



Escola de Camins

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports
UPC BARCELONATECH

Les possibilitats de l'autopista ferroviària

Treball realitzat per:

Manel Mateu Casan

Dirigit per:

Andrés López Pita

Màster en:

Enginyeria de Camins, Canals i Ports

Barcelona, 16 de juny de 2017

Departament d'Infraestructura del Transport i del Territori

TREBALL FINAL DE MÀSTER

Les possibilitats de l'autopista ferroviària

Autor: Manel Mateu Casan

Tutor: Andrés López Pita

Paraules clau: autopista ferroviària, transport combinat, ferrocarril, mercaderies, Modalohr

RESUM

El present document tracta d'analitzar quines oportunitats poden oferir les autopistes ferroviàries en un país on el transport de mercaderies s'efectua majoritàriament per carretera. La situació actual resulta insostenible i si no es comença a actuar amb celeritat, pot agreujar-se ja que precisament el transport realitzat per carretera no para de créixer. Contaminació, congestions, accidents són alguns dels principals problemes que porta associats un excés de vehicles pesants a les carreteres de regions o territoris que es poden acabar convertint exclusivament de pas.

Per tal de reduir els costos externs que causa sobre la població l'actual forma de transportar mercaderies llargues distàncies dins del continent europeu, es planteja recórrer al ferrocarril, gràcies als nombrosos beneficis que pot aportar de cara al transport de grans volums durant llargues distàncies. Cal apostar fort per un mitjà de transport que amb les dècades ha anat adquirint una participació modal que es podria qualificar de residual en el transport de mercaderies, estancat al voltant del 2 % durant els últims anys. La solució de les autopistes ferroviàries no és més que una combinació del mode tren i el mode carretera que uneix els avantatges de cadascun dels dos modes per tal de completar la cadena de transport d'una forma més respectuosa amb el medi ambient però també capaç d'aportar una millor gestió dels recursos per al transportista.

Es documentaran totes aquelles diferents tecnologies que han anat sorgint per tal de permetre la càrrega dels semiremolcs o bé conjunts sencers sobre els vagons especials, amb especial interès per aquells que es troben actualment en ús a Europa. De l'anàlisi de les 14 relacions d'autopista ferroviària actualment en explotació a Europa se'n podran extreure valuoses remarques. Aquestes últimes ajudaran a assolir l'objectiu d'aquest treball, és a dir veure quines relacions internacionals podrien tenir suficient demanda tot fixant la ubicació de terminals intermodals d'autopista ferroviària en sòl espanyol. El sistema Modalohr és el més ben posicionat per oferir aquest servei a Espanya, podent oferir continuïtat amb el país veí de França i tarifes suficientment contingudes.

Per procedir amb la finalitat comentada, s'analitzarà detalladament tots els fluxos de comerç exterior i també interior de l'exercici més recent. Juntament amb un recull de les infraestructures viàries i ferroviàries existents amb especial interès per les utilitzades per creuar les fronteres dels països contigus a Espanya, s'acabaran proposant tres relacions internacionals. Aquestes podrien oferir una capacitat anual propera a les 210.000 unitats de càrrega, en una primera fase d'establiment. Això significaria segons els valors de les intensitats mitjanes diàries a la frontera entre França i Espanya, que un 2,5 % dels vehicles pesants ho podrien fer circulant en tren.

The possibilities of rolling highways

Author: Manel Mateu Casan

Tutor: Andrés López Pita

Paraules clau: rolling highway, combined transport, railway, freight, Modalohr

ABSTRACT

The purpose of this document is to identify the possibilities that rolling highways could have in Spain, where freight is transported mainly over roads. The current situation it turns out to be unsustainable, and if no action is taken with celerity, this could become even worse as road transport is growing year by year. Pollution, traffic jams and accidents are some of the main problems that can be linked with an excess of heavy good vehicles moving through regions or territories, often just crossing them entirely.

In order to reduce the external costs that cause over the population the present way of transporting goods long distances within the European continent, it is suggested to turn to railway, due to the multiple benefits it has for transporting big volumes along big distances. It is required to bet high for this mode of transport that over the decades has reduced its modal split up down to 2 %. The solution of rolling highways it is just a combination of the railway and road modes, joining the advantages of each one for completing the transport chain in a more sustainable way but also being able to offer a better management of the resources for the transport company.

A detailed study of all the different technologies that have appeared over the years that allow to load a trailer or even the entire truck set is included, with special interest for those currently under operation in Europe. From the analysis of the 14 relations of rolling highways operated in the same continent, some valuable highlights are extracted. These last ones will be useful to achieve the aim of this work, that is to say, realize which international connections would have enough demand while pointing at the same time the best location for the intermodal terminals for rolling highways in Spanish territory. The Modalohr system is the one that suits the most for offering this service in Spain, capable of providing continuity with the already constructed terminals in France as well as sufficiently contained price.

To proceed with the already mentioned objective, an analysis of the foreign trade flows is carried out, and also the same is done for the interior trade. In both cases, the last available data is used. Together with a review of the road and railway infrastructures, focusing in those that permit to cross the borders with the countries that are surrounding Spain, finally three international relations are presented. These ones could offer an anual capacity for transporting about 210.000 units of load during a first phase of deploy. This means according to the average daily vehicle intensity in the the set of crossings shared between France and Spain, that up to 2,5 % of the heavy good vehicles could switch to the rolling highways.

AGRAÏMENTS

Voldria agrair especialment a Andrés López Pita, tutor d'aquest treball de fi de màster per haver-me donat l'oportunitat d'endinsar-me en una vessant del ferrocarril, que aconseguí captar el meu interès ja quan ens en parlà a l'assignatura de Ferrocarrils del grau d'Enginyeria Civil. La manera única de transmetre la seva dilatada experiència al capdavant dels projectes ferroviaris més rellevants que han tingut lloc en aquest país han estat molt enriquidors per a mi com a estudiant. El seu ampli coneixement i vocació per saber-lo transmetre no solament es troba a les aules de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona, sinó que també es troba recollida en els seus diversos llibres de referència publicats i en cadascuna de les reunions de tutorització realitzades.

Agrair també a Imad Jenayeh, director de CargoBeamer, per resoldre'm via telèfon les meves consultes relatives a l'explotació actual de les autopistes ferroviàries de la citada companyia, gràcies a les quals he pogut dotar el present treball d'informació fidedigna.

ÍNDEX

1.	Introducció	1
2.	Objectius	3
3.	Situació actual: repartiment modal desequilibrat	4
3.1.	Creixement del transport de mercaderies	7
4.	Intermodalitat. Transport combinat tren – carretera.....	9
4.1.	Què és la intermodalitat?.....	9
4.2.	Els avantatges del desplaçament sobre rails	11
4.3.	El camí cap a un transport més sostenible.....	12
5.	Sistemes disponibles d'intermodalitat carretera-tren	16
5.1.	Road-Railer	16
5.2.	Vagó butxaca o cangur.....	17
5.3.	Sistema d'autopista ferroviària existent a Suïssa (RoLa).....	19
5.4.	Iron Highway	20
5.5.	Multi-berces	21
5.6.	Carregador lateral de contenidors	22
5.7.	Sistema de transport combinat de l'Eurotúnel	23
5.8.	Modalohr	24
5.9.	CargoRoo	26
5.10.	ResoRail	26
5.11.	CargoSpeed	27
5.12.	MegaSwing	28
5.13.	Flexiwagon.....	30
5.14.	CargoBeamer.....	32
5.15.	Eco-pickers.....	33
5.16.	ContainMover	34
5.17.	Selecció dels sistemes tècnicament més avantatjosos	36
6.	Serveis en funcionament a Europa d'autopista ferroviària.....	37
6.1.	Característiques referents a l'exploració	40
6.2.	Tarificació del servei.....	41
6.3.	Capacitat i taxa d'ocupació de les autopistes ferroviàries.....	43

6.4. Terminals d'autopistes ferroviàries	46
7. Consideracions per a la creació d'una autopista ferroviària.....	48
7.1. Consideracions d'aspecte material o constructiu	48
7.2. Consideracions de sostenibilitat referents a l'operació	49
8. Estudi del transport de mercaderies per carretera a Espanya	51
8.1. Infraestructures ferroviàries i viàries a Espanya	52
8.2. Estudi del volum de mercaderies intercanviat a Espanya	64
8.3. Estudi a nivell provincial de les mercaderies intercanviades	68
8.4. Volum de mercaderies passant per les fronteres espanyoles.....	74
8.5. Comerç interior realitzat per carretera.....	77
8.6. Costos d'explotació del transport per carretera	79
9. Propostes d'autopista ferroviària a Espanya	80
9.1. Participació de cada mode de cara al preu òptim	82
9.2. Rampes característiques de les línies ferroviàries actuals	83
9.3. Circulacions promig de trens de mercaderies.....	84
9.4. Autopistes ferroviàries proposades	85
10. Conclusions	87
11. Referències.....	88
12. Annexos.....	92
12.1. Annex I: Emissions dels vehicles.....	92
12.2. Annex II: Sistemes de canvi d'ample i altres solucions emprades.....	96
12.3. Annex III: Gàlibs.....	102

ÍNDIX DE FIGURES

Figura 3-1. Mapa que mostra els diferents amplex de via principalment adoptats als diferents països del món. El color gris denota l'absència de ferrocarril	5
Figura 4-1. Diagrama de forces i punts de contacte en una roda de ferrocarril (esquerra). Detall d'una roda de ferrocarril i la part superior del rail (dreta).....	11
Figura 4-2. Terminals de transport combinat considerades en la realització de l'estudi CO2 Reduction Through Combined Transport	13
Figura 4-3. Relacions analitzades entre diferents terminals de transport combinat europees en l'estudi l'estudi CO2 Reduction Through Combined Transport.....	14
Figura 4-4. Origen de l'energia emprada per a l'alimentació de les línies de ferrocarrils en diferents països del continent europeu, a l'any 2001.	15
Figura 5-1. Seqüència de càrrega d'un semiremoltc en un bogie de la tecnologia RoadRailer....	16
Figura 5-2. Vagó cangur de primera generació en posició horitzontal (esquerra) i vagó cangur en posició inclinada per a permetre l'inici de la marxa del tren d'acord amb el gàlib estàndard (dreta).	17
Figura 5-3. Grua equipada amb pinces sostenint un semiremoltc compatible amb aquest mètode d'hissat (imatge esquerra). Detall d'un vagó butxaca on es poden veure els pius que permeten el transport de contenidors (imatge dreta).....	18
Figura 5-4. Detall de la porta que tanca el vagó extrem portador de conjunts sencers de camions (imatge dreta). Moment en el que s'instal·la la rampa que permet la sortida dels camions en la terminal de destí.	19
Figura 5-5. Càrrega d'un semiremoltc en un tren Iron Highway als Estats Units (dreta) i representació gràfica resumida de tots els components d'aquest sistema (esquerra).	20
Figura 5-6. Camió equipat amb braç hidràulic durant el procés de càrrega/descàrrega d'un contenidor de 20 peus en un vagó Multi-berces.....	21
Figura 5-7. Camió tràiler equipat amb un carregador lateral de contenidors de fins a 40 peus efectuant una transferència a un vagó portacontenidors en una terminal ferroviària.	22
Figura 5-8. Llançadora de l'Eurotunnel per al transport de vehicles pesants en el moment en què un camió accedeix a la plataforma de càrrega.....	23
Figura 5-9. Primera generació de vagons Modalohr a la terminal d' El Voló (França).	24
Figura 5-10. A l'esquerra detall de l'obra amb els elements que permeten pivotar el vagó i la càrrega del semiremoltc. A l'esquerra es pot veure les dues butxaques que ofereix el vagó Modalohr UIC	25
Figura 5-11. Recreació instal·lació Plug & Play Modalohr Terminal.....	25
Figura 5-12. Recreacions fetes per ordinador del concepte CargoRoo	26

Figura 5-13. Recreacions realitzades per ordinador del concepte ResoRail. quan es troba estacionat a la terminal realitzant càrregues i descàrregues (esquerra) i circulant (dreta)	27
Figura 5-14. Seqüència d'imatges que mostren l'elevació i gir de la plataforma on s'allotgen els semiremolcs en la proposta CargoSpeed.....	28
Figura 5-15. Vagó MegaSwing just en l'operació d'esser carregat/descarregat. Observi's el detall del braç estabilitzador.....	29
Figura 5-16. Vagó MegaSwing Duo, on els dos compartiments es troben en posició de càrrega/descàrrega.....	30
Figura 5-17. Recreació en tres dimensions d'un vagó Flexiwagon.	31
Figura 5-18. Vista en planta de les 8 possibles configuracions que pot adoptar el vagó Flexiwagon per tal de carregar o descarregar els conjunts sencers de semi-remolcs i unitats tractores.....	31
Figura 5-19. Terminal ubicada a les instal·lacions de CargoBeamer per a efectuar demostracions	33
Figura 5-20. Prototip de vagó Eco-Pickers obert, moment en el qual permet la càrrega o descàrrega.....	34
Figura 5-21. Vista d'un cos mòbil frigorífic estacionat (imatge de l'esquerra). Instal·lació d'un marc adaptador ContaiMover a un vago convencional portacontenidors (imatge de la dreta). ..	35
Figura 5-22. Camió i vago equipats amb els elements de la tecnologia ContainMover efectuant una transferència d'un cos mòbil horitzontalment.	35
Figura 5-23. Línia temporal dels diferents sistemes de transport combinat carretera-tren	36
Figura 5-1. Autopistes ferroviàries en explotació a Europa classificades per tipologia.....	37
Figura 5-2. Traçat ferroviari en doble via a Spital am Semmering, als Alps austríacs per on hi transita el servei d'autopista ferroviària Wels - Maribor	38
Figura 5-3. Àrea de les terminals d'autopista ferroviària a Wörgl (Àustria), El Voló (França) i Colònia (Alemanya) de dalt a baix.....	47
Figura 7-1. Representació gràfica de dos casos extrems simulats on el transport combinat no és una bona opció.	49
Figura 7-2 Consum d'energia específic per a un camió de 40t i trens de diferent longitud de transport combinat. Relació Hamburg-Budapest.	50
Figura 8-1. Mapa de les línies ferroviàries de mercaderies d'Espanya a l'any 2014 amb els seus respectius ample de via	52
Figura 8-2. Corredors de la xarxa transeuropea de transport (TEN-T) prioritari que es complementen amb diversos modes de transports	56
Figura 8-3. Mapa amb les autopistes, autovies i carreteres nacionals d'Espanya i com es perllonguen aquestes a Portugal i França.....	57

Figura 8-4. Plataforma de l'autovia A-14 al seu pas per Alguaire asfaltada amb una capa de base. Al fons de la imatge, la Serra del Montsec	60
Figura 8-5. Intensitat mitjana dirària de vehicles pesants en els principals punts fronterers d'Espanya amb França, Andorra i Portugal.	63
Figura 8-6. Càrrega de semiremolcs en un buc Ro-Ro al del Port de Barcelona	68
Figura 9-1. Anàlisi DAFO sobre la tria del sistema Modalohr per a a les futures autopistes ferroviàries a Espanya	81
Figura 9-2. Rampes característiques (mm) de totes les línies de ferrocarril a Espanya a inicis de l'any 2010.....	83
Figura 9-3. Relacions d'autopista ferroviària proposades	85
Figura 12-1. Tipus de combustions dels hidrocarburs segons el grau de completament	92
Figura 12-2. Comparativa de la reducció de les emissions en motors dièsel al llarg de quatre dècades.	95
Figura 12-3. Imatge que capta el canvi d'eixos a les instal·lacions de Transfesa a Cervera de la Marenda, en aquest cas els eixos entren fins a situar-se sota el vagó en la mateixa direcció longitudinal al tren	96
Figura 12-4. Moment en el que un eix d'un vagó és substituït en els instal·lacions de Transfesa a Hendaia	97
Figura 12-5. Canviador de fils. En la part superior, el tren d'ample estàndard és canviat de costat, mentre que en la part inferior és la via menor (ample europeu) la que té pas directe.....	97
Figura 12-6. Detall del canviador d'ample a la instal·lació tècnica de Santa Catalina (Madrid)	99
Figura 12-7. Eix d'ample variable OGI per a vagons de mercaderies en fase d'homologació .	101
Figura 12-8. Tren compostat per vagons portacontenidors apil·lats a doble altura i autopista ferroviària als EUA	102
Figura 12-9. Tren que transportava contenidors apilats a doble altura i que fou redirigit per una altra línia de gàlib insuficient. Incident ocorregut l'any 2008 al túnel de Windsor-Detroit (EUA).	102
Figura 12-10. Gàlibs estàndarditzats per la UIC	103
Figura 12-11. Comparació entre les especificacions de gàlib de càrrega dels sistemes RoLa i Modalohr	104

ÍNDIX DE GRÀFIQUES

Gràfica 3-1. Repartiment modal per a l'any 2014 en els diferents països de l'UE-28.....	4
Gràfica 3-2. Evolució de la quota de participació dels modes carretera i ferrocarril a Espanya, França i Portugal entre els anys 2005 i 2014.....	6
Gràfica 6-1. Correlació de les tarifes que apliquen a cada servei i els quilòmetres recorreguts .	42
Gràfica 6-2. Capacitat màxima ofertada a l'any en els serveis europeus d'autopista ferroviària	44
Gràfica 8-1. Evolució del volum d'exportacions espanyoles amb els principals socis de l'UE-28	64
Gràfica 8-2. Evolució del volum d'importacions espanyoles amb els principals socis de l'UE-28	65
Gràfica 8-3. Evolució del volum d'exportacions espanyoles a països no pertanyents a l'UE-28	66
Gràfica 8-4. Evolució del volum d'importacions espanyoles de països no pertanyents a l'UE-28	67
Gràfica 8-5. Volum de mercaderies exportat per les diferents províncies d'Espanya a països de l'UE-28 per carretera l'any 2016	70
Gràfica 8-6. Volum de mercaderies importat a les diferents províncies d'Espanya de països de l'UE-28 per carretera l'any 2016	71
Gràfica 8-7. Volum de mercaderies exportat per les diferents províncies d'Espanya a països del continent europeu no adherits a l'UE-28.....	72
Gràfica 8-8. Volum de mercaderies importat a les diferents províncies d'Espanya a països del continent europeu no adherits a l'UE-28.....	73
Gràfica 8-9. Volum de mercaderies mogut provinent d'importacions i exportacions amb Portugal per carretera l'any 2016	74
Gràfica 8-10. Volum de mercaderies mogut provinent d'importacions i exportacions amb països europeus per carretera l'any 2016	75
Gràfica 8-11. Volum de mercaderies amb origen o destí el país de Portugal i que creua Espanya i les fronteres d'aquesta per carretera.....	76
Gràfica 8-12. Comerç interior més destacat entre les comunitats autònomes pensinsulars per carretera l'any 2016.....	77
Gràfica 8-13. Volum de mercaderies transportat dins d'una mateixa comunitat autònoma peninsular per carretera l'any 2016	78
Gràfica 9-1. Cost total en euros d'un trajecte d'anada segons la participació del mode carretera i el ferrocarril.....	82
Gràfica 9-2. Circulacions promig diàries de trens de mercaderies a la xarxa de ferrocarrils espanyola.....	84

ÍNDIX DE TAULES

Taula 3-1. Variació interanual de les quotes dels modes carretera i ferrocarril entre els anys 2006 i 2014 a Espanya, França i Portugal	7
Taula 3-2. Volum de transport de mercaderies en relació al PIB. (Any 2005=100).....	8
Taula 4-1. Resistència al rodament en diferents combinacions de materials	12
Taula 6-1. Resum dels principals trets característics dels sistemes d'autopista ferroviària en plataforma contínua, Modalohr i Cargobeamer	39
Taula 6-2	40
Taula 8-1. Línies ferroviàries de mercaderies que uneixen Espanya i França	53
Taula 8-2. Línies ferroviàries de mercaderies que uneixen Espanya i Portugal	53
Taula 8-3. Quilòmetres de vies de pagament a cada comunitat autònoma a l'any 2017.....	58
Taula 8-4. Intensitat mitjana diària de vehicles pesants als passos transfronterers d'Espanya amb França i Andorra en els aforaments de trànsit més recents	59
Taula 8-5. Intensitat mitjana diària de vehicles pesants als passos transfronterers entre Espanya i Portugal l'any 2015	61
Taula 8-6. Resum de les kilo tones mogudes l'any 2016 per carretera entre les províncies espanyoles situades en territori peninsular i els països de l'UE-28 (negre) i els que no en formen part (gris).....	69
Taula 8-7. Costos d'explotació empresa transport per carretera nacional.....	79
Taula 9-1. Comparació de cost i distància entre les alternatives d'autopista ferroviària i carretera per a les relaciones proposades	86
Taula 9-2. Capacitat anual ofertada en la fase inicial de les autopistes ferroviàries espanyoles.	86
Taula 12-1. Normatives EURO per a vehicles pesants	93
Taula 12-2. Períodes durant els quals s'han de mantenir els límits màxims d'emissions en les normes EURO IV,V i VI.....	94
Taula 12-3. Comparació dels diferents sistemes de canviadors d'ample automàtics.....	98
Taula 12-4. Recull dels assaigs en banc de proves per a l'homologació de l'eix OGI	100
Taula 12-5. Recull dels assaigs en via per a l'homologació de l'eix OGI	100

1. Introducció

El moviment de mercaderies és quelcom essencial per tal d'assegurar la prosperitat econòmica d'un territori i dels seus habitants. Si bé porta un bon grapat de beneficis com ara poder disposar d'existències a l'estanteria del supermercat local on anem a fer la compra, proveir de productes mèdics als hospitals, garantir la disponibilitat de recanvis als tallers de vehicles, etc. també porta associat nombrosos inconvenients. El transport per carretera, que actualment té la quota de repartiment modal major a Europa, és responsable de la contaminació de l'atmosfera, causant de soroll i vibracions i com no podia ser d'una altra manera també pren partit en accidents amb víctimes mortals.

