suministro interno; mientras que en el caso de DB también ofrece servicios externos, que además de suministro incluye servicios técnicos y de consultoría. Asimismo, ambas van aumentando constantemente la cuota de energías renovables. Tener sus propias filiales energéticas les otorga a las ferroviarias alemana y francesa, la posibilidad de acceder a la compra a terceros, estableciendo distintos acuerdos de compra tanto con empresas generadoras nacionales como internacionales. Así el precio al que pagan la energía se encuentra más regulado y es inferior. En cambio, la empresa española Renfe, al depender de Adif

(empresa externa al grupo) para el suministro de energía de tracción, la consigue a un precio superior, incluso mayor que el del mercado.

Una buena estrategia que vienen implementando tanto SNCF como DB es la de los contratos de compra de energía renovable a largo plazo (PPA). El compromiso a largo plazo es una condición necesaria para la competitividad del precio de venta de la electricidad. Con este tipo de contratos las empresas ferroviarias se aseguran que dicho precio sea competente y más estable ante las fluctuaciones que suele tener el precio de la electricidad.

Se considera trascendental el que Renfe pueda gestionar su propia energía, ya sea a través de la generación propia, como ya lo está haciendo en oficinas y talleres, y planea hacerlo para los trenes de alta velocidad, con parques fotovoltaicos propios; como a través de los PPA. Además, la compra a largo plazo de hecho permite la construcción de nuevas infraestructuras de producción renovable y, por lo tanto, tiene un efecto real, directo y duradero en la transición energética. También, reducir los gastos en la compra de energía podría llevar incluso a invertir estos ahorros tanto en I+D para seguir mejorando la eficiencia energética y la generación, como en el aumento de la participación del ferrocarril en el sector transporte, lo que derivaría en una disminución del impacto medioambiental que genera este sector.

Se cree que Renfe debería replantearse una mayor autonomía energética y aspirar a tener una estructura energética diferenciada, que pueda ser interna como en el caso de Francia, o externa como en el caso de Alemania; y sobre todo que preste una cartera de servicios que no solamente haga rentable su funcionamiento a través de la mejora de la eficiencia energética, que está demostrado que puede ser muy grande, sino también lo haga teniendo en cuenta la posibilidad de ofrecer servicios externos. Es por ello que se recomienda realizar un estudio en profundidad a la vista de que este modelo es viable, como puede verse en los casos de Francia y Alemania. Además se ve factible su implementación a corto

plazo, teniendo en cuenta que la reforma de la Ley del Sector Ferroviario se encuentra en revisión y que se espera que en los próximos meses pase al Congreso [47] [48].

Capítulo 9. INTEGRACIÓN DE LOS ODS AL TFM

El presente trabajo se centra en la gestión energética de tres empresas ferroviarias europeas. A través del mismo se entiende la importancia de una buena gestión energética en términos de eficiencia y del tipo de fuentes utilizadas. Es por ello que su temática está estrechamente vinculada con los ODS 13 (Acción por el clima) y ODS 7 (Energía asequible y no contaminante) (Figura 7).

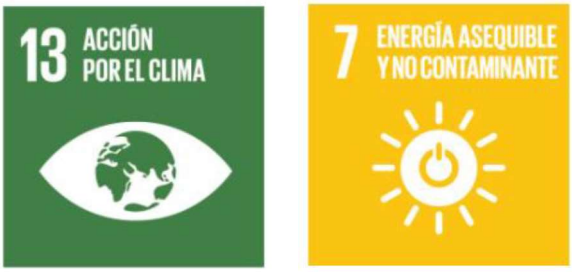

Figura 7. ODS vinculados al TFM. Fuente: [49]

En lo referente al ODS 13, este insta a adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos. Es decir, centrarse en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y en la adaptación al cambio climático. Respecto al ODS 7, este plantea garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna. Este objetivo incluye, entre otras, metas como el aumento en proporción de la energía renovable, mejorar la eficiencia energética, ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para prestar servicios energéticos sostenibles y modernos [49].

A lo largo del trabajo puede verse cómo las empresas ferroviarias de Alemania, Francia y España están alineadas a estos dos ODS, con objetivos claros y ambiciosos de reducción de emisiones, e implementando para ello acciones y desarrollando proyectos para minimizar el consumo energético y cambiar el tipo de fuente de energía tanto para la tracción de sus trenes, como para otros usos. Algunas de ellas son:

- Conducción ecológica (optimización del frenado, sistema automático de parada/reinicio del motor, regulación del uso de la energía en función de la cantidad de pasajeros).
- Valorización de la energía de frenado en sus trenes
- Desarrollo de combustibles alternativos (agrocombustibles)
- Desarrollo de trenes híbridos
- Desarrollo del tren de hidrógeno
- Desarrollo y compra de energías renovables

Capítulo 10. BIBLIOGRAFÍA

[1] C. Chéron, «ERRAC – European railway energy roadmap: towards 2030,» SNCF Innovation and Research Department, Paris, France., 2011.

[2] BBVA, *La movilidad sostenible también se logra a pie,* 2021.

[3] Ambientum, *La importancia del ferrocarril como transporte sostenible,* 2017.