Atès que la societat actual dels països desenvolupats i també cada cop més la dels països en vies de desenvolupament no pot prescindir del transport per carretera, sí que hi ha marge de millora dels inconvenients abans citats si s'introdueix la combinació de diversos modes dins d'una cadena de transport. D'aquesta manera, es pot tendir cap a una solució parcial del problema essent més respectuosa amb el medi ambient, viable econòmicament i també factible a nivell operacional. És el que s'anomena intermodalitat i és un sistema que té lloc quan dos o més modes de transport, com ara ferrocarril-carretera, ferrocarril-marítim o marítim-carretera, són emprats per completar el moviment de mercaderies des de l'origen fins a destí contingudes en una unitat de càrrega. Aquesta unitat de càrrega pot tractar-se d'un contenidor estandarditzat ISO, un semiremoc, un camió sencer o un cos mòbil. Les mercaderies transportades a l'interior de la unitat de càrrega romanen inalterades i solament és transfereix la unitat d'un mode a un altre.

En aquest present treball es pretén profunditzar en la intermodalitat que s'articula entre el ferrocarril i el transport per carretera. Aquesta junta les millors qualitats de cada una, per una banda el ferrocarril serveix per a guanyar grans distàncies sense tenir que fer les parades obligatòries per descans del conductor i estalviar al medi ambient elevades emissions de contaminants. Per altra banda el camió és utilitzat per allò en què és indiscutiblement més útil, pels trajectes inicials i finals del viatge, atesa la seva capacitat de distribució a llocs on no arriben les línies de ferrocarril o els canals interns de navegació. Primerament tenim l'etapa inicial que és aquella que comprèn el trajecte amb vehicle pesant des del punt de càrrega de la mercaderia fins a l'estació ferroviària de càrrega apropiada i propera. Tanmateix, l'última etapa serà aquella que d'igual manera es farà per carretera amb vehicle des de l'estació ferroviària de descàrrega més propera al destí final de les mercaderies transportades.

Aquesta és sens dubte l'estratègia que des de la Comissió Europea s'envia a través de les seves publicacions del Llibre Blanc del Transport. En la seva última edició publicada, a l'any 2011 i titulada *Fulla de ruta cap a un espai únic europeu de transport: per una política de transports competitiva i sostenible* es posa especialment èmfasi en aconseguir un canvi en el repartiment modal actual, en el que les formes més sostenibles estan relegades a un paper secundari.

Tal i com s'ha dit abans, el públic en general és fortament depenent del transport per carretera ja que gràcies a ell es disposa de béns de consum a les zones habitades. Malgrat ser un mode flexible i indispensable, genera una problemàtica en la pol·lució de l'aire, que ja es sap del prou cert acaba afectant la salut dels humans. I no sols això, sinó que també el seu pas per nuclis urbans o

poblacionals, causa molèsties per soroll i vibracions provinents dels vehicles pesants. No podem menystenir pas tampoc la seva contribució en les congestions de trànsit així com també que es vegin implicats sovint en fatals accidents. Però no obstant això, és possible reduir tots aquests efectes nocius a través de la combinació de diversos modes de transport que permetran efectuar transports de mercaderies entre els mateixos punts però de manera menys contaminant amb el medi ambient, silenciosa i alliberant les vies de vehicles que alhora podria repercutir en un descens d'accidents de trànsit mortals. Des del punt de vista de l'operador del transport per carretera, tendir cap a solucions de transport combinat permetrà reduir-li costos d'explotació (dièsel) i manteniment de la unitat tractora i semiremolc, tenir el conjunt de bens camió-mercaderia menys exposat a accidents i robatoris i finalment l'estalvi de taxes aplicades als vehicles més contaminants al seu pas per alguns països.

En els propers anys serà fonamental doncs anar efectuant un canvi de mentalitat i passar d'un transport porta a porta que avui en dia s'efectua majoritàriament via carretera cap a solucions que passin per la intermodalitat i fins i tot la multimodalitat, quan més de dos modes siguin utilitzats per completar la cadena de transport.

2. Objectius

En aquest treball l'objectiu final és esbrinar les possibilitats que podrien tenir les autopistes ferroviàries en el nostre país, o en altres paraules tractar de veure en quin grau podrien penetrar en un mercat dominat des de sempre pel transport per carretera.

Es veuran a més amb detall totes les invencions que s'han anat fent en matèria de material rodant per tal de fer d'aquesta una opció viable a curt i llarg termini. Mitjançant un anàlisi de les especificacions que ofereix cadascuna d'aquestes tecnologies, ja sigui existent en l'actualitat o bé una simple idea sobre el paper, es podran descartar segons criteri propi aquelles que per la seva complexitat o requeriment d'elements complementaris acaben sent pitjor opció que la resta.

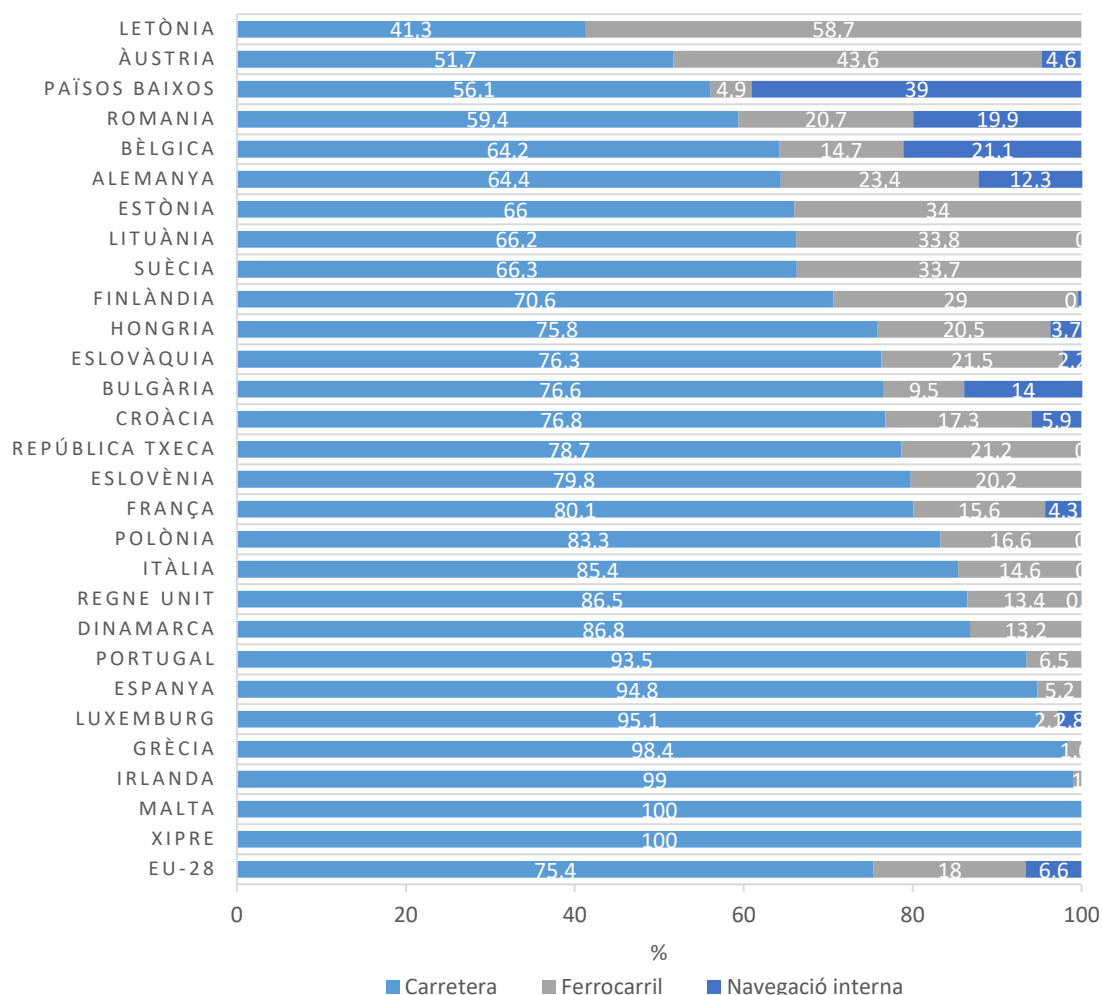
S'obtindrà també una visió genèrica de les implicacions tècniques que té la construcció i explotació d'un servei d'autopista ferroviària, tot traslladant al lector als principals casos d'aplicació real. Gràcies a l'obtenció d'informació relativa al nombre de vehicles que en fan ús al llarg de l'any i la seva tarificació, es reuniran els factors que poden ajudar a decidir si aquesta és una inversió justificada per al conjunt de la societat en el nostre territori.

En cap moment es perdrà de vista una de les grans virtuts del transport combinat ferrocarril-carretera, que és la sostenibilitat vers el medi ambient que presenta. Dit això, es podrà conèixer de primera mà els resultats d'investigacions realitzades en la passada dècada sobre el consum d'energia i emissió de diòxid de carboni a l'atmosfera de diferents configuracions adoptades per aquesta alternativa que reclama obrir-se pas més enllà dels països europeus en els que ja fa anys que s'utilitza. En un dels annexos es podran seguir els avenços relatius a les últimes motoritzacions dièsel que propulsen el transport rodat, si bé hi ha hagut millores importants en les emissions, el continu creixement del transport mogut per carretera amb la introducció contínua d'unitats, amenacen en enquistar un dels principals focus de contaminació que existeix avui en dia.

3. Situació actual: repartiment modal desequilibrat

Actualment, en la gran majoria dels 28 països que componen la Unió Europea, el transport per carretera n'és indiscutiblement el mode més usat. En la Figura 3-1 s'observa per a l'any 2014 el repartiment modal que hi va haver. En alguns països no aplica el mode de navegació interna o bé és negligible. A excepció de Letònia, els camions s'erigeixen com l'opció principal molt per davant del segon mode més empleat en línies generals que és el ferrocarril.

Espanya es situa molt enrera del 18% de quota que obté el ferrocarril en el transport de mercaderies en el conjunt de l'UE-28, amb un 5.2% solament. La navegació interior, no aconsegueix obtenir quota de participació tot i l'existència d'una via que arriba al Port de Sevilla (89 km) a través del riu Guadalquivir.



Gràfica 3-1. Repartiment modal per a l'any 2014 en els diferents països de l'UE-28

Nota: La font d'on s'han obtingut les dades mostra com a dades definitives més recents les de l'any 2014 i solament té en compte els tres modes de transport següents dins de cada país: carretera, ferrocarril i navegació per canals interns.

Font: Elaboració pròpia a partir de dades d'Eurostat (2017)

El mode carretera obtingué l'any 2014 una participació del 94.8%, essent aquesta xifra de les més altes de tota la Unió Europea, solament superada per Luxemburg i els territoris insulars de Grècia, Irlanda, Malta, Xipre . En alguns d'aquests últims casos resulta comprensible que no es disposi de línies ferroviàries en l'actualitat, ateses les dimensions de les illes. En canvi, pel cas que ens ocupa, el d'Espanya, resulta xocant en certa manera com una regió amb tant de potencial per realitzar intercanvis amb la resta d'Europa no assoleixi major quota el ferrocarril.

Tres motius poden ajudar a explicar aquest fet, per una banda els Pirineus que exerceixen de barrera a la frontera amb França, i per altra la diferència encara avui en dia existent en l'ample de via entre els països de la Península Ibèrica (Espanya, Portugal) i la resta d'Europa. L'anomenat ample ibèric de 1.668 mm segueix sent el predominant en els 16.105 km de línies ferroviàries existents a Espanya l'any 2014, amb un total de 11.873 km. Afortunadament amb la construcció de les noves línies d'alta velocitat per al transport de passatgers, ja s'ha anat instaurant l'ample estàndard europeu de 1.435 mm, fins a registrar 2.312 km. La resta de quilòmetres de les línies ferroviàries espanyoles tenen altres amplituds de via menys habituals avui en dia com el de 1.000 mm (1.885 km) , 914 mm (28 km) i 600 mm (3.6 km). Totes les noves línies construïdes en ample europeu són electrificades, no essent així en les d'ample ibèric, ja que solament ho estan el 50 %.

Portugal en canvi, encara no ha construït cap tram d'ample de via europeu, i en l'any 2014 l'inventari de línies de ferrocarril d'aquest país comptabilitza 3.075 quilòmetres dels quals 2.439 són d'ample ibèric. Una petita part, està construïda en ample estret de 1.000 mm (108 quilòmetres), i hi ha un total de 528 quilòmetres d'ample no especificat. Solament el 50 % del traçat està electrificat.

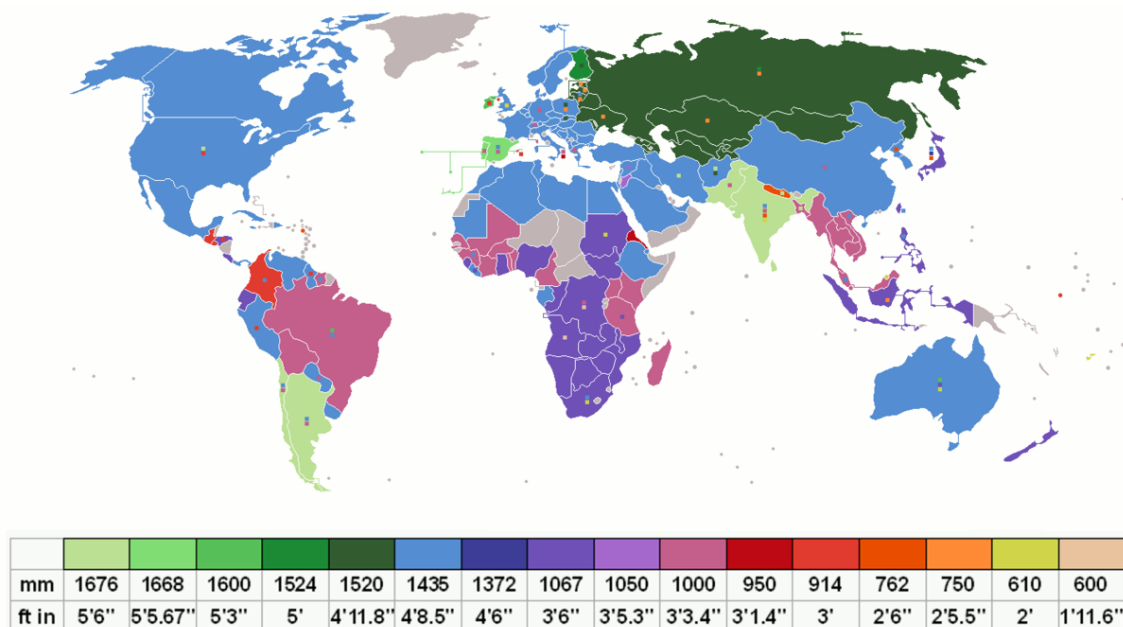


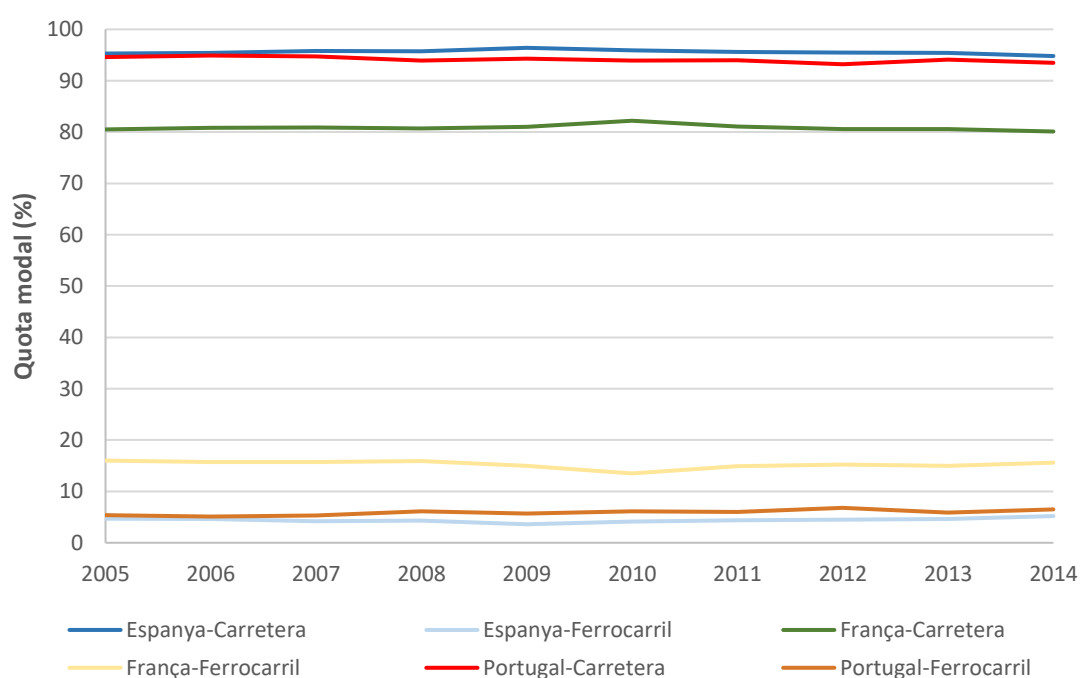
Figura 3-1. Mapa que mostra els diferents amplituds de via principalment adoptats als diferents països del món. El color gris denota l'absència de ferrocarril

Font: Wikipedia (2006)

Resulta primordial efectuar un canvi de tendència en la construcció de línies ferroviàries per a trens de mercaderies i instaurar l'ample estàndard per a no perdre competitivitat respecte la resta de països d'Europa. Si bé s'ha tractat de solucionar el problema amb la construcció de punts intercanviadors d'amples de via automàtics compatibles amb trens de mercaderies, continuen sent una solució costosa, lenta i lligada a un manteniment freqüent.

El tercer dels motius cal buscar-lo en el procés de liberalització del mercat espanyol ferroviari. Ha consistit més en un tràmit formal imposat per les directrius europees i en cap cas s'ha promogut la creació d'un sector atractiu per a l'entrada d'empreses privades que vulguin operar aquest tipus de servei. (Llevat & Llobet, 2016)

En la Gràfica 3-2 es representa l'evolució entre els anys 2005 i 2014 de les quotes per als modes carretera i ferrocarril a Espanya, França i Portugal.



Gràfica 3-2. Evolució de la quota de participació dels modes carretera i ferrocarril a Espanya, França i Portugal entre els anys 2005 i 2014

Font: Elaboració pròpia a partir de dades d'Eurostat (2017)

La situació pel que fa al repartiment modal a Espanya i Portugal guarda una forta similitud. Segueix essent superior en percentatge la quota associada a l'ús del ferrocarril per al transport de mercaderies al territori portuguès, amb un 6,5 % l'any 2014. En el cas d'Espanya es registra en l'any 2014 el millor resultat per aquest mode de transport de tota la sèrie aquí representada, amb un 5,2%. A França en canvi, el ferrocarril ja fa anys que hi juga un paper més rellevant, superant lleugerament el 15 % de participació entre els anys 2012 i 2014.

Seguidament es resumeixen a la Taula 3-1 les variacions interanuals de les quotes que han experimentat els dos modes analitzats al llarg del període 2006-2014.

Taula 3-1. Variació interanual de les quotes dels modes carretera i ferrocarril entre els anys 2006 i 2014 a Espanya, França i Portugal

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Espanya-Carretera	0,1%	0,4%	-0,1%	0,7%	-0,5%	-0,3%	-0,1%	-0,1%	-0,6%
Espanya-Ferrocarril	-2,1%	-8,7%	2,4%	-16,3%	13,9%	7,3%	2,3%	2,2%	13,0%
França-Carretera	0,4%	0,1%	-0,2%	0,4%	1,5%	-1,3%	-0,6%	0,0%	-0,6%
França-Ferrocarril	-1,9%	0,0%	1,3%	-5,7%	-10,0%	10,4%	2,0%	-1,3%	4,0%
Portugal-Carretera	0,3%	-0,2%	-0,8%	0,4%	-0,4%	0,1%	-0,9%	1,0%	-0,6%
Portugal-Ferrocarril	-5,6%	3,9%	15,1%	-6,6%	7,0%	-1,6%	13,3%	-13,2%	10,2%

Font: Elaboració pròpia a partir de dades d'Eurostat (2017)

De l'observació de la taula anterior es pot concloure el paper antagònic que tenen els modes carretera i ferrocarril a Portugal i a Espanya. En altres paraules, quan en un mateix any s'ha perdut quota del mode carretera, la variació experimentada pel mode ferrocarril ha estat positiva i a la inversa. Si bé en línies generals a França també es dona aquest cas, una part de la quota modal l'obté la navegació interna, amb la qual cosa es justifica el fet de que en un any donat el mode carretera no experimenti variació respecte l'any anterior però sí ho faci la quota del mode ferrocarril. Dels tres països analitzats, Espanya és on està creixent més la participació en el transport de mercaderies realitzat amb ferrocarril. Concretament, entre els anys 2010 i 2014, és l'únic dels tres països on hi ha hagut un creixement positiu. Caldrà veure si en els propers exercicis es manté la tendència positiva del mode ferroviari tal com es deixa entreveure tant a Espanya, com França i Portugal en l'últim any recollit per la taula.

3.1. Creixement del transport de mercaderies

Amb les successives ampliacions del nombre de països constituents de la Unió Europea, s'ha vist també créixer el nombre d'operacions d'intercanvi de mercaderies. És evident que amb cada nova entrada, augmenta el nombre de compradors potencials dels productes produïts en els diferents països de l'UE. Al gener de 2016, segons dades extretes del web de l'Unió Europea, es superaven els 510 milions d'habitants en el conjunt de l'UE-28. S'han obert excel·lents oportunitats de negoci entre territoris separats milers de quilòmetres, fet que reforça la idea de què cal buscar noves maneres de fer arribar les mercaderies de manera més eficient i sostenible.

A la Taula 3-2 es dona compte d'una mesura de la mobilitat molt estesa que consisteix en expressar la ràtio entre tonelades-quilòmetre (transport interior únicament) i PIB (valors de l'any 2005). En l'últim any del qual es té dades definitives, 2014, s'observa un increment de 0,8 punts en el transport de mercaderies a Espanya. En comparació amb la resta de països de la taula, es pot

afirmar que a Espanya hi ha un grau elevat de mobilitat pel que fa a mercaderies. Una altra lectura que se'n pot fer d'aquest indicador és que per cada unitat del producte interior brut es requereix de major desplaçament dels productes (ton·km).

Taula 3-2. Volum de transport de mercaderies en relació al PIB. (Any 2005=100)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Alemanya	100	102,9	104	102,5	95,7	96,7	95,1	91,5	91,8	91
Àustria	100	103,9	99,2	93,3	80,8	82,6	80,6	74,9	71,6	73,1
Bèlgica	100	98,9	94,1	86,7	78,6	79,5	75,6	75,3	76,3	73,9
Bulgària	100	92,1	89,5	93	111,5	120,9	120,1	135,7	146,7	147,1
Croàcia	100	105,6	104,8	110	100	98,1	96,2	95,8	98,8	101
Dinamarca	100	88,2	86	81,3	74,5	68,1	73,1	74	72,5	72,1
Eslovàquia	100	92,7	97,9	97,2	92,2	91	91,4	90,5	92,4	93,4
Eslovènia	100	102,7	107,5	118,7	114,4	124,4	129	127,1	130,8	131,3
Espanya	100	99,3	102,1	94,9	85,1	84,9	84,7	83,9	82,5	83,3
Estònia	100	87,9	75,9	71,9	71,5	75,8	70,1	59,7	57,6	50
Finlàndia	100	94,3	88,6	91,3	87,3	90,8	81,7	79,5	78,2	76,7
França	100	100,3	101,5	95,5	82,6	83,7	84,7	79	78	75,5
Grècia	100	134,6	107,6	111,8	114,9	126,9	96,2	104,6	98,2	99,3
Hongria	100	112,8	126,8	125,3	125,7	124,9	124,3	124,9	129,4	130,2
Irlanda	100	91,2	93,7	87,6	62,4	58,2	52,6	51,7	47,2	47,4
Itàlia	100	88,3	84,3	85	81,6	84,2	70,1	63,9	66	62,4
Letònia	100	87,5	90,9	95,5	93,8	100,8	114,7	111,9	103,2	103,2
Lituània	100	101,9	102,4	101,3	100,2	109,2	114,8	113,6	115,7	119,9
Luxemburg	100	96,1	96,5	89,2	87,1	87	85,3	77,3	79,9	84,8
Malta	100	98,2	94,4	91,4	93,7	90,5	88,8	86,3	83	80
Països Baixos	100	96,3	92,4	90,3	82	91	88,4	85,7	88,6	88,7
Polònia	100	105,8	111,3	113,3	114	123	122	124,6	135,4	132,2
Portugal	100	103,4	104,1	88,7	83,4	81,2	85,1	80,8	89,8	85,5
Regne Unit	100	99,9	99,9	94,7	86,5	88,7	91,8	93,6	86,4	81,9
República Txeca	100	106,1	97,9	98,1	89,8	99,7	103,1	98,5	104,1	101,8
Romania	100	98,2	94,4	83,8	64,1	59,5	58,8	61,9	63,6	61,7
Suècia	100	98,6	97,8	100,7	90,1	91,6	89,4	83,2	80,7	91,6
Xipre	100	80	78,7	82,6	62,1	69,1	59,6	58,2	43,8	38,1
EU-28	100	100,3	100,8	98,7	91,3	93,9	92,4	90,5	91,5	90,6

Nota: Inclou transport per carretera, ferrocarril i navegació per canals interiors. En el cas dels ferrocarrils i navegació interior es registra el transport en territori nacional, independentment de la nacionalitat del tren o de l'embarcació. Per contra, en el transport per carretera solament es comptabilitzen els vehicles registrats en el país en qüestió.

Font: Elaboració pròpia a partir de dades d'Eurostat (2017)

4. Intermodalitat. Transport combinat tren – carretera

4.1. Què és la intermodalitat?

La intermodalitat en el transport de mercaderies és el concepte que engloba la utilització de dos o més modes compatibles entre ells per tal de completar una cadena de transport de manera integrada, i que tingui el seguit de característiques que s'enuncien a continuació:

- Eficiència operacional
- Viabilitat econòmica
- Respecte pel medi ambient

Alguns transports de mercaderies que s'efectuen ja requereixen per se d'almenys dos modes de transport entre els quals hi ha la carretera, el ferrocarril, la navegació per canals interiors, el transport marítim de curta distància, i el d'aigües profundes. En la majoria dels casos es podrà obtenir l'eficiència requerida en la cadena de transport únicament amb la combinació de ferrocarril i carretera, cas que es coneix també amb el nom de transport combinat ferrocarril-carretera o autopista ferroviària. Encara que en l'actualitat el transport de mercaderies amb avió té una quota de mercat força minsa, també pot contribuir a la creació de rutes intermodals i multimodals. Mitjançant aquest últim substantiu es donarà a entendre fàcilment que hi ha implicats més de dos modes diferents.

La compatibilitat entre modes de la que es parlava a l'inici de la pàgina, no solament té en compte la vessant més tècnica lligada a les unitats de càrrega, que de per sí ja és un fet prou important a considerar, sinó tot un seguit d'altres factors que poden ajudar a escollir un o altre mode, o fins i tot descartar l'opció de la intermodalitat. En alguns casos és possible que el cost ho determini tot, però en altres hi juguen un paper important la freqüència dels serveis, la velocitat de les entregues, la disponibilitat d'àrees habilitades per a la mantenició, la capacitat d'atendre certes demandes condicionades pel packaging, la seguretat de la càrrega, i també l'habilitat de transportar grans volums. No sempre la decisió vindrà determinada per un sol d'ells, ans al contrari, una combinació entre diversos factors s'aproximarà a la solució òptima. També es pot donar el cas que s'opti per escollir una manera més sostenible d'efectuar un transport degut a la consciència medioambiental que pugui tenir alguna empresa implicada en la cadena de transport o bé degut a restriccions imposades per algun govern a l'ús de determinats modes per frenar la contaminació.

És ben cert que la intermodalitat i la multimodalitat pretenen frenar l'hegemonia del transport per carretera que en països com Espanya arriba al 85 % de quota de mercat per als productes exportats. El mateix mode a Europa assoleix una quota entorn al 72% , segons dades de Fenadismer. Si bé la majoria de transports de mercaderies que es realitzen tenen el seu inici i la seva fi a bord d'un camió, es tracta de què la part central del trajecte, que alhora acostuma a ser la més gran en termes de distància, en realitzi amb un mode alternatiu. Això inclourà necessàriament un transbordament d'unes unitats estandarditzades de càrrega; típicament sol ser des d'un camió a vagons de tren, a

barcasses que naveguen per canals fluvials, o a grans vaixells que es mouen per mars i oceans. En la branca última de la distribució d'aquestes mercaderies, cal realitzar un segon transbordament en la majoria dels casos al mode carretera.

En alguns casos es transborda solament la unitat de càrrega, com podria ser un contenidor, un cos mòbil o un semiremolc; en altres casos, tot el camió sencer passarà a ésser transportat per un altre mode i amb ell la càrrega. Referit a aquesta segona possibilitat, dins del transport marítim es coneix amb el nom de Ro-Ro, acrònim del terme en anglès Roll on-Roll off, aquell tipus de vaixells que permeten el carregament rodat. Gràcies al desplegament de rampes, els vehicles poden entrar éssent conduïts amb normalitat i estacionar en l'interior dels bucs. Un cop a la destinació, poden sortir altra vegada sense requerir de cap altre element. En el cas del ferrocarril, quan tot el conjunt sencer del camió sigui carregat, parlarem d'autopista ferroviària de transport acompanyat.

Cada mode de transport ofereix els seus avantatges i els seus inconvenients, així doncs la disposició particular de la càrrega no hi influirà gens en la tria, sempre i quan es pugui contenir dins de les unitats estandarditzades que en faciliten el transbordament. El camió aporta immediatesa en les operacions així com també flexibilitat, i permet realitzar recollides i entregues allà on per exemple no hi arriba cap línia de ferrocarril o canal de navegació. El ferrocarril en canvi ofereix una alternativa més econòmica quan múltiples càrregues han de ser transportades llargues distàncies, a més ho fa contaminant menys, com també passa amb el transport amb vaixells de càrrega per vies navegables. La darrera opció, quan no existeixen connexions ferroviàries, viàries o de vies navegables entre l'origen i la destinació, consisteix en fer enviaments de mercaderies mitjançant bucs portacontenidors, especialment entre localitzacions ubicades en diferents continents.

Bona part de les polítiques de promoció de la intermodalitat, que ja es troben en funcionament avui en dia o que estan projectades per als propers anys, provenen del full de ruta adoptat per la Unió Europea que veu necessari reduir el volum de camions que actualment circulen per les vies europees. Del canvi modal se'n deriven nombrosos beneficis socials, tals com la reducció en la pol·lució de l'aire i també del nombre de víctimes mortals a les carreteres.

Econòmicament parlant, el transport combinat carretera-ferrocarril es complementa oferint una bona solució en el sentit que limita la part més costosa, aquella que es produeix acompanyada amb tractora i el seu respectiu conductor per carretera a els desplaçaments desitjablement curts entre llocs de producció/consum i terminals. Per altra banda, la part amb un cost menor, aquella que es produirà quan el semiremolc, preferiblement no acompanyat, sigui transportat sobre un vagó la part més llarga del trajecte, en termes de distància. Per tal de què el transbordament a ferrocarril sigui una opció atractiva, caldrà que aquesta part principal del trajecte sigui d'almenys 500 quilòmetres per a resultar viable econòmicament, tot i que hi ha autors que pronostiquen que podria ser de fins i tot de 200 quilòmetres en un futur. L'agència de transports per carretera es beneficia de tenir una major disponibilitat de les unitats tractores i dels conductors (transport combinat no acompanyat), de tenir que efectuar un menor manteniment tant del semiremolc com de l'unitat tractora, d'estalviar-se dietes del conductor, i de tenir els conductors sota la pressió dels límits d'entrega de les mercaderies a temps. A més a més, pot significar un estalvi en multes

per excés de velocitat, per incompliment dels descansos obligatoris dels conductors o derivades de l'estat del camió.

És possible que en alguns casos optar per la intermodalitat pugui escurçar els temps de lliurament de la mercaderia, i tal vegada també pugui competir en preus en viatges llargs. Afegir que pot resultar ser una bona mesura per a combatre les congestions de trànsit, amb la qual cosa la resta d'usuaris de les vies en sortirien beneficiats. Per últim, transportar determinades mercaderies perilloses en tren, pot garantir-ne la seva seguretat en major mesura que si es fa per carretera en la seva totalitat.

4.2. Els avantatges del desplaçament sobre rails

Una de les principals diferències entre fer moure un tren sobre rails respecte a fer circular un camió, amb les seves corresponents rodes de cautxú sobre l'asfalt es troba en el coeficient de fregament. La resistència al rodament dels trens es dona degut a la fricció entre la part superior del rail i els punts de contacte de la roda. Aquesta augmenta a mesura que la càrrega aplicada sobre el tren s'incrementa. El contacte roda-rail, està condicionat entre d'altres coses per:

- Tipus de metalls amb els quals estan fabricats els rails i les rodes
- Estat de les superfícies dels rails i de les rodes. La presència d'imperficcions, d'òxid, d'aigua líquida o bé congelada, brutícia o greix, poden fer variar el citat coeficient.

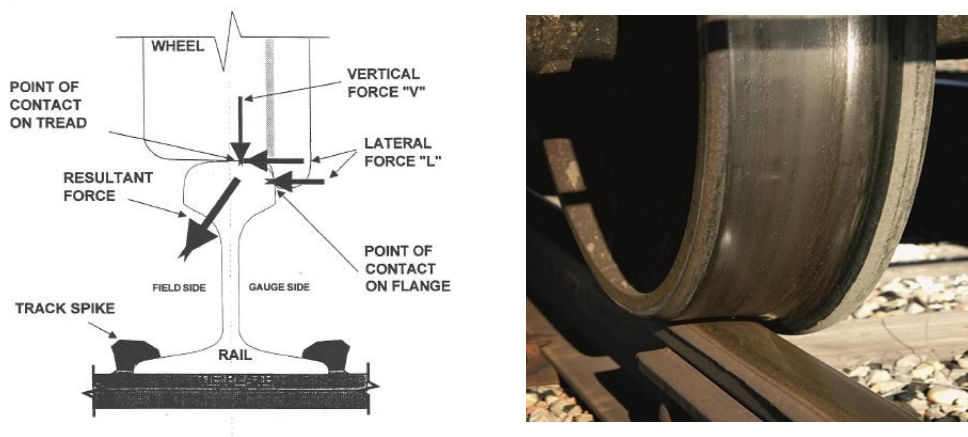


Figura 4-1. Diagrama de forces i punts de contacte en una roda de ferrocarril (esquerra). Detall d'una roda de ferrocarril i la part superior del rail (dreta)

Font: Transport Saety Board of Canada (2012)

Per contra, la resistència al rodament en els pneumàtics d'un camió serà sempre superior atesa la naturalesa dels materials implicats i l'elevada superfície de contacte entre ferm i pneumàtic. Estarà altament condicionada per la pressió d'inflat, l'equilibrat i alineació de les rodes, la superfície de la carretera (major en asfalt bituminós que en formigó), la geometria i material de

la roda, les corbes, la velocitat, el desgast i la temperatura. Com es pot apreciar són en general molt més factors la major part dels quals no poden ser controlats per l'operador logístic.

Taula 4-1. Resistència al rodament en diferents combinacions de materials

Resistència al rodament (c)	
0.001-0.002	Roda de ferrocarril d'acer sobre rail d'acer
0.006-0.01	Pneumàtic de camió sobre asfalt
0.01-0.015	Pneumàtic estàndard de cotxe, sobre ferm de formigó nou
0.02	Pneumàtic de cotxe sobre asfalt
0.2-0.4	Pneumàtic de cotxe sobre terra amb poca cohesió

Font: Engineering Toolbox, 2016

En el cas de les rodes d'un tren, tenen entre tres i sis vegades menys fricció que les rodes d'un camió. Aquest avantatge s'incrementa en el cas dels trens que tenen una ràtio de càrrega transportada entre pes mort més elevat.

Amb tot, el que s'ha vist fins ara resulta interessant promoure el transport de mercaderies de llarga distància amb ferrocarril ja que permet reduir el CO₂ emès a l'atmosfera degut a tres raons:

- En els transports realitzats amb tren, hi ha una consolidació de la càrrega important. Això vol dir que petites càrregues s'acaben agrupant en grans volums requerint menys energia per cada una d'elles respecte a transportar individualment aquestes per carretera, no sempre completant la capacitat de càrrega.
- Menor fricció en el contacte roda de ferrocarril-rail que l'experimentada pels pneumàtics inflats amb aire sobre el ferm. Si bé una menor fricció és un fet que alenteix les acceleracions i les desacceleracions, té l'avantatge de què mentre el tren circula a la seva velocitat màxima permesa, menys energia és requerida per mantenir-la.
- Bona part de les línies de ferrocarril europees estan electrificades. Sempre i quan l'energia amb la que s'alimenten les locomotores provingui de fonts d'energia renovables o nuclear, s'estarà contribuint a retallar les emissions de CO₂.

4.3. El camí cap a un transport més sostenible

La comunitat científica avala l'ús del transport combinat i ho ha demostrat comparant la quantitat d'energia consumida per a fer uns mateixos trajectes entre dos punts exclusivament per carretera amb uns altres viatges entre els mateixos punts en què bona part del recorregut s'hagi fet emprant l'opció de la intermodalitat en forma de ferrocarril. També s'han mesurat estalvis notables d'emissions en CO₂ com es detallarà a continuació segons els resultats recollits a l'estudi científic

titulat CO₂ Reduction Through Combined Transport. Fou publicat l'any 2003 per l'International Union of Combined Road-Rail Transport Companies (UIRR).