[4] BBVA, *El papel del ferrocarril en la apuesta por la movilidad sostenible,* 2021.

[5] RENFE, *La empresa,* 2021.

[6] Adif, *Plan de lucha contra el cambio climático,* 2018, p. 23.

[7] Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA), *RENFE: Reducción de consumo energético y sustitución por energías limpias.*

[8] Santos Núñez del Campo, *Responsable Corporativo de Sostenibilidad y Medio Ambiente de la compañía Renfe,* Madrid, 2021.

[9] RENFE, *Informe de responsabilidad social y gobierno corporativo 2019,* 2019, p. 193.

[10] Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC), *Informe anual del sector ferroviario 2019,* 2019, p. 91.

[11] Observatorio del Ferrocarril en España. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana., *Transporte ferroviario de viajeros (viajeros y viajeros-kilómetro) por tipo de servicio,* 2021.

[12] Ministerio de Transporte, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA), *Conocer Adif,* 2021.

[13] SNCF, *Rapport financier annuel groupe SNCF,* 2020.

[14] España Exportación e Inversiones (ICEX), *Sector ferroviario en Francia,* p. 12.

[15] SNCF, *Qui sommes-nous?,* 2020.

[16] España Exportación e Inversiones, *El sector ferroviario en Alemania,* 2020.

[17] SIEMENS, *Deutsche Bahn y Siemens entran en la Era del Hidrógeno,* 2020.

[18] Deutsche Bahn, *Business units,* 2021.

[19] Diario Digital Nuestro País, *Deutsche Bahn lanza licitación europea para uso de electricidad verde,* Costa Rica, 2019.

[20] Deutsche Bahn, *Integrierter Bericht 2020,* Alemania, 2020, p. 282.

[21] Deutsche Bahn, *Green Transformation at Deutsche Bahn,* 2021.

[22] Équilibre des énergies, *Mobilité et transition énergétique : la SNCF et Transdev en mouvement !,* 2018.

[23] L. E. Lionel Steinmann, *La SNCF veut réduire sa facture énergétique,* 2017.

[24] Réseau Durable, *Olivier Menuet : "Le train est du côté des solutions dans la réponse à l'urgence climatique",* 2019.

[25] La Tribune, *La SNCF fait un pas vers l'énergie responsable,* 2019.

[26] D. Bahn, *DB Netze Energy,* 2021.

[27] E. d. Aragón, *Energy News,* 2021.

[28] Deutsche Bahn, *2019 DB Group presentation,* 2019.

[29] RENFE, *https://www.renfe.com/es/es/grupo-renfe/grupo-renfe/conocenos/renfe-2028,* 2021.

[30] SNCF, *SNCF ENERGIE ET RES SIGNENT UN CONTRAT D'ACHAT DIRECT D'ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE DE PRÈS DE 40 MW ET DE TRÈS LONGUE DURÉE EN FRANCE,* 2020.

[31] S. &. edf, *Communiqué de presse,* París, 2021.

[32] Renews.biz, *EDF to power French trains,* 2021.

[33] Deutsche Bahn, *Offshore green electricity for Deutsche Bahn trains,* 2019.

[34] Deutsche Bahn, *New sources of renewable energy: Deutsche Bahn secures hydroelectric power from Norway,* Berlin, 2021.

[35] Deutsche Bahn, *Mit Rückenwind von Helgoland: Bahnstrommix wird noch grüner,* 2021.

[36] Deutsche Bahn, *Wir testen Wasserstoff als Antriebsmittel der Zukunft,* 2021.

[37] SNCF, *MODULABLE, RECYCLABLE ET 100% CONNECTÉ : DÉCOUVREZ LE TGV M,* 2021.

[38] SNCF, *LE SOLAIRE TOUS AZIMUTS,* 2021.

[39] SNCF, *DES TER QUI ROULENT AU COLZA POUR SORTIR DU DIESEL,* 2021.

[40] SNCF, *DES TER HYBRIDES BIENTÔT DANS VOS GARES,* 2021.

[41] SNCF, *DES TER À BATTERIES POUR SORTIR DU DIESEL,* 2021.

[42] SNCF, *TRAINS HYDROGÈNE : PREMIÈRE COMMANDE LANCÉE,* 2021.

[43] SNCF, *L'ENGAGEMENT D'UN GRAND GROUPE POUR LA PLANÈTE,* 2021.

[44] D. Bahn, *Wärme aus der Erde,* 2021.

[45] D. Bahn, *Klimaschutz,* 2021.

[46] RENFE, *Transporte sostenible,* 2021.

[47] El Español, *La nueva Ley del sector ferroviario encara su recta final para hacer despegar la liberalización del ferrocarril,* 2021.

[48] El País, *Operadores de infraestructuras y transportes afrontan un otoño de fuertes reformas,* 2021.

[49] Naciones Unidas, *Objetivos de Desarrollo Sostenible,* 2021.

[50] SNCF, *Una mirada más cercana a los resultados del semestre de 2021,* 2021.

[51] Deutsche Bahn, *About us,* 2021.

[52] SNCF, *Énergie de traction et des sites,* 2021.

[53] D. Bahn, *Geschäfte,* 2021.

[54] Deutsche Bahn , *Did you know...,* 2020.