Figura 4-2. Terminals de transport combinat considerades en la realització de l'estudi CO₂ Reduction Through Combined Transport

Font: Adaptat d'UIRR (2001)

Es varen analitzar 20 rutes entre terminals intermodals, ja fossin de trànsit acompanyat (autopista ferroviària) o del tipus no acompanyat, que inclou cossos mòbils, contenidors i semi-remolcs. Remarcar que les dues terminals que apareixen a l'estudi ubicades a Catalunya, Tarragona i Granollers, participen de la intermodalitat per mitjà de contenidors i cossos mòbils únicament. Com que el transport per carretera és el mode dominant a Europa, se li atribueix un valor del 100% per a consum d'energia i CO₂ emès. Els valors d'aquestes dues variables per al transport combinat s'expressen en percentatge relatiu al citat del mode carretera.

Doncs bé, en el cas del transport combinat no acompanyat, es varen obtenir estalvis d'energia emprada de fins al 29% en algunes relacions, mentre que per al cas de les autopistes ferroviàries, un 11% menys de consum energètic. Respecte a la reducció de CO₂, el transport no acompanyat permet fer-lo decreïxer un 55% i en el cas del transport acompanyat aquesta reducció és del 18%. Aquest mateix estudi aporta dades interessants sobre l'origen de l'energia per al funcionament de les locomotores a diferents països europeus. Si bé segurament en els últims anys s'hagin produït

lleugers canvis en les fonts d'obtenció d'energia, manifesta la clara dependència que encara hi ha en els combustibles fòssils en el sector del ferrocarril.

17	Viena (AT)	↔	Neuss (DE)	7
6	Genk (BE)	↔	Novara (IT)	21
4	Anvers (BE)	↔	Busto Arsizio (IT)	19
8	Colònia (DE)	↔	Granollers (ES)	26
12	Ludwigshafen (DE)	↔	Tarragona (ES)	27
10	Hamburg (DE)	↔	Budapest (HU)	18
8	Colònia (DE)	↔	Busto Arsizio (IT)	19
16	Munic (DE)	↔	Verona (IT)	23
13	Nuremberg (DE)	↔	Verona (IT)	23
3	París (FR)	↔	Vercelli (IT)	22
1	Londres (UK)	↔	Novara (IT)	21
21	Novara (IT)	↔	Rotterdam (NL)	5
11	Estocolm (SE)	↔	Basilea (CH)	15
10	Hamburg (DE)	↔	Basilea (CH)	15
14	Stuttgart (DE)	↔	Bremen (DE)	9
3	París (FR)	↔	Avinyó (FR)	25
2	Lilla (FR)	↔	Avinyó (FR)	25
20	Milà (IT)	↔	Bari (IT)	24
29	Manching (DE)	↔	Brennersee (AT)	28
30	Szeged (HU)	↔	Wels (AT)	31

Figura 4-3. Relacions analitzades entre diferents terminals de transport combinat europees en l'estudi l'estudi CO2 Reduction Through Combined Transport

Font: UIRR (2001)

Algunes d'aquestes relacions que foren estudiades l'any 2003 segueixen actualment en explotació, tal i com es podrà veure en el capítol 6 d'aquest document. Les que seran d'interès per a aquest treball d'ara en endavant són totes aquelles que permeten transportar semiremolcs de manera no acompanyada o bé els conjunts sencers de camions. No obstant això, cal no oblidar com el ferrocarril pot jugar un paper molt rellevant en el transport de contenidors, complementant al transport que efectuen els grans bucs portacontenidors o bé també realitzant el tram llarg del transport intercontinental de llarga distància.

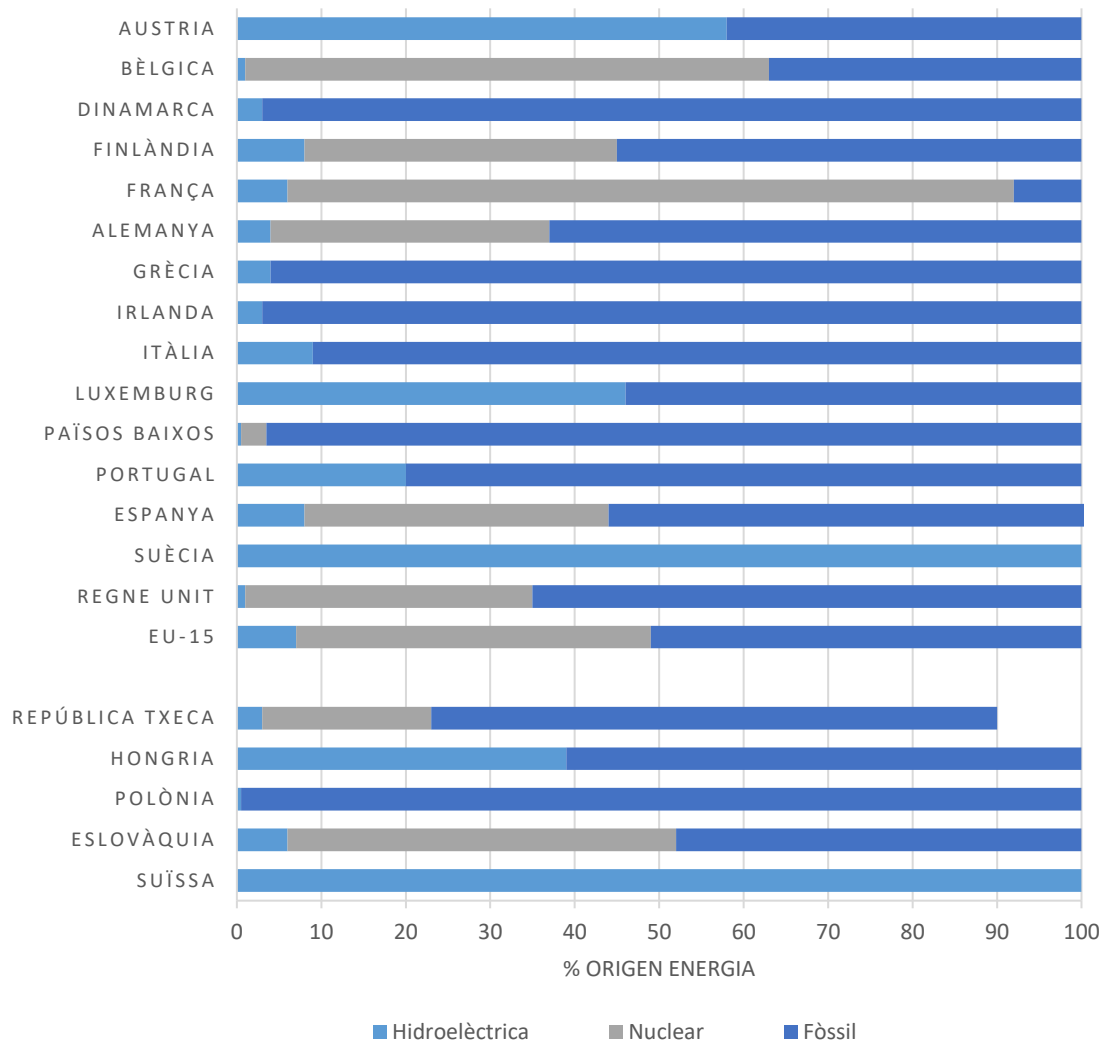


Figura 4-4. Origen de l'energia emprada per a l'alimentació de les línies de ferrocarrils en diferents països del continent europeu, a l'any 2001.

Font: Adaptat d'UIRR (2001)

5. Sistemes disponibles d'intermodalitat carretera-tren

Nombrosos sistemes amb major o menor grau de complexitat han estat ideats a partir dels anys 50 per a permetre el transport combinat de semiremolcs o altres tipus d'unitats de càrrega mogudes per vehicles pesants, així com també tot el conjunt sencer. S'han reunit tècniques sorgides principalment a Europa i a Amèrica del Nord, algunes de les quals guarden certa similitud. Tot seguit es detallen per ordre d'aparició.

5.1. Road-Railer

Aquest sistema aparegut l'any 1950 als EUA consisteix en situar un semiremolc suspès entre dos bogis, essent aquests compartits amb altres semiremolcs que ocupin posicions anteriors o posteriors al considerat. Els bogis empleats no pateixen cap disminució en el diàmetre de les rodes. Presenta l'inconvenient de que no hi ha cap manera possible de transportar les tractores dels camions i que resulta molt difícil de fer parades intermèdies per tal de que una unitat de càrrega deixi el comboi abans del destí final.

Si bé pot semblar un sistema senzill al no requerir de la construcció de plataformes o vagons especials, requereix de l'ús de semiremolcs l'estructura dels quals estigui reforçada, amb el corresponent increment de pes que això suposa. D'altra banda ofereix un plus de seguretat a l'haver-hi una separació tant petita entre un semiremolc i el que el segueix, ja que evita que es puguin obrir les portes intencionadament. Actualment el sistema Road Railer es troba en funcionament als Estats Units, tot i que també havia existit el seu ús dècades enrere al Regne Unit, Austràlia, Brasil i Canadà. A continuació es pot observar una representació de com es realitza l'acoblament al bogi gràcies a la suspensió neumàtica del semiremolc, característica que ja incorporen des de fa anys.

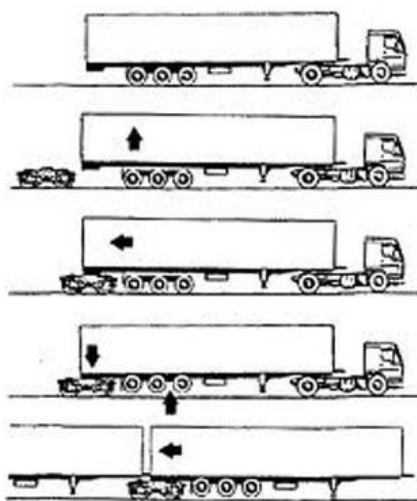


Figura 5-1. Seqüència de càrrega d'un semiremolc en un bogie de la tecnologia RoadRailer.

Font: Intermodal Sweden AB (2007)

5.2. Vagó butxaca o cangur

Aquest sistema té els seus inicis als anys cinquanta a França. Es poden distingir dues etapes; en la primera d'elles es parla de vagons sobre eixos, mentre que en l'època més recent aniran muntats sobre bogis. La idea de rerefons en ambdues generacions és la mateixa: consisteix en un vagó ferroviari el qual comprèn un espai rebaixat on hi aniran encaixades les rodes del semi-remolc, i en l'altre extrem la cinquena roda recolzada i assegurada.

Els primers vagons d'aquests tipus a ésser utilitzats, fabricats entre els anys 1958 i 1963, disposaven d'una plataforma mòbil accionada mitjançant acció manual d'un operari que podia adquirir dues posicions:

- Posició horitzontal. Gràcies a mantenir elevada la plataforma i paral·lela al pla de la via, es permet el pas d'un semi-remolc acompanyat d'una tractora especial per sobre d'aquest i recórrer-lo completament fins arribar al següent vagó que podrà estar en posició també elevada o baixada.
- Posició inclinada. Gràcies a l'acció d'un operari, haurà fixat la posició rebaixada de la plataforma que indica que aquell és el vagó on anirà allotjat el semiremolc durant el trajecte ferroviari. D'aquesta manera apareixen uns topants que bloquegen el moviment de les rodes del semiremolc en un vagó cangur determinat.

Tal i com es pot apreciar en les següents figures, aquest mecanisme era capaç de situar el conjunt vagó butxaca i semiremolc dins de les especificacions de gàlib aplicable en aquells anys. La diferència d'altura entre ambdues posicions és de 32 cm.

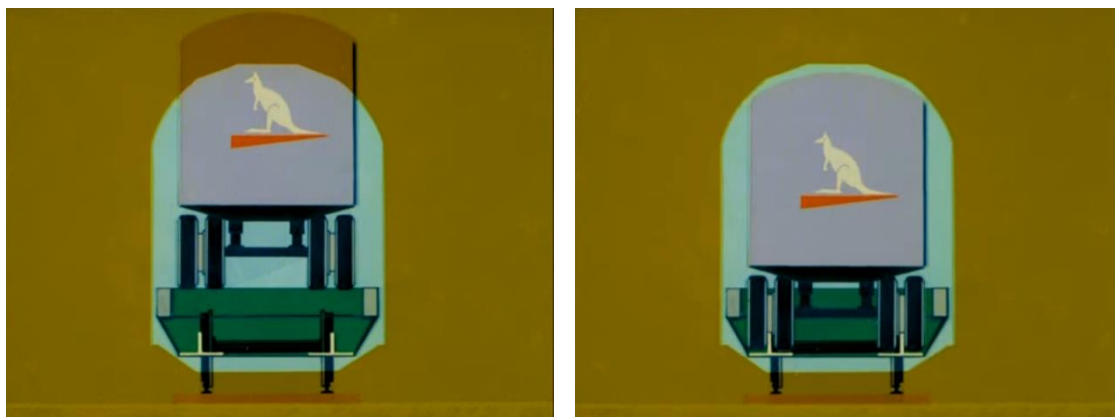


Figura 5-2. Vagó cangur de primera generació en posició horitzontal (esquerra) i vagó cangur en posició inclinada per a permetre l'inici de la marxa del tren d'acord amb el gàlib estàndard (dreta).

Font: Arxiu històric de la SNCF (1960)

Com que la càrrega dels semiremolcs s'havia de realitzar marxa enrere, cada vagó disposava de guies que asseguraven la correcta col·locació d'aquests durant la seva càrrega. Concretament, aquesta guia s'introduïa entre l'espai de les rodes bessones de cada costat i eix del semiremolc, aportant d'aquesta manera una ràpida i útil fixació a la unitat de càrrega sobre el vagó. Tots els semiremolcs s'havien de disposar amb la mateixa orientació, per tal de poder efectuar la càrrega i descàrrega.

Però el que té més interès de conèixer pel fet de tractar-se d'una tecnologia més recent és la segona generació dels vagons cangur, que ha evolucionat fins a adquirir una configuració sobre bogis. Aquesta transició té lloc també en territori francès i fou motivat pel canvi en el codi de circulació que autoritzava longituds més llargues per a conjunts de camions amb semiremolc. Simultàniament la massa màxima autoritzada dels vehicles articulats passava de 35 a 38 tones i per part de la SNCF hi havia el desig d'incrementar la velocitat de certes connexions fins als 120 km/h.

Els vagons ja no disposen d'una plataforma abatible, com en la primera generació, que a més a més tenia que ser accionada manualment per a cada vagó. La càrrega i descàrrega dels semiremolcs es realitza ara per mitjà de grues o d'una grua-pòrtic i requereix de tractores diferents entre entre l'estació de sortida i l'abandonament de l'estació destí. Amb la qual cosa, malgrat tenir presència des dels anys setanta a diversos punts d'Europa (França, Alemanya, Europa de l'Est,...) ja existeixen opcions més eficients com podrà comprovar el lector.

Permet transportar semiremolcs de mida estàndard europea, sempre i quan aquests puguin ésser aixecats per mitjà de 4 punts d'hissat, o en altres paraules, hauran d'estar reforçats per a poder resistir la introducció de les pinces durant el procés de càrrega vertical. Respecta sense complicacions el gàlib ferroviari de 4,280 m respecte la cara superior del rail, tot essent compatibles amb els semi-remolcs de 2 i 3 eixos, i disposen d'una certa folgança que permetria acollir eventuais increments en la longitud dels semiremolcs.

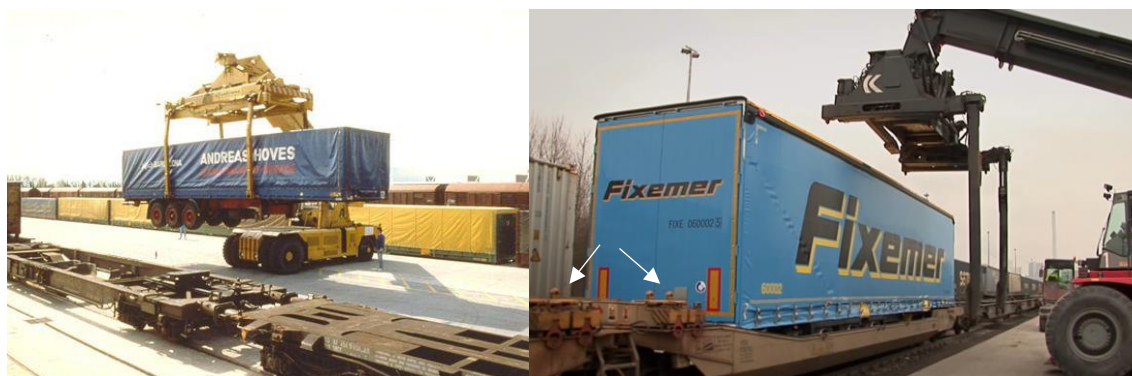


Figura 5-3. Grua equipada amb pinces sostenint un semiremolc compatible amb aquest mètode d'hissat (imatge esquerra). Detall d'un vagó butxaca on es poden veure els pius que permeten el transport de contenidors (imatge dreta)

Font: Viacombi (2017)

En les Figura 5-3 es pot apreciar el procés de càrrega vertical en els vagons butxaca, a més a la imatge de la dreta es senyala els ancoratges que incorporen aquests vagons i que els fan compatibles amb el transport de contenidors i amb les caixes mòbils.

5.3. Sistema d'autopista ferroviària existent a Suïssa (RoLa)

La tecnologia en la què es basa és ben similar a la de l'Iron Highway tractada anteriorment. En aquest cas, la plataforma contínua de transport equipa unes rodes de diàmetre més petit. Gràcies a l'ús de rodes més petites es rebaixa el vagó permetent que pugui transitar els túnels amb la seva càrrega. A més a més, el transport s'efectua de manera acompanyada a diferència de com s'explota al continent americà. La càrrega i descàrrega s'efectuen de manera longitudinal per un extrem del tren, sense l'ajuda de cap grua o locotractor.

En les imatges de la Figura 5-4 pot veure's el procediment de descàrrega d'un tren de plataforma rebaixada. Un cop desacoblada la locomotora, es procedeix a obrir a mode de porta el tancament de la plataforma. Acte seguit amb un petit tractor s'encara una rampa que ocupa poc espai. S'observa com amb una reduïda infraestructura, es carrega el tren per un extrem en l'estació d'origen i es descarrega per l'altre en l'estació de destí.

És una tecnologia força madura a Suïssa, perfeccionada des de l'any 1968 quan entrà en funcionament. Dins del mateix país conviu amb l'altre sistema del vagó butxaca també enunciat prèviament, però lluny de perdre protagonisme, en els últims anys s'ha reforçat l'oferta de vagons plataforma, i dels 21 camions que podia dur inicialment un tren, s'ha passat als 34.

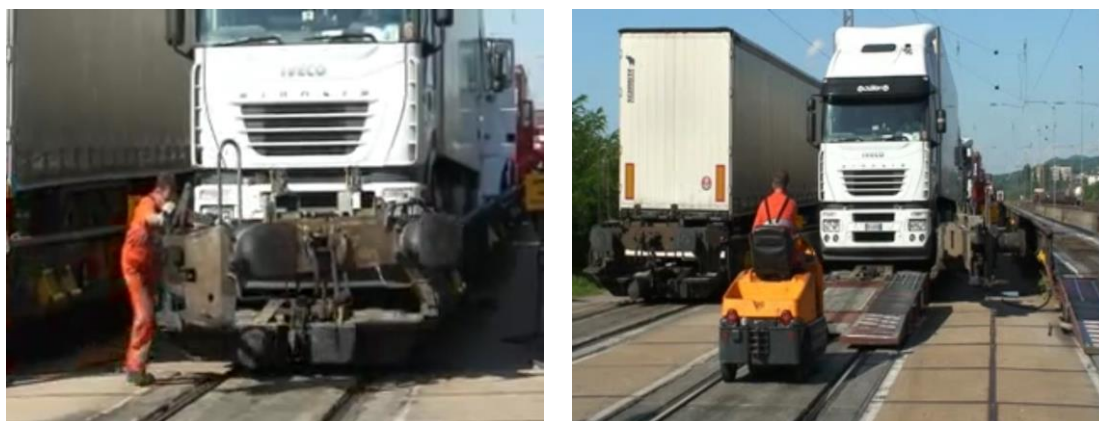


Figura 5-4. Detall de la porta que tanca el vagó extrem portador de conjunts sencers de camions (imatge dreta). Moment en el que s'instal·la la rampa que permet la sortida dels camions en la terminal de destí.

Font: Viacombi (2017)

Es pot trobar en servei aquesta tecnologia en el corredors suïssos que creuen els Alps de Lötschberg i del Gotard. El primer d'ells ja posseeix un gàlib de 4m mentre que en el segon cas

hi ha planificades obres de millora en els túnels per tal de poder permetre el pas de trens amb el gàlib màxim. Aquests corredors són clau per travessar Suïssa en les connexions França-Itàlia i Alemanya-Itàlia, i ha estat arrel de la prohibició de creuar els Alps circulant amb vehicles pesants que han guanyat protagonisme. Aquesta decisió fou fruit d'un referèndum a la població en virtut de protegir les regions alpines de trànsit que simplement creuava el país.

5.4. Iron Highway

És l'altre sistema de transport combinat carretera-ferrocarril que s'ha estat oferint durant anys al Canadà. Consisteix en una plataforma contínua articulada sobre bogis en la qual s'hi situen al seu damunt els semiremolcs. Aquests no han d'estar reforçats i permet un cert marge en la seva llargada. L'unitat bàsica de l'Iron Highway fa 366 m de longitud, és bidireccional i té un punt de partició al centre d'on es podran muntar rampes a cada una de les parts resultants. Es poden arribar a unir fins a 5 unitats bàsiques, el que permetria dur fins a 100 semiremolcs en un sol viatge.

És precisament gràcies al sistema d'acoblament de les unitats de càrrega a les terminals el que fa que no sigui necessari reforçar els semiremolcs, ja que no hauran d'ésser hissats amb cap grua ni ésser recolzats entre dos bogis.

El procés de càrrega i descàrrega en aquesta tecnologia es fa mitjançant una tractora que s'encarrega de situar o enretirar els semiremolcs del tren, en una operativa que en anglès s'anomena *circus loading*, o el que és el mateix, els semiremolcs són col·locats en etapes seqüencials un després de l'altre.

El principal trajecte ofert fou el que unia Mont-Real i Toronto, que uns anys més tard es perllongà fins a Chicago. Malgrat l'esforç de les empreses privades per oferir solucions d'intermodalitat, no han acabat sent atractives en quant a temps de viatge per als transportistes i finalment s'ha acabat suspent aquest servei.

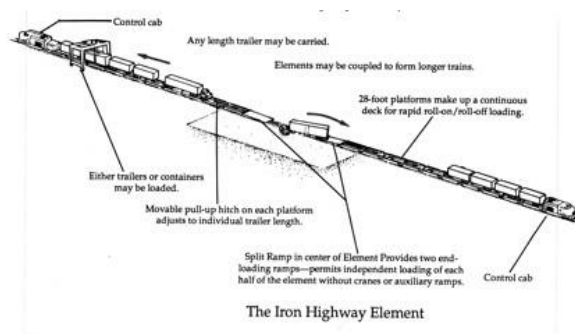


Figura 5-5. Càrrega d'un semiremolc en un tren Iron Highway als Estats Units (dreta) i representació gràfica resumida de tots els components d'aquest sistema (esquerra).

Font: Ettamogah Rail Hub i Railmotive respectivament (1995 i 1990)

5.5. Multi-berces

Es tracta d'una tècnica aplicable als contenidors de 20 peus transportats per camions que estiguin equipats amb un braç hidràulic del tipus Ampliroll. El conductor del camió pot fer el transbordament del contenidor ell mateix, ja que simplement ha de fer girar el quadre que fa de pis del vagó 45° cap a fora en el pla horitzontal. Aquest procés s'efectua d'una manera no automatitzada atès que és el propi conductor amb el seu camió mitjançant un cable lligat a la barra de remolcament frontal que estira l'extrem del quadre i el fa girar. Acte seguit s'ha de tornar a fer pivotar aquesta plataforma amb el contenidor a sobre seu tot empenyent amb el camió. En aquest moment, pot efectuar la maniobra per posar el camió encarat per a la descàrrega sobre la plataforma del vagó.

Rep el nom de Multi-Berces en referència a que cada vagó especial inclou tres marcs pivotants que poden allotjar cadascun d'ells un contenidor de les citades dimensions. Permet transportar un pes net per contenidor d'entre 12 i 15 tones, i el temps total de la maniobra de càrrega o bé de descàrrega es situa per sota dels 5 minuts. És important que la càrrega a l'interior del contenidor, si per exemple es tractés de runa, estigui el més assegurada possible, atesa la inclinació que ha d'adoptar durant la fase de càrrega i descàrrega.

Té aplicació en l'actualitat en una empresa subsidiària de la SNCF encarregada del transport de contenidors de deixalles. És en aquest tipus de mercaderia on tenen més presència aquest tipus de contenidors que s'operen amb els braços hidràulics Ampliroll. No obstant això, altres tipus de mercaderies que poguessin encabir-se en aquests contenidors també podrien tenir cabuda, sempre i quan a l'estació de destí es disposi de camions amb aquest tipus de braç hidràulic.

Per tant aquesta tecnologia té una veta de mercat molt específica pel tipus de mercaderia i per les dimensions de la unitat de càrrega i no suposa pas una alternativa viable per tal d'aconseguir reduir el trànsit de camions en les rutes rodades internacionals.



Figura 5-6. Camió equipat amb braç hidràulic durant el procés de càrrega/descàrrega d'un contenidor de 20 peus en un vagó Multi-berces

Font: Viacombi (2017)

A més a més, a Alemanya i Suïssa també s'ha utilitzat fins al present el mateix concepte que ells anomenen sistema de transport del contenidor amb rodes (ACTS en alemany).

5.6. Carregador lateral de contenidors

Aquesta tecnologia que inicialment fou comercialitzada per dues empreses diferents situades una a Nova Zelanda (Steelbro) i l'altra a Suècia (Hammar) ofereix una senzilla manera d'equipar a un semiremolc d'una grua que permet elevar i carregar/descarregar contenidors de 20 i 40 peus.



Figura 5-7. Camió tràiler equipat amb un carregador lateral de contenidors de fins a 40 peus efectuant una transferència a un vagó portacontenidors en una terminal ferroviària.

Font: SteelBro (2017)

Els contenidors ISO poden carregar-se i descarregar-se des del terra fins al semiremolc, efectuar transbordaments entre dos semiremolcs, i per últim el cas d'interès per al present treball, des d'un vagó de ferrocarril portacontenidors fins a un semiremolc i viceversa. Aquest sistema de doble grua, una a cada extrem del semiremolc pot permetre, segons el model, apilar a doble altura els contenidors, el que es coneix en anglès amb el nom de *double stack*.

Les càrregues es poden completar en poc més de 2 minuts i és una opció interessant per aquelles petites indústries que exportin la seva producció a destinacions a les quals es pot fer gran part del recorregut amb ferrocarril però tenen limitació d'espai o absència de maquinària d'elevació de contenidors. El sistema conegut també sota el nom de Sideloader pot elevar fins a 45 tones amb total seguretat.

5.7. Sistema de transport combinat de l'Eurotúnel

El túnel que creua el Canal de la Mànega i que permet unir el Regne Unit amb França, també disposa d'un servei de tren llançadora per a vehicles pesants. Es tracta d'un trajecte que dura 35 minuts entre la població anglesa de Folkestone i Coquelles, prop de Calais a França separades per 50,5 quilòmetres.

La configuració adoptada per aquest servei de transport combinat consisteix en dues unitats de vagons que tenen cadascuna d'elles 15 o 16 vagons portadors que disposen alhora en cada extrem vagons de càrrega/descàrrega. Aquests últims elements queden a la mateixa altura que l'andana i gràcies a unes vores plegables planes que tenen, no queda cap buit entre el citat vagó i l'andana. Així doncs com els camions han d'entrar i sortir obliquament dels vagons portadors, resulta necessari poder envair banda i banda de l'andana per tal de realitzar les maniobres corresponents. La càrrega és longitudinal i no requereix de locotractor o cap altra mena d'infraestructura específica. La tracció del conjunt la proporcionen dues locomotores, una al principi i l'altra al final. És força similar al sistema americà de l'Iron Highway excepte pel fet que en aquest cas es carreguen els conjunts sencers de camió.

El transport s'efectua de manera acompanyada per part del conductor del camió, però no està permès romandre dins la cabina del vehicle, així doncs la composició conté també un vagó per a passatgers. Un microbús s'encarrega en les estacions origen i destí de moure els conductors entre la posició on han deixat aparcat el seu camió i el vagó de passatgers per tal de guanyar eficiència.



Figura 5-8. Llançadora de l'Eurotunnel per al transport de vehicles pesants en el moment en què un camió accedeix a la plataforma de càrrega

Font: Eurotunnel Group (2016)

En els últims anys no ha parat de créixer el nombre de camions transportats per mitjà d'aquesta opció, situant-se com a rival del ferri entre Dover (Regne Unit) i Calais (França) i altres línies regulars que uneixen altres punts entre ambdós països amb bucs de càrrega rodada.

5.8. Modalohr

Aquest sistema d'origen francès es començà a emprar l'any 2003 en la ruta d'Aiton – Orbassano, tot i que a l'any 2000 ja s'havia presentat públicament el seu funcionament. Des de l'any 2007 també està sota explotació amb aquesta tecnologia la relació de El Voló – Bettembourg. Recentment, s'han afegit també les relacions de Calais – El Voló i el port de Sète – Noisy le Sec. En la primera generació de vagons, els semiremolcs de tipus cisterna eren perfectament compatibles no essent així amb la majoria dels altres semiremolcs amb caixa o frigorífics.

Es tracta d'un vagó articulat rebaixat i que està montat sobre rodes grans. Cada vagó conté dues plataformes rebaixades, unides per un bogi central. En total cada vagó Modalohr conté tres bogis que es situen fora de la plataforma que contindrà l'unitat de càrrega. Això permet que els pneumàtics del semiremolc carregat estiguin a tan sols 10-20 cm del rail, sense tenir que renunciar al tamany normal de les rodes de tren (diàmetre 840 i 920 mm, segons sigui bogi extrem o central). Un tamany normal de les rodes ofereix el doble de vida útil que no pas les rodes de diàmetre inferior emprades en les autopistes ferroviàries suïsses. El funcionament d'aquest sistema rau en un vagó l'estructura del qual pot obrir-se, tot essent el pis del vagó el que pivota 30°. És llavors quan queda disponible l'espai per a situar-hi un semiremolc que es pot entrar conduint de manera convencional cap endavant, ja sigui amb la tractora del conductor responsable del transport d'aquell semiremolc o bé amb una tractora de maniobres de la terminal en qüestió. Cas que es vulgui efectuar un transport acompanyat, les unitats tractoras poden carregar-se en una altra d'aquestes plataformes.



Figura 5-9. Primera generació de vagons Modalohr a la terminal d' El Voló (França).

Font: Lohr (2007)

La càrrega i descàrrega pot efectuar-se en paral·lel i requereix que posteriorment a aquesta maniobra del semiremolc duta a terme per mitjà d'una tractora, un operari situat a peu de vagó accioni el sistema d'elevació hidràulic per tal de fer rotar la plataforma. Gràcies a que el sistema d'elevació i rotació dels pisos dels vagons és propi de les terminals, el preu unitari per vagó pot reduir-se notablement, així com la disponibilitat d'aquest, atès que el manteniment de cada vagó no diferirà massa dels punts de revisió de la resta de vagons convencionals.

Recentment Lohr, la societat encarregada de dissenyar i fabricar el producte, ha presentat l'evolució del seu vagó Modalohr. Se l'ha anomenat Modalohr UIC en referència a que compleix

les especificacions de gàlib tot permetent la càrrega de semiremolcs de 4m d'altura fins i tot en línies antigues com la del Gotard. A més a més, s'ha redissenyat el perfil lateral de l'estructura pivotant del vagó per tal de permetre la càrrega vertical de semiremolcs que es puguin hissar per mitjà de pinces. Actualment les composicions ferroviàries amb vagons d'aquest tipus arriben als 850 m de longitud, podent transportar fins a 48 semiremolcs, que en conjunt representen una massa total de 2400 tones tot circulant a 100 km/h.

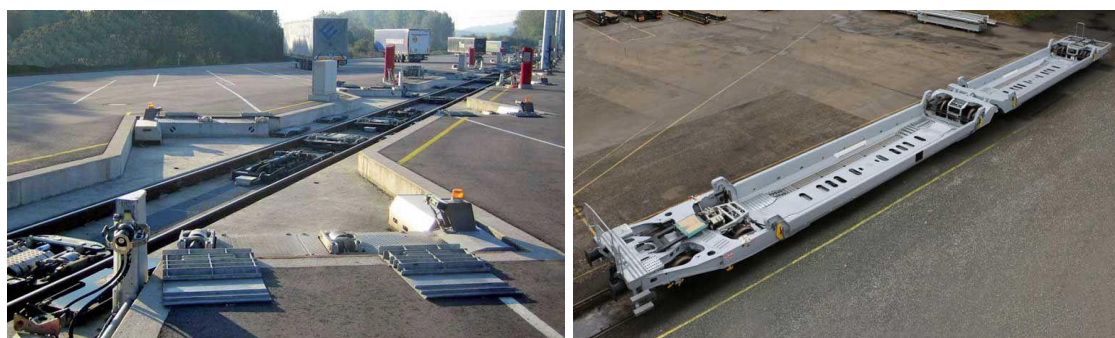


Figura 5-10. A l'esquerra detall de l'obra amb els elements que permeten pivotar el vagó i la càrrega del semiremolc. A l'esquerra es pot veure les dues butxaques que ofereix el vagó Modalohr UIC

Font: Lohr (2016)

Amb aquesta segona generació de vagons, Lohr ha presentat també la possibilitat d'adaptar una terminal qualsevol ferroviària, amb la típica disposició de vies a nivell del paviment, sense tenir que realitzar obra civil de cap tipus. L'ha anomenat Plug & Play Modalohr Terminal, i tant les rampes com el sistema hidràulic d'elevació i rotació de les butxaques dels vagons aniria instal·lat sobre el paviment i entre els rails respectivament. Caldria també superposar uns rails a la via existent per aconseguir elevar poc més de 25 cm la composició i així crear l'altura suficient per a que el sistema hidràulic pugui funcionar.

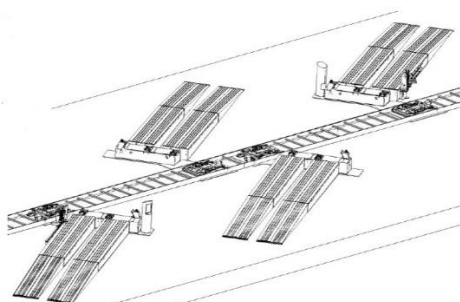


Figura 5-11. Recreació instal·lació Plug & Play Modalohr Terminal

Font: Lohr (2013)

5.9. CargoRoo

El CargoRoo fou una idea per tal de transferir els semiremolcs separats ja del camió a uns vagons especials. S'ideà l'any 2001 per tal de transferir a uns vagons especials els semiremolcs, fins i tot aquells que no poden ser aixecats per pinces. Consistia en un parell d'erugues que coordinades entre elles, podien situar-se davall del semiremolc, elevar-lo completament a escassos centímetres del terra i mitjançant una translació situar-lo o extreure'l del vagó.

Cada vagó disposava de les seves dues erugues, que haurien d'haver permès fer un transbord ràpid dels semiremolcs. Per tant durant el trajecte aquestes també viatjaven emmagatzemades sobre uns carrils del vagó.

El concepte no s'arribà a utilitzar mai, tot caient en l'oblit al poc d'haver-se presentat. Els sistemes que faciliten la intermodalitat camió-ferrocarril que s'han anat imposant presenten una elevada fiabilitat, seguretat durant els processos de càrrega i descàrrega i simplicitat en el disseny dels mecanismes o màquines emprades. Es pot afirmar que CargoRoo no posseïa amb solvència cap d'aquestes característiques.

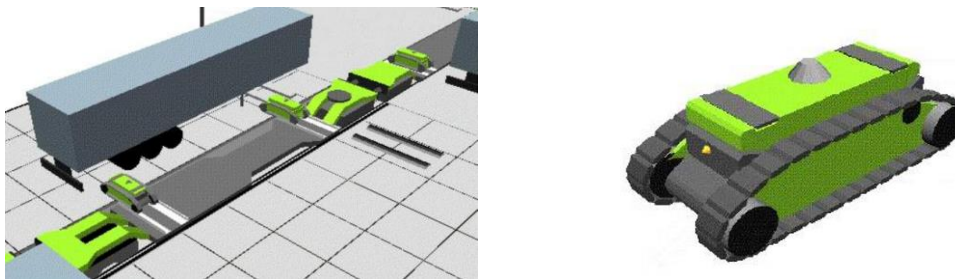


Figura 5-12. Recreacions fetes per ordinador del concepte CargoRoo

Font: Zukunft Mobilität (2010)

5.10. ResoRail

Aquest sistema d'intermodalitat permetria la càrrega de semiremolcs acompanyats d'una forma molt senzilla, sense tenir que emprar cap grua. El que proposa el ResoRail és que quan un tren format amb vagons especialment dissenyats entri a una terminal, unes plataformes interiors dels vagons sobre les quals hi van situats els camions s'elevin automàticament. D'aquesta manera la càrrega i descàrrega esdevé còmoda i ràpida al quedar la citada plataforma al nivell de l'andana i sense cap buit entre aquestes.

En abandonar la terminal, el pis mòbil dels vagons descendiria i quedaria en posició bloquejada, tot assegurant el camió i a més a més garantint que aquest tipus de vagons podrien circular per línies de menor gàlib actuals.

No exigiria d'una gran inversió pel que fa a la terminal, atès que pregona poder operar des d'una estació convencional sempre i quan s'habiliti una via separada de les vies principals, que sigui accessible a través d'un moll de càrrega. A nivell operatiu, no suposaria cap gran dificultat per als conductors, ja que s'haurien de limitar a aparcar el camió dins de la regió del pis mòbil.

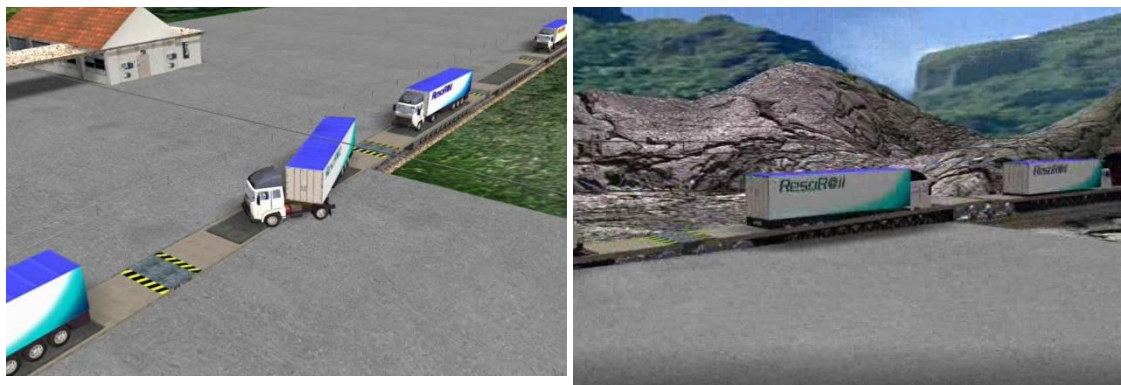


Figura 5-13. Recreacions realitzades per ordinador del concepte ResoRail. quan es troba estacionat a la terminal realitzant càrregues i descàrregues (esquerra) i circulant (dreta)

Font: Zukunft Mobilität

Aquest concepte d'origen francès sorgí a l'any 2002 i no s'ha materialitzat mai ni com a model experimental. Molt possiblement la dificultat es trobi en aconseguir un sistema fiable per l'elevació vertical dels pisos mòbils a la seva entrada a les estacions i posterior descens a l'abandonar-les, i que sigui viable econòmicament.

5.11. CargoSpeed

L'any 2004 es donava a conèixer aquest sistema d'intermodalitat entre carretera i ferrocarril que s'emmarca dins del concepte de càrrega horitzontal. Prometia ser compatible amb tots els tipus de semiremolcs existents, no solament aquells que poden hissar-se.

El CargoSpeed consistia en la utilització de dos elements: uns vagons dissenyats per a aquest propòsit amb una caixa que encabiria el semiremolc i un potent gat hidràulic instal·lat a les vies, exactament entre les travesses. Quan el tren estava estacionat a la terminal, per tal de poder procedir a la càrrega dels semi-remolcs en els vagons, el gat hidràulic aixecaria la plataforma oberta pels extrems i seguidament la faria rotar 36° en el pla horitzontal, de tal manera que quedaria recolzada sobre el terra. En aquest punt ja està tot llest per a l'entrada d'un camió circulant endavant, que un cop havent situat correctament el semiremolc amb les seves dos potes, podria desenganxar la cinquena roda i sortir per l'altre extrem de la plataforma.

Gràcies al recolzament de la plataforma sobre el terra durant la càrrega i descàrrega dels semi-remolcs, es podien evitar problemes que sorgissin en el sistema de suspensió. L'única limitació

en quant als semiremolcs feia referència a la seva longitud, igual a 13,6 m i al seu pes total de 38,5 tones.

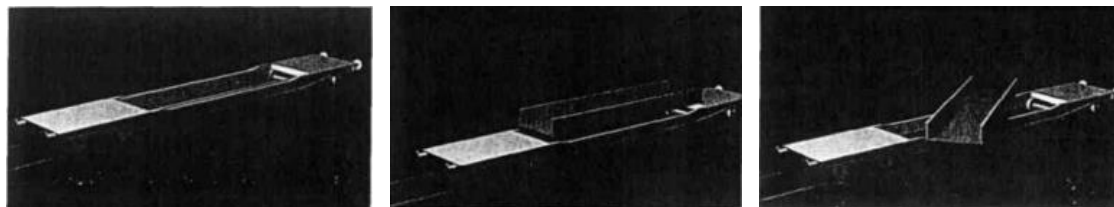


Figura 5-14. Seqüència d'imatges que mostren l'elevació i gir de la plataforma on s'allotgen els semiremolcs en la proposta CargoSpeed.

Font: Transport Research (2002)

El citat gat hidràulic, que també rebia el nom de mecanisme emergent, declarava una capacitat de fins a 45 tones, i tenia una tolerància de fins a 35 centímetres respecte el punt on empènyer la plataforma rotatòria del vagó. Cal afegir que respecte els sistemes de càrrega vertical, aquest permetia garantir la continuïtat de la catenària dins la terminal, així doncs no caldria canviar la locomotora elèctrica per una dièsel a l'entrada, tot guanyant en eficiència i sostenibilitat.

Prometé esdevenir una alternativa un 30% més econòmica que la resta de tecnologies que es presentaven aleshores i també de convertir la intermodalitat en una opció factible per a viatges de distàncies molt inferiors als 500-600 km establerts. La realitat ha estat una altra i no ha prosperat la patent, molt possiblement pels elevats costos de manteniment del gran gat hidràulic instal·lat a la zona de vies així com també la perillositat que comporta elevar per un sol punt volum tant pesant on la càrrega pot estar mal distribuïda.

D'altra banda, requeria de molta precisió a l'hora d'estacionar el tren, per tal que coincidís la situació del gat hidràulic amb el punt de la plataforma per a ser elevada. Díficilment s'aconseguiria realitzar a la primera bé la maniobra, amb el consegüent dispendi de temps.

5.12. MegaSwing

Es tracta d'un vagó ideat l'any 2009 per a permetre la càrrega i descàrrega en horitzontal dels semiremolcs que pivota respecte un dels seus extrems, mentre que per l'altre hi permet l'accés marxa enrere d'un semiremolc. Aquest balanceig es duu a terme mitjançant un complexa instal·lació hidràulica que s'executa en diverses etapes que es pot resumir de la següent forma tant per a la càrrega com a la descàrrega:

- Obertura del tancament de seguretat el que fa que es situï gairebé perpendicular a la direcció longitudinal de la via. Seguidament, s'acciona el gat hidràulic que incorpora a l'extrem i que en definitiva funcionarà de pota estabilitzadora.
- Gràcies a la força que està fent aquesta pota, tota la plataforma del vagó pot elevar-se, i seguidament pivotar cap a l'exterior. De fet aprofita la viga de la pota estabilitzadora per fer lliscar part del pes de la plataforma del vagó durant el balanceig a través d'un rodament.
- Un cop ja està la plataforma girada cap a l'exterior el màxim possible que permet l'entrada o sortida del semiremolc, es torna a fer descendir fins a recolzar-se sobre el terra.
- L'últim pas és el retirament de la pota estabilitzadora que garanteix el balanceig endins o cap enfora de la plataforma del vagó.
- Un cop carregat o descarregat el semiremolc segons el cas, cal repetir tots els citats passos a la inversa.

Tot aquest procés es desenvolupa en uns 5 minuts i requereix d'un operari al costat del vagó que vagi accionant els mecanismes seqüencialment. A més a més, el semiremolc ha de ser mogut per mitjà d'una tractora auxiliar especial, que està pensada per a recórrer trajectes curts però dissenyada per enganxar i desenganxar contínuament la cinquena roda. Gràcies a l'ús d'aquesta tractora, que disposa d'un elevador a l'acoblament de la cinquena roda de carrera més llarga que en les tractores convencionals, no cal plegar les dues potes de recolzament dels semiremolcs en cap moment.



Figura 5-15. Vagó MegaSwing just en l'operació d'esser carregat/descarregat. Observi's el detall del braç estabilitzador.

Font: Kockums Industrier (2012)

És palesa en aquesta proposta el cost en treballadors així com l'impossibilitat de carregar/descarregar diversos vagons alhora, atès que s'hauria d'incrementar les unitats tractores de la

terminal així com també el nombre de conductors i operaris a peu de vagó. A la Figura 5-16 pot veure's la citada pota estabilitzadora abans de ser plegada.

Aquests vagons permeten també el transport de contenidors estandarditzats, ja que en la seva estructura tenen uns sortints per acoblar-se a les cantonades dels contenidors. Inicialment es va concebre el MegaSwing com un vagó que permetia transportar un únic semiremolc, però amb el temps l'idea evolucionà cap al MegaSwing Duo, permetent el transport de dos semiremolcs en el mateix vagó que ara incorpora fins a 6 eixos, 2 dels quals pertanyents al bogi que uneix les dues plataformes que componen al vagó, i que poden balancejar-se tant cap a un costat com a l'altre. Fet que permet no obstruir les maniobres de càrrega/descàrrega de dos vagons contigus.

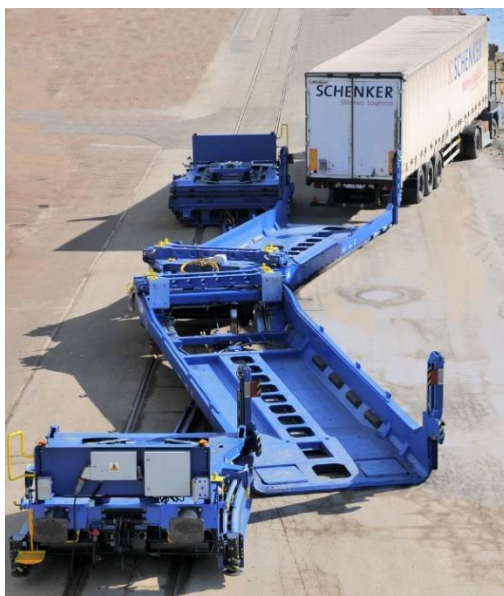


Figura 5-16. Vagó MegaSwing Duo, on els dos compartiments es troben en posició de càrrega/descàrrega.

Font: Kockums Industrier (2012)

L'any 2012 s'inicià a Suècia un servei regular entre Malmö i Eskilstuna, que sembla haver desaparegut en front d'altres propostes millors per a la intermodalitat camió-tren.

5.13. Flexiwagon

És una solució patentada a Suècia l'any 2009 per al transport intermodal de mercaderies entre camió i ferrocarril. El camió, incloent-hi la seva unitat tractora, és situat dins d'una cistella que pivota tant durant la càrrega com en la descàrrega per a permetre'n l'entrada i sortida respectivament. La innovació d'aquest sistema es troba en les rampes plegables que té a cada extrem i que s'accionen cada cop que el camió ha d'entrar o sortir del vagó.



Figura 5-17. Recreació en tres dimensions d'un vagó Flexiwagon.

Font: Zukunft Mobilität (2015)

Mai haurà de fer cap maniobra marxa enrere el camió ja que el poder pivotar en ambdós sentits de gir la cistella així com també efectuar translacions i disposar de rampes en els dos extrems, s'evita aquest fet. Aporta tal grau de flexibilitat, com el mateix nom del producte indica, que el mateix vagó pot acabar adoptant fins a 8 disposicions diferents durant les seves operacions de càrrega o descàrrega.



Figura 5-18. Vista en planta de les 8 possibles configuracions que pot adoptar el vagó Flexiwagon per tal de carregar o descarregar els conjunts sencers de semi-remolcs i unitats tractores.

Font: Zukunft Mobilität (2015)

Aquests vagons no és limiten solament al transport de semiremolcs acompanyats sinó que també pot transportar cotxes, autobusos i maquinària pesant, aquesta última de fins a 80 tones en una variant dissenyada per a missions d'equips d'emergència. Teòricament, les citades rampes podrien desplegar-se en un terreny mínimament pla, essent aquesta una característica atractiva per a situacions excepcionals garantint el desplaçament amb un temps mínim. Es xifra en 7 minuts el temps requerit per completar una càrrega o descàrrega d'un vagó.

Els conductors dels vehicles pesants anirien allotjats en un vagó de viatgers. Ells mateixos accionarien el sistema per desplegar les rampes a través d'una targeta bancària que calcularia el preu del trajecte a cobrar.

A la locomotora que tira del conjunt de vagons Flexiwaggon, que serien al voltant d'uns 24, hi hauria informació a temps real en pantalles sobre l'estat de cada un dels vagons, en especial l'estat d'eixos i frens a través de la variable temperatura principalment. Aquesta monitorització contínua permetria evitar possibles falles i accidents i valorar si l'actuació correctiva pot esperar a finalitzar el trajecte o no.

A més a més els vagons dissenyats tenen una connexió d'electricitat d'un ampli rang de voltatges que permetrien connectar-hi els motors encarregats de proporcionar refrigeració o calor segons el cas als semiremolcs que hi viatgin, per tal de no haver de tenir cap motor dièsel funcionant durant el trajecte.

La present innovació ha suscitat l'interès de ser aplicada en línies ferroviàries de Ghana (Àfrica), Dubai (Emirats Àrabs Units) i la Xina. Aquests tres casos tenen en comú el disposar d'unes infraestructures poc adients per al trànsit rodat de mercaderies i altament col·lapsades. Dins d'Europa, s'estudia com podria entrar al mercat complementant els altres models vagons precursors de la intermodalitat en la línia del túnel del Gotard.

5.14. CargoBeamer

Es tracta d'un sistema d'intermodalitat camió-ferrocarril que troba els seus inicis a Alemanya l'any 2010 i on la transferència dels semi-remolcs es fa horitzontalment. Té l'avantatge de fer compatible tots els semi-remolcs actualment disponibles al mercat, i garantir el compliment del gàlib.

Té la virtut de poder carregar o descarregar un tren de 36 vagons portadors de semi-remolcs en quinze minuts, gràcies a les safates sobre guies que insereixen o extreuen el semiremolc respectivament del vagó. Aquesta mateixa safata pot ésser aixecada per mitjà d'una grua pòrtic i efectuar els transbordaments necessaris entre diferents trens. L'empresa encarregada del seu disseny aplica la idea a dues vies paral·leles i contigües on directament es poden dur a terme transbordaments dels diferents semiremolcs d'un dels trens cap a l'altre, o bé deixar-lo en espera a l'andana per a que sigui carregat en un proper tren.

A més a més, s'emmarca dins del grup de transport intermodal no acompanyat on el conductor pot deixar aparcats els semiremolcs a la zona d'operacions de càrrega i descàrrega i abandonar la terminal sense que sigui necessari esperar l'arribada del tren. Això suposa un augment de la productivitat per a l'empresa propietària de les unitats tractores, ja que no hi ha elevats temps d'espera morts a la terminal.

La safata o palet sobre la que es situa el semiremolc, permet de carregar un semiremolc sobre altres tipus de vagons de mercaderies. No obstant, el vagó dissenyat per CargoBeamer, un cop centrat el palet que conté el semiremolc en el tren, reté el conjunt d'unitat de càrrega gràcies a les cares laterals abatibles hidràulicament que conformen el marc del vagó i formen un tancament entre bogi i bogi. A la Figura 5-19 s'observen les possibilitats que ofereix aquest sistema en un banc de proves inicial de la companyia abans de foren construïdes les primeres terminals a Europa.



Figura 5-19. Terminal ubicada a les instal·lacions de CargoBeamer per a efectuar demostracions

Font: CargoBeamer (2016)

S'ofereixen ja connexions diàries entre Colònia (Alemanya) i Domodossola (Itàlia) i Kaldenkirchen tot atravesant els alps suïssos via el Gotard. La intenció de la companyia de cara als propers anys és usar aquests vagons entre Rotterdam i Riga. Val a dir que la proposta inicial del sistema de realitzar transferència lateral de la càrrega als vagons s'ha anat desvirtuant i actualment en les terminals citades s'empra únicament la càrrega vertical mitjançant pòrtics grua.

5.15. Eco-pickers

Darrera de la idea anomenada Eco-Pickers es troba el disseny d'un vagó que permet la intermodalitat d'una manera espectacularment senzilla, fruit d'un enginyer portuguès que fou presentada per primer cop l'any 2012.

A diferència de tots els models fins ara presentats aquest destaca pel seu baix cost que es materialitza en l'absència de sistemes hidràulics, pneumàtics i elèctrics, cosa que ha despertat l'interès d'operadors ferroviaris d'arreu del món.

La seva simplicitat es basa en que els bogis que fan alhora de tancament de la plataforma del vagó es separen i quan ho fan deixen aquesta rebaixada a nivell del terra. En canvi quan es tornen a ajuntar per efectuar el tancament, encaixen de tal manera els tancaments de seguretat que tornen a elevar la plataforma. L'entrada i sortida del semiremolc es fa sempre circulant endavant, suposant un estalvi de temps força considerable.

No obstant això, aquest sistema de separar els bogis de tal manera que hi hagi prou espai per al pas del semiremolc i la tractora, sembla ser el handicap per a que sigui extrapolable a gran escala. Es requeririen a les estacions un espai equivalent de més de 3 vegades la longitud del tren format per aquests vagons per tal de que es poguessin realitzar correctament les operacions. A més a més

després s'haurien de tornar a unir aquests bogis per tal de tancar els vagons, i en aquest sentit, la locomotora no seria pas l'instrument més àgil per fer-ho.

S'anuncien dos variants diferents d'aquest vagó, combinables entre elles en el mateix tren:

- Completa. Pot encabir el conjunt semiremolc més tractora, oferint més de 40 tones de càrrega útil. Tot està basat en ginyes mecànics. Cada vagó disposa d'un bogi a cada extrem.
- Multi. Aquesta versió solament està enfocada al transport de semi-remolcs sense tractora. Si bé tot continua sent exclusivament mecànic, ara és considera que un vagó solament té un bogi a un extrem i que el tren s'anirà formant per unió del cos central que fa plataforma i pel bogi del vagó següent.



Figura 5-20. Prototip de vagó Eco-Pickers obert, moment en el qual permet la càrrega o descàrrega

Font: Blog de Nuno Ferreira Santos, inventor d'Eco-Pickers (2013)

5.16. ContainMover

Aquest sistema sorgit l'any 2013 permet transferir els anomenats cossos mòbils i també els contenidors de 20 peus ISO des d'un camió a un vagó horitzontalment. Els cossos mòbils no són més que diferents tipus de caixes que habiliten per al transport de diferents tipus de càrregues (paletitzada, refrigerada, granel, etc.) i que destaquen per disposar de quatre suports plegables repartits que els permeten ser desacoblats d'un camió i sostenir-se per ells mateixos.

El ContainMover té l'avantatge de ser modular i per tant es pot muntar sobre el xassís dels camions. Utilitza aire comprimit per elevar les caixes i alhora que un sistema hidràulic permet desplaçar horitzontalment aquesta. L'operació pot ser remotament controlada pel conductor del camió i triga menys de 5 minuts en ser completada.



Figura 5-21. Vista d'un cos mòbil frigorífic estacionat (imatge de l'esquerra). Instal·lació d'un marc adaptador ContainMover a un vago convencional portacontenidors (imatge de la dreta).

Font: Innovatrain (2013)

Es requereix de la incorporació d'un senzill adaptador als vagons portacontenidors habituals, que queda ben fixat al seu lloc per mitjà dels tancaments de gir empleats típicament per fixar les cantonades dels contenidors. A la dreta de la Figura superior es pot presenciar la instal·lació d'aquest adaptador requerit per aquesta tecnologia. Pot ésser transferit fàcilment d'un vagó a un altre en cas d'avaría o manteniment del parc ferroviari. Un cop disposats aquests dos elements, solament es requereix d'una amplada lliure de 3 m costat al vagó per tal de que el camió hi estacioni completament paral·lel a ell sense deixar-hi distància.

Els trens formats per vagons que duen cossos mòbils o contenidors de 20 peus ISO, tenen l'avantatge de ser menys exigents pel que respecta al traçat de la via i poden circular pels recorreguts que no tenen una classificació resistent elevada. Solen permetre el transport d'entre 20 i 40 unitats de transport intermodal, ja siguin cossos mòbils o contenidors.



Figura 5-22. Camió i vago equipats amb els elements de la tecnologia ContainMover efectuant una transferència d'un cos mòbil horitzontalment.

Font: Innovatrain (2013)

Aquest sistema que ja es troba en funcionament a Suïssa, està acompanyat d'innovacions tecnològiques importants que optimitzen tot el procés. Entre ells en destaca la càmera de posicionament i que permet al conductor del camió des de la seva cabina a través d'una pantalla precisar la maniobra d'aproximació al vagó, per situar-se a l'altura exacta. Per últim, anomenar els sistemes que permeten accionar remotament i de manera mecanitzada els tancaments de gir que assegurin el contenidor al camió. En el cas dels tancaments ubicats als adaptadors dels vagons, també poden ésser controlats a través d'un comandament a distància pel conductor de la locomotora.

5.17. Selecció dels sistemes tècnicament més avantatjosos

De tots els sistemes vistos al llarg del capítol 5, pocs d'ells tenen possibilitats reals d'acabar essent una opció atractiva per a les noves relacions que es puguin crear i on s'hi haurà d'incorporar vagons d'alguna d'aquestes tecnologies.

En una primera selecció, s'inclourien aquells que permeten la càrrega de semiremolcs o bé també camions sencers, en cas de tenir la necessitat de realitzar un transport acompanyat. També serà important que pugui oferir el mínim temps possible dedicat a les operacions de càrrega i descàrrega, alhora que la complexitat de disseny del vagó no sigui elevada.

Dit això, els sistemes que tenen més opcions per seguir oferint els serveis d'autopista ferroviària a Europa, i per primer cop a Espanya serien els del transport acompanyat de RoLa i també el de Modalohr. En terminals ferroviàries ja existents on es disposi de pòrtic grua o d'altres vehicles de manteniment de gran tonatge, es podria considerar també els sistemes del vagó butxaca i el de CargoBeamer, que no requereix de semiremolcs reforçats.

A la Figura 4-23 es pot comprovar en quin any foren introduïdes les diferents tecnologies que permeten el transport combinat carretera-tren, i com alguna de les més exteses, d'acord amb el que es veurà en el proper capítol, ja duen dècades en el mercat tot adquirint contínuament fiabilitat no solament durant el trajecte sinó també en les càrregues i descàrregues.

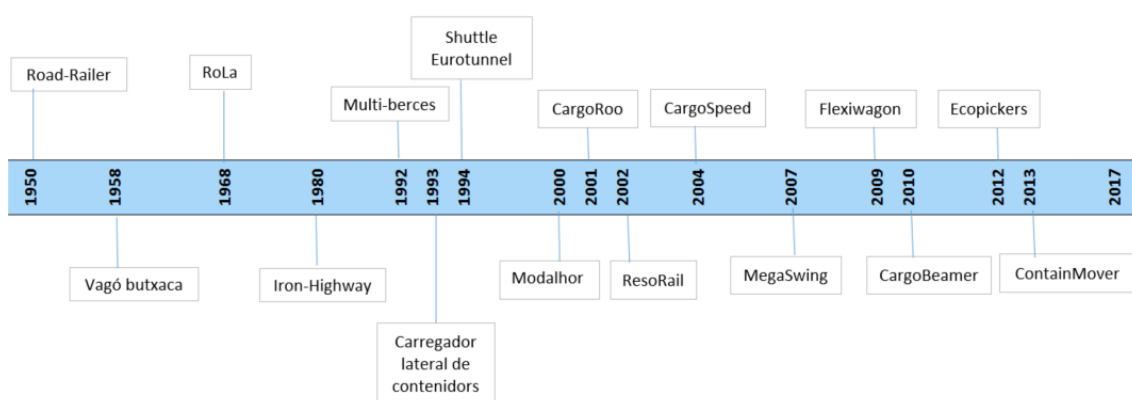


Figura 5-23. Línia temporal dels diferents sistemes de transport combinat carretera-tren

Font: Elaboració pròpia (2017)

6. Serveis en funcionament a Europa d'autopista ferroviària

Un cop vistes totes les tecnologies que han anat veient la llum en les últimes dècades per tal de transportar els semiremolcs o bé els conjunts complets en tren, per mitjà de vagons dissenyats per a aquesta funció, és el moment de veure serveis en explotació amb alguna d'aquestes.

Ens centrarem a parlar dels casos d'aplicació en el vell continent. Tres són els diferents sistemes que actualment s'empren en les relacions ofertades d'autopista ferroviària a Europa. Dos de les tecnologies, la de la plataforma contínua i la del vagó Modalohr tenen ja milers de serveis completats amb la qual cosa la seva fiabilitat està més que garantida. La tercera de les tecnologies que s'ha incorporat més recentment per tal d'oferir relacions noves és la de CargoBeamer.

Observant el mapa de la figura inferior on hi estan representades totes les línies en explotació a data de maig del 2017 d'autopista ferroviària, s'observa com un grup important de relacions són aquelles d'una distància curta però que permeten travessar la cadena de muntanyes dels Alps. Algunes formen trajectes de tan sols 95 km, amb la qual cosa podria quedar en entredit la distància òptima que gira entorn als 500 quilòmetres que es parlava al principi d'aquest treball. És clar que, en alguns casos com ara el de Suïssa, ha estat fruit d'un gran moviment polític que ha buscat traslladar fervorosament els vehicles pesants de la carretera al ferrocarril. Altres motius que fan d'aquesta una opció viable tot i estar per sota del llindar de quilòmetres conegut, és que permet evitar unes vies congestionades i difícils al tractar-se en alguns casos de ports de muntanya, alhora que els transports es poden efectuar amb menys hores.



Figura 6-1. Autopistes ferroviàries en explotació a Europa classificades per tipologia

Font: Elaboració pròpia (2017)

Gràcies als diversos túnels de base que contínuament s'estan construint i d'altres túnels convencionals que s'han anat adaptant al gàlib estàndard per a permetre el pas d'un camió de 4m d'altura sobre un vagó, s'ofereixen gairebé una desena de relacions internacionals entre els diversos països que en major o menor mesura es troben pròxims als Alps.

Al centre d'Europa podem observar com els serveis oferits tenen un paper més de salvar els obstacles de l'orografia, que no pas d'unir llargues distàncies. Solament amb la incorporació dels serveis oferts amb vagons CargoBeamer entre dues terminals situades a Alemanya, la de Colònia i la Kaldenkirchen unint amb Domodossola (Itàlia) contrasten la situació de la tipologia de viatges que creuen els Alps en els diversos passos. Destaca també el fet de què per un mateix traçat operin serveis de diferents tecnologies d'autopista ferroviària, com es dona en les que tenen origen o destí Domodossola, per on hi circulen tant vagons CargoBeamer com vagons de plataforma contínua.

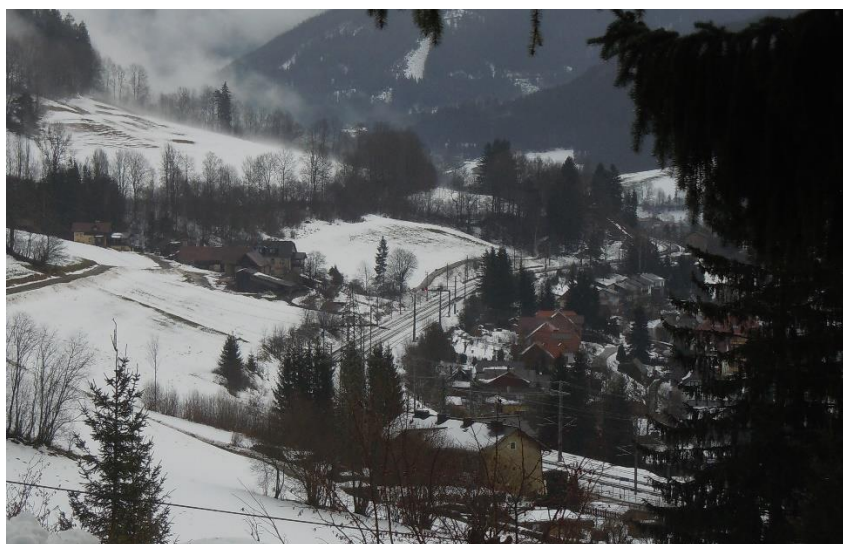


Figura 6-2. Traçat ferroviari en doble via a Spital am Semmering, als Alps austríacs per on hi transita el servei d'autopista ferroviària Wels - Maribor

Font: Elaboració pròpia (2016)

Per altra banda, un altre país capdavanter en les autopistes ferroviàries com és França, advoca per recorreguts de llarga distància que creuen d'extrem nord a extrem sud el país, i que estan perfectament units amb els principals ports de mercaderies, sense menystenir les connexions amb els països veïns com són Itàlia i Luxemburg. A Calais, hi ha dues terminals d'autopista ferroviària, una d'elles funciona amb la tecnologia Modalohr, i que uneix amb la terminal del Boló, situada a prop de la frontera amb Espanya, i l'altra la que forma part del servei d'Eurotunnel, que és l'única autopista ferroviària que transcorre en un túnel sota l'aigua per tal d'unir Anglaterra amb França. Aquesta última relació és la que ofereix una major freqüència de totes elles, comprensible degut a que els escassos quilòmetres que separen Folkestone (Anglaterra) i Calais (França), però que a més a més ofereix la velocitat màxima més alta en el transport de mercaderies per ferrocarril amb 140 km/h. Una de les relacions operades en sòl francès, la uneix que Sète amb Noisy le Sec, està dedicada quasi exclusivament a servir una sola empresa de transports, on a part

d'emprar el ferrocarril com a solució intermodal, també basa gran part de la seva cadena de transport en la intermodalitat que ofereixen els serveis Ro-Ro operats des del port de Sète i que uneixen entre d'altres destinacions amb Turquia. Aquest itinerari prohibeix la càrrega de camions que funcionin amb gas natural líquid o altres gasos equivalents com a combustible per raons de seguretat. En un futur això podria suposar un inconvenient atès que en l'actualitat s'estan començant a vendre aquest tipus de motoritzacions fins i tot en grans flotes.

Fins a la data, totes les relacions en actiu de transport combinat carretera-ferrocarril ho fan creant corredors que principalment tenen la direcció de nord a sud. D'aquí en endavant, per convenció els anomenarem verticals. Es pot deduir que de no existir la problemàtica que es dona degut a l'ample ibèric, algun d'aquests diversos operadors que ofereixen les línies vistes o alguna empresa espanyola, ja faria temps que participaria de la intermodalitat tot oferint connexions amb altres parts d'Europa.

Per analogia amb el terme abans establert, es pot dir que guanyarà horitzontalitat en la xarxa d'autopistes ferroviàries en el moment que alguna d'elles de gran distància, recorri la Península Ibèrica d'est a oest i permeti arribar a localitzacions dels països nòrdics així com també centreeuropeus. Aquestes relacions també podrien donar-se de manera directa sinó amb línies que acabin i comencin en una terminal ferroviària de mercaderies comuna, i que en aquell punt s'opti per manipular la composició per tal de permetre la retirada o afegiment d'unitats de càrrega. Per no perdre competitivitat amb respecte al mode carretera, qualsevol parada que s'efectués, hauria de minimitzar el temps en què s'efectuen les citades operacions. Cal recordar que en el trànsit de mercaderies per ferrocarril és molt comuna l'afirmació que situa en un primer pla l'absència o minimització d'interrupcions en un transport per rail més que no pas la velocitat comercial amb la que es dugui a terme.

La principal diferència entre les tres diferents tecnologies que avui en dia s'estan emprant arreu d'Europa radica en el vagó, que consegüentment implica canvis substancials en les terminals ferroviàries on s'opera amb cadascun d'aquests sistemes i en com es realitzen les operacions de càrrega i descàrrega. Tot seguit es pot veure a la Taula 6-1 un resum de les principals característiques associades a cada sistema.

Taula 6-1. Resum dels principals trets característics dels sistemes d'autopista ferroviària en plataforma contínua, Modalohr i CargoBeamer

	Direcció procés càrrega		Procés de càrrega		Cabuda per a	
	Vertical	Horitzontal	En sèrie	En paral·lel	Semiremolc	Conjunt sencer
Plataforma contínua (RoLa)		✓	✓			✓
Modalohr	✓	✓		✓	✓	✓
CargoBeamer	✓	✓		✓	✓	

Font: Elaboració pròpia (2017)

A més a més, tots aquests serveis on es carrega el conjunt sencer, accepten una massa màxima autoritzada de 44 tones, que no és més que el límit legal que es troba en la majoria dels països per on transcorren actualment les autopistes ferroviàries. Aquest fet provocaria un canvi en el parc d'unitats tractores d'Espanya en el moment que s'efectuï una connexió internacional ja que per a poder circular per les carreteres espanyoles amb una MMA de 44 tones cal que siguin de 3 eixos.

6.1. Característiques referents a l'exploració

A continuació s'adjunta una taula resum de les principals relacions elaborada a partir de la informació publicada per part dels operadors sempre que ha estat possible. Es mostra també informació relativa al traçat de ferrocarril pel qual circulen els trens d'autopista ferroviària per donar una idea de com s'allunyen del traçat en línia recta però sobretot de les distàncies per carretera.

Taula 6-2

		Trens setmanals	Km ctra.	Km línia recta	Temps a.f.(h)	Km ffcc	Preu mig	
Rail Cargo Operator (OBB)	Wörgl	Brenner	97	92,5	68,5	2,5	94,8	154
	Brenner	Wörgl	95	92,5	68,5	2,5	94,8	126
	Wörgl	Trento	10	229	172,7	6	238,8	322
	Trento	Wörgl	10	229	172,7	6	238,8	322
	Salzburg	Fernetti	6	390	240	10	345	750
	Fernetti	Salzburg	6	390	240	12,5	345	750
	Wels	Maribor	14	272	220	8	328	441
	Maribor	Wels	14	272	220	9	328	441
Ralpin	Novara	Freiburg	58	450	291	10	414	635
	Freiburg	Novara	59	450	291	10	414	635
	Basilea	Lugano	4	267	207	5	260	450
	Lugano	Basel	4	267	207	5	260	450
VIIA	Bettembourg	Le Bolou	17	978	810	15	1050	670
	Le Bolou	Bettembourg	17	978	810	15	1050	670
	Le Bolou	Calais	6	1154	941	22	1200	750
	Calais	Le Bolou	6	1154	941	22	1200	750
	Aiton	Orbassano	24	174	119	3	175	290
	Orbassano	Aiton	24	174	119	3	175	290
	Sète	Noisy le Sec	1	771	616	-	815	-
	Noisy le Sec	Sète	1	771	616	-	815	-

		Trens setmanals	Km ctra.	Km línia recta	Temps a.f.(h)	Km ffcc	Preu mig	
CargoBeamer	Domodossola	Colònia	6	793	543	22	726	550
	Colònia	Domodossola	6	793	543	21,5	726	550
	Kaldenkirchen	Domodossola	6	859	590	22	794	600
	Domodossola	Kaldenkirchen	6	859	590	22	794	600
Ökombi	Szeged	Wels	21	612	511	12	674	530
	Wels	Szeged	21	612	511	12	674	530
Euro-tunnel	Folkestone	Calais	1008	-	48,3	0,5	53,4	284
	Calais	Folkestone	1008	-	48,3	0,5	53,4	284

Font: Elaboració pròpia a partir de RAlpin, CargoBeamer, Eurotunnel, Ökombi, Rail Cargo Operator, VIIA (2017)

Com bé es sap, una línia de ferrocarril requereix d'uns radis de curvatura i uns acords verticals molt més restrictius que no pas una carretera, no obstant això, en aquestes línies europees recollides a continuació, els traçats ferroviaris aconseguen no incrementar excessivament els quilòmetres a recórrer.

En alguns casos hi ha lleugers canvis en el temps que es triga a completar el trajecte d'una mateixa línia en un o altre sentit, fet atribuïble a les preferències de pas que hi ha en aquests traçats compartits també amb trens de passatgers.

6.2. Tarificació del servei

Un dels punts d'especial interès en l'estudi dels serveis ja existents és el preu que ha de pagar l'usuari, en aquest cas per tenir el dret a carregar el semiremoc o camió complet i ésser traslladat, de manera no acompanyada o viatjant també el conductor del vehicle pesant a bord del tren entre dues terminals. Dues relacions en concret tenen un preu aparentment alt amb respecte totes les altres si es té en compte la distància que permeten cobrir. Es tracta de Folkestone-Calais i Salzburg-Fernetti. En la primera d'elles, emprada per creuar el Canal de la Mànega, no hi ha cap competidor directe que pugui oferir un temps tant baix i tant bona freqüència com ho fa la llençadora operada per Eurotunnel.

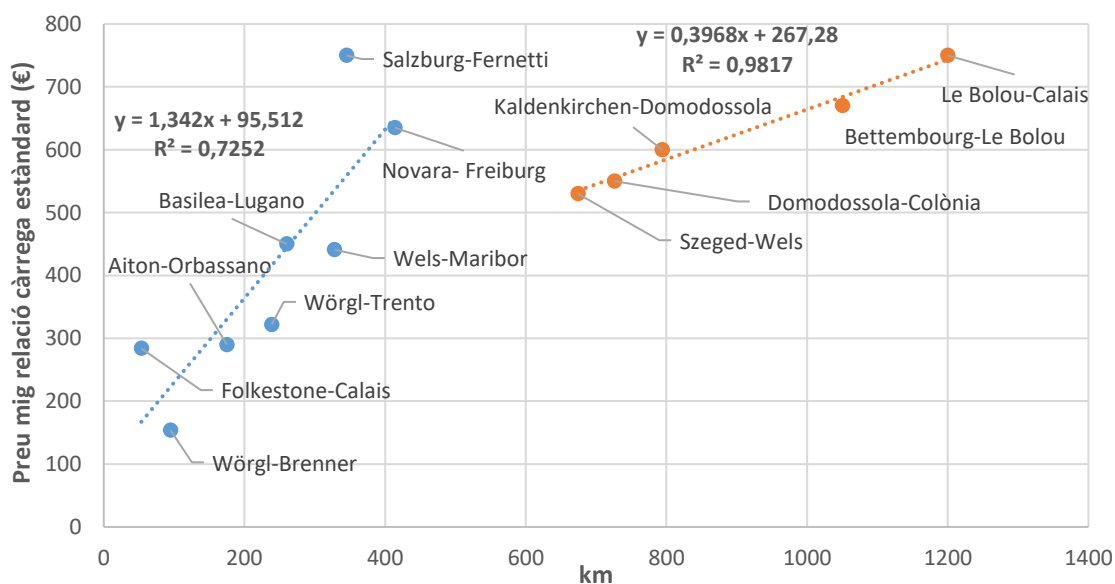
A diferència dels vaixells ro-ro, que és l'altre mètode emprat per transportar els camions i d'aquesta manera poder unir Anglaterra amb Europa, l'autopista ferroviària ofereix fins a 6 sortides per hora en cada sentit en hora punta. Per oferir aquesta elevada freqüència, ara mateix la companyia privada disposa de 16 composicions senceres d'autopista ferroviària que poden dur

fins a 36 camions. Segons anuncia el grup Eurotunnel, està previst afegir al seu parc ferroviari dos conjunts complets més per tal d'arribar a poder oferir una freqüència de 8 sortides per hora en cada sentit en hores de màxima afluència de camions.

Les tarifes sota les quals s'ofereixen els serveis d'autopista ferroviària en algunes relacions tenen un únic preu, però en d'altres, hi ha un pla de preus que depèn entre d'altres factors de:

- Massa màxima autoritzada del conjunt, amb diferencials de l'import que poden arribar a la meitat de preu en el cas de què el camió vagi de buit amb respecte a quan ho fa assolint el límit màxim de 44 tones.
- El sentit del trajecte. L'operador trasllada a l'usuari la diferència dels costos d'exploració d'una línia en un o altre sentit (costos energètics dependents del desnivell acumulat i salaris treballadors bàsicament).
- Franja horària en la qual s'efectua la sortida del servei d'autopista ferroviària.
- En el cas que el semiremolc contingui matèries perilloses, es sol aplicar un recàrrec al voltant dels 25 € per viatge.

Seguidament a la Gràfica 6-1 es correlaciona el preu mig que costa un trajecte amb un camió que no transporti mercaderies perilloses i carregat amb 40 tones, per tal de que aquest exercici sigui el més aplicable possible als límits actuals de massa màxima autoritzada per la configuració més extesa d'unitat tractora de dos eixos i semiremolc amb tres eixos.



Gràfica 6-1. Correlació de les tarifes que apliquen a cada servei i els quilòmetres recorreguts

Font: Elaboració pròpia (2017)

De l'anterior gràfica, dos núvols de punts poden diferenciar-se separats entre ells justament en la zona de les línies que tinguessin uns 500 quilòmetres de recorregut. En certa manera, aquí es pot veure reflectit el llindar del qual s'ha parlat en diverses ocasions a partir del qual les autopistes ferroviàries demostren ser viables econòmicament.

Per al conjunt de punts situat a l'esquerra, fonamentalment s'hi troben aquelles relacions més curtes que creuen elements singulars com són els Alps i el Canal de la Mànega. En línies generals, per aquells trajectes de menys de 500 km, es pot dir que costen a raó de 1,34 € / km partint d'uns 95€ de preu base.

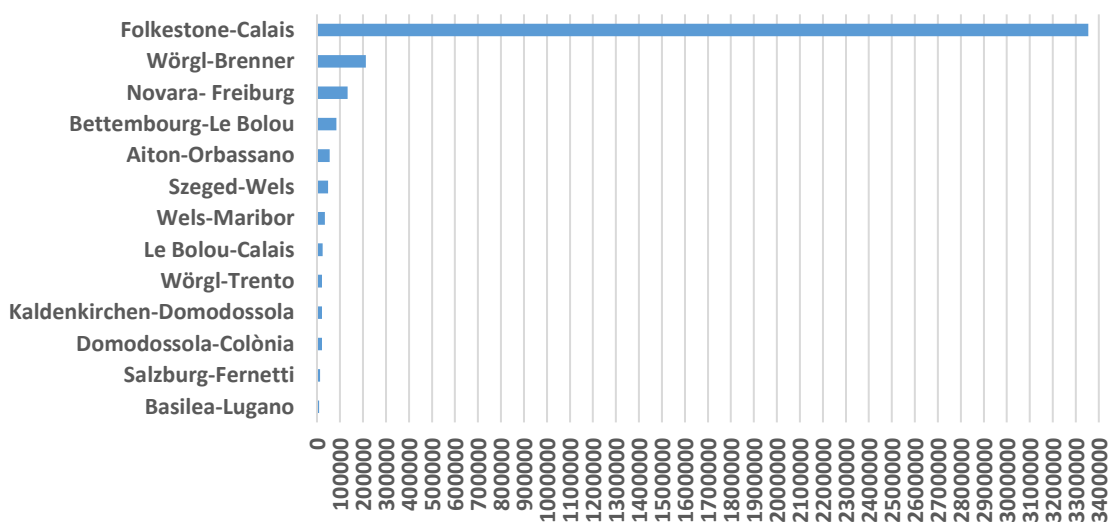
Per a totes aquelles línies existents que superen els 500 km de longitud i fins als 1200 km, entre les que es troben principalment les que van d'extrem nord a extrem sud de França i també les que aprofiten creuar els Alps per tal d'unir terminals que es troben en països no contigus. Aquí el cost d'un viatge utilitzant qualsevol de les tres tipologies de sistema d'autopista ferroviària vistes parteix d'un cost base de 267 € i creix segons 0,39 €/km. Cal dir que la correlació lineal obtinguda proporciona un millor ajustament en els recorreguts de grans distàncies.

6.3.Capacitat i taxa d'ocupació de les autopistes ferroviàries

Un indicador que pot ajudar a entendre l'ordre de magnitud de vehicles pesants que es poden aconseguir treure de les carreteres per tal de que completin aquest recorregut per via d'una autopista ferroviària és la capacitat anual que oferta cadascuna de les línies en servei.

Per qüestions relatives a l'explotació d'una línia de ferrocarril, sempre es podran oferir un major nombre de viatges en un determinat període de temps en aquelles relacions la distància de la qual sigui menor, si es té solament en compte la disponibilitat de material rodant. A més a més, caldrà que aquesta disponibilitat vagi acompanyada de suficient demanda per sufragar els costos derivats d'un alt nombre de sortides programades. Es pot donar el cas també que per alguns trams de les línies exposades, hi hagi una gran confluència d'altres trens de mercaderies i viatgers i no es pugui disposar de la freqüència amb la qual es desitjaria operar.

A continuació es presenta la Gràfica 6-2 que mostra les grans diferències de capacitat ofertada al llarg de l'any entre el servei de llençadora d'Eurotunnel entre Folkestone i Calais i tota la resta d'autopistes ferroviàries operades en l'Europa continental.



Gràfica 6-2. Capacitat màxima ofertada a l'any en els serveis europeus d'autopista ferroviària

Font: Elaboració pròpia (2017)

La capacitat de les diferents autopistes ferroviàries ha estat calculada d'acord amb el nombre de circulacions publicat als webs dels diferents operadors. Poden haver-hi petites variacions a la baixa atès que no han estat considerats els dies anunciats en què no es presta servei. La capacitat per al servei d'Eurotunnel mostra la fita superior que es pot aconseguir amb l'actual material mòbil, però a la pràctica no sempre hi hauran les 6 sortides / hora pròpies de l'hora punta tot i que el servei és ininterromput durant les 24 hores del dia.

Malgrat que les quotes d'ocupació dels espais disponibles per a transportar semiremolcs o camions sencers en les autopistes ferroviàries disten del ple complet, el registre dels vehicles pesants que utilitzaren l'autopista ferroviària per creuar el Canal de la Mànega l'any 2016 confirma la creixent importància d'aquest servei. Així doncs, en aquell exercici es varen comptabilitzar un total de 1.641.638 camions, el que suposà un increment en el trànsit d'aquests vehicles en comparació amb l'any 2015 del 11%. La companyia preveu que a l'any 2020 es transportin 2 milions de camions, xifra encara distant de la seva potencial capacitat de 3,4 milions de llocs que sorgeixen de les 16 composicions de les que es disposa en l'actualitat.

Les dues línies operades per RAlpin, Novara-Freiburg i Basilea-Lugano varen transportar l'any 2015 un total de 100.500 i 10.000 vehicles pesants respectivament. Això suposà un creixement del nombre de camions transportats per la companyia en aquests dos corredors del 0.4% respecte l'any anterior, i l'ocupació dels vagons assolí el 85%. La companyia suïssa no ho ha tingut gens fàcil per operar al seu propi país, ja que es va veure obligada a pujar els preus dels serveis que ofereix davant la retirada el gener de l'any 2015 de la congelació dels tipus de canvi entre el franc suís i l'euro. Els preus en aquest país tingueren d'adaptar-se a la nova situació, que va coincidir en un moment on el preu del dièsel estava barat. Amb la qual cosa hi havia un doble motiu per allunyar als transportistes per carretera d'aquestes autopistes ferroviàries en aquell moment donat.

Pel que respecta a les dues relacions que transcorren pel pas de Brenner, és a dir la de Wörgl – Brenner i Wörgl-Trento, també han vist incrementat el volum de vehicles pesants que utilitzen aquestes dues autopistes ferroviàries. Així doncs, segons Rail Cargo Grup, la divisió de mercaderies del grup austríac ÖBB, l'any 2015 es transportaren un total de 154.860 camions, el que suposa un 7,4 % més que respecte l'any 2014. A més a més, de l'any 2014 a l'any 2015 s'ha pogut passar d'una ocupació dels trens del 83,3 % al 84,9% respectivament. La tendència a l'alça en l'ús d'aquest servei per a les relacions donades pot corroborar-se veient el creixement que es dona des de l'any 2013. En aquest any, 144.136 vehicles pesants, foren transportats amb les autopistes ferroviàries de la tipologia plataforma contínua. Un any més tard, durant el 2014, 144.136 camions foren traslladats.

Els serveis d'autopista ferroviària operats amb la tecnologia Modalohr, que són aquells que fonamentalment discorren per França, manquen en informació relativa als semiremolcs transportats en els últims exercicis. Així doncs, per a la relació Aiton – Orbassano, l'any 2013 es varen dur 31.616 semiremolcs. Pel que fa a la relació de major longitud oferida en l'actualitat, la de Bettembourg – El Voló, es trobava estabilitzada en torn dels 40.000 semiremolcs transportats l'any 2014., una ocupació que dista molt de la màxima capacitat que pot oferir de 90.000 unitats de càrrega per any. L'últim dels serveis a incorporar-se operat per la francesa VIIA, la connexió amb autopista ferroviària entre Calais i El Voló, pretén acabar consolidant-se com un trajecte que pugui portar 40.000 semiremolcs a l'any.

És difícil saber quina taxa d'ocupació s'ha registrat en cadascuna de les dues línies actualment en explotació amb el sistema CargoBeamer atès que no existeix cap informació al respecte que es pugui consultar de manera pública. No obstant, es pot intuir que any rere any va augmentant el nombre de semiremolcs transportats atès que a finals de l'any 2016 s'augmentà de 3 trens setmanals a 5 les circulacions en cada sentit en la línia Domodossola – Colònia.

Per a tenir una idea aproximada de com d'utilitzades són les relacions establertes entre Szeged – Wels i Wels – Maribor, l'única informació disponible presenta per a l'any 2012 un registre de 23.333 i 34.453 camions respectivament.

La consolidació de cada una d'aquestes relacions, a excepció de la més curta de totes elles, i amb un preu per quilòmetre alt com és la de Folkestone – Calais, és un procés lent en què fins i tot a dia d'avui, després de diversos anys en funcionament, encara no es pot afirmar que hagin captat una part significativa dels transport que s'efectuen per carretera. Tret d'aquest cas, és a Suïssa on estan tenint un major nombre d'usuaris les autopistes ferroviàries, en bona part per les diverses regulacions que existeixen per al transport de mercaderies per carretera. Per exemple, els vehicles de més de 3,5 tones no poden circular els diumenges, ni els festius i tampoc ho poden fer entre les 10 de la nit i 5 del matí. En aquest cas, aquesta mesura és altament efectiva per lluitar contra el trànsit de pas, i l'única alternativa per no incrementar el temps d'entrega de les mercaderies, pot ésser utilitzar les autopistes ferroviàries que creuen Suïssa.

6.4. Terminals d'autopistes ferroviàries

Les terminals són l'element indispensable previ i posterior a la circulació d'un transport combinat carretera – ferrocarril, és el punt on es carreguen i descarreguen les unitats de càrrega als vagons de la composició que presten el servei d'autopista ferroviària. El principal tret distintiu entre elles és si la càrrega es realitza en sèrie o en paral·lel (generalment més ràpid). Si bé cada un dels sistemes vistos actualment en explotació a Europa conté particularitzacions en la vessant més tècnica de la terminal, s'hi poden distingir en qualsevol d'elles les següents parts diferenciades:

- Punt de control del gàlib dels camions i semiremolcs abans d'ésser carregats als vagons
- Edifici o caseta de control, on es registrarà informació relativa a l'unitat de càrrega transportada
- Zona de càrrega i descàrrega. La composició ferroviària queda estacionada en una zona apartada de la xarxa principal i situada a l'interior del recinte de la terminal. És en aquesta àrea on per mitjà de diferents implements o sistemes de rampes, els semiremolcs o conjunts sencers són carregats al tren, ja sigui gràcies al moviment proporcionat per una tractora o per altres vies de translació o elevació dels semiremolcs.
- Zona d'espera. És la zona contigua a la de càrrega i descàrrega dels vagons i s'acostuma a deixar un marge d'espai per tal de no posar en perill les maniobres de la branca d'autopista ferroviària i per si han de circular-hi grues pont o altres tipus de vehicles prop de les vies.
- Zona d'estacionament o emmagatzematge. En les autopistes ferroviàries de transport no acompanyat, sol dedicar-se una parcel·la d'una extensió igual o superior a la de la pròpia terminal. La finalitat d'això és la de poder seguir operant a la terminal i que no es produeixi un coll d'ampolla amb tots aquells semiremolcs que encara no han estat recollits per l'empresa de transport per carretera que durà a terme l'última milla. D'altra banda també pot succeir a l'inrevés, que els transportistes que alimenten la terminal origen no puguin esperar fins l'hora de sortida del tren i hagin de marxar a atendre altres transports. Els moviments entre la zona d'estacionament i la de càrrega/descàrrega la solen dur a terme les tractores de la pròpia terminal que estan pensades per a realitzar continus acoblaments i desacoblaments amb semiremolcs més fàcilment que amb una tractora convencional.

Els costos de construcció de les terminals dependrà molt de la tecnologia sota la qual es vulgui operar una autopista ferroviària. Això condiciona directament les necessitats d'espai i també si s'ha d'instal·lar o no costosos sistemes mecànics que permetin elevar i/o pivotar els semiremolcs. El fet de què els sistemes hidràulics vagin instal·lats a la terminal i no en cada vagó, en el seu conjunt suposa un estalvi considerable. A més, qualsevol incidència en aquests aparells podrà ésser reparada durant el marge de temps en què no hi ha operacions a la

terminal. A continuació es recullen les necessitats de terreny de tres terminals que practiquen la intermodalitat a Europa. Dels tres casos presentats, la terminal que integra la tecnologia dels vagons Modalohr d'El Voló és la que amb menor espai pot integrar totes les zones abans comentades. Li segueix molt d'aprop la terminal RoLa de Wörgl. Aquesta última tecnologia és la que requereix menys espai pròpiament associat a la zona de càrrega, doncs són els mateixos camions que avancen per sobre dels vagons fins a carregar el tren, i per descarregar-lo realitzen un procés similar. Per últim, la terminal de CargoBeamer de Colònia operada amb pont grua exigeix més del doble d'espai que cadascuna de les altres tecnologies.



Figura 6-3. Àrea de les terminals d'autopista ferroviària a Wörgl (Àustria), El Voló (França) i Colònia (Alemanya) de dalt a baix

Font: Elaboració pròpia a partir d'imatges satèl·lit de Google Earth (2017)

7. Consideracions per a la creació d'una autopista ferroviària

7.1. Consideracions d'aspecte material o constructiu

La creació d'una relació d'autopista ferroviària estableix un nou paradigma on les càrregues dels vagons són de major volum al que ho eren fins ara els contenidors estàndard. Si bé no s'estableixen consideracions particulars referents al traçat amb respecte a les habituals de les línies dedicades al transport de mercaderies, com podrien ser rampes, radis de curvatura, peralts o capacitat resistent de la plataforma, sí que s'ha de tenir present el següent:

- Gàlibs. Cada país típicament ha establert els seus estàndards de gàlibs. Amb el temps, cada cop s'han anat fent més voluminoses les càrregues i això fa que un tren no pugui creuar certs túnels, ponts o fins i tot coincidir amb un tren que circula en l'altre sentit a un traçat de doble via. Les solucions passen bé per tractar d'encabir la càrrega del semiremolt en un vagó dedicat al transport combinat que faci que vagi el més rebaixada possible. Si això no és possible no hi haurà altra solució que engrandir secció de túnels, eixamplar ponts, etc. En l'Annex III es pot veure ampliada la informació referent als gàlibs, especialment la nomenclatura estandaritzada que impera en l'actualitat arreu del món.
- Ample de via. Aquest aspecte segueix sent un autèntic obstacle per aquells països que històricament varen decidir no adoptar l'ample estàndard o europeu. En un món on cada cop s'estableixen més relacions d'intercanvi comercial i amb països més llunyans, és necessari que es pugui donar continuïtat a la circulació d'una mateixa composició indiferentment dels països que vagi creuant.
- Longitud mínima zona d'estacionament a les terminals. En determinats països europeus ja està establerta de forma habitual la circulació de trens amb longitud igual o superior als 750 metres. De cara a un millor aprofitament dels recursos, és altament recomanable que com a mínim la longitud útil de vies en les terminals de càrrega i descàrrega pugui tenir la llargada abans comentada. Tot just ara a Espanya s'estan fent actuacions en altres terminals ferroviàries de mercaderies convencionals enfocades a incrementar-ne la llargada fins als 750 m. En vista a possibles successives ampliacions de la longitud dels trens, es podria considerar reservar terrenys addicionals contigus.
- Electrificació de les catenàries en els diferents països. Actualment existeixen diferències entre països en quant al sistema d'electrificació. Sense anar més lluny, a Espanya hi ha establert els 3 kV a corrent continu mentre que a França conviuen dos tipus distints d'electrificació, 1,5 kV a corrent continu i 25 kV amb corrent alterna. Aquest últim és el més estès a Europa. Aquestes diferències es solucionen o bé intercanviant locomotores a la frontera, utilitzant-ne una que sigui també dièsel o una multitensió.

7.2. Consideracions de sostenibilitat referents a l'operació

En el punt anterior s'han vist un seguit d'aspectes que cal complir abans de permetre el pas amb seguretat d'un tren els vagons del qual continguin semiremolcs o el conjunt sencer de tràiler. Tot seguit es parlarà d'uns aspectes que afecten no solament a la rendibilitat econòmica de l'operador del servei d'autopista ferroviària, sinó també a l'empresa de transport per carretera que en fagi ús així com també al medi ambient. És justament a través del control de les emissions de CO₂ o del consum d'energia com es poden comparar les implicacions que té moure mercaderies amb un i altre mode.

El conjunt de raonaments següents han estat extrets de l'article científic *Comparative Analysis of Energy Consumption and CO₂ Emissions of Road Transport and Combined Transport Road/Rail* publicat per Institut für Energie and Umweltforschung Heidelberg GmbH (IFEU) i per Studiengesellschaft für den kombinierten Verkehr e.V., (SGKV).

El principal motiu pel qual es projecta una ruta de transport combinat podria quedar desvirtuat si es cometen els següents errors:

- Relacions entre dos ubicacions en les que efectuar un transbordament de la unitat de càrrega i que aquesta sigui transportada per ferrocarril suposi un increment de gairebé 200 km que si es realitzés completament per carretera. Es consumiria més energia i s'emetria més diòxid de carboni com a conseqüència de l'augment en la distància recorreguda.
- Quan el trajecte per carretera fins a la terminal origen i el trajecte des de la terminal de destí fins a la destinació són en sentit oposat al moviment global entre els dos punts on interessa transportar la càrrega, s'incorre en el mateix desavantatge que el comentat anteriorment. En la Figura 7-1 es presenta a mode d'exemple els dos casos extrems que poden donar-se respecte a la ubicació de les terminals origen i destí comparant d'una banda la distància recorreguda amb transport combinat i de l'altra la registrada unint els mateixos punts exclusivament per carretera.

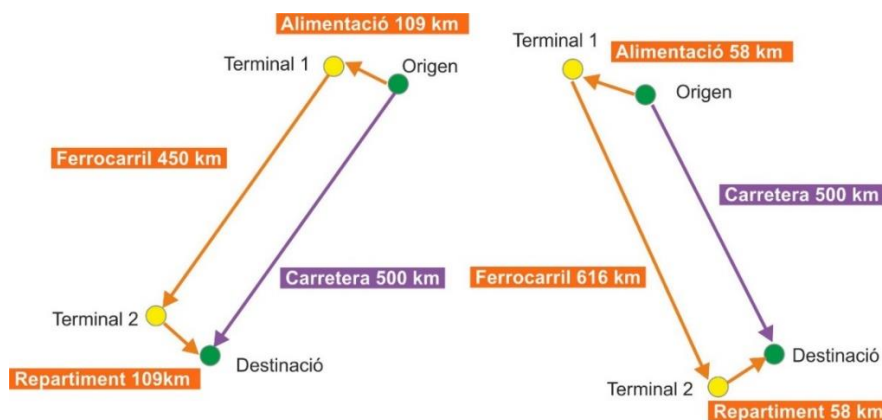


Figura 7-1. Representació gràfica de dos casos extrems simulats on el transport combinat no és una bona opció.

Font: Adaptat d'IFEU (2001)

- El tren que efectui transport combinat haurà de superar un llindar de longitud, per tal de què representi una opció veritablement sostenible respecte al mode carretera pur al requerir de menys energia per transportar una unitat de càrrega. En aquest estudi, i per la relació Hamburg-Budapest, el transport combinat esdevé una opció menys demandant d'energia a partir d'estar compostat el tren per 15 vagons i s'anirà rebaixant el consum requerit per transportar una unitat de càrrega com més vagons s'hi incorporin.
- Maximitzar el factor de càrrega d'un tren que operi una línia intermodal, ja que del contrari s'està arrossegant càrrega morta dels vagons buits. Precisament els vagons que permeten transportar semi-remolcs tenen una tara més elevada que els vagons portacontenidors.

En la Figura 7-2 es detallen els resultats de l'article esmentat, on mostra com a partir de 15 vagons ja es consumeix menys energia als 100 km per a traslladar cada unitat de càrrega. Com era d'esperar, com més llarga sigui la composició de vagons, més s'aconseguirà reduir aquest consum.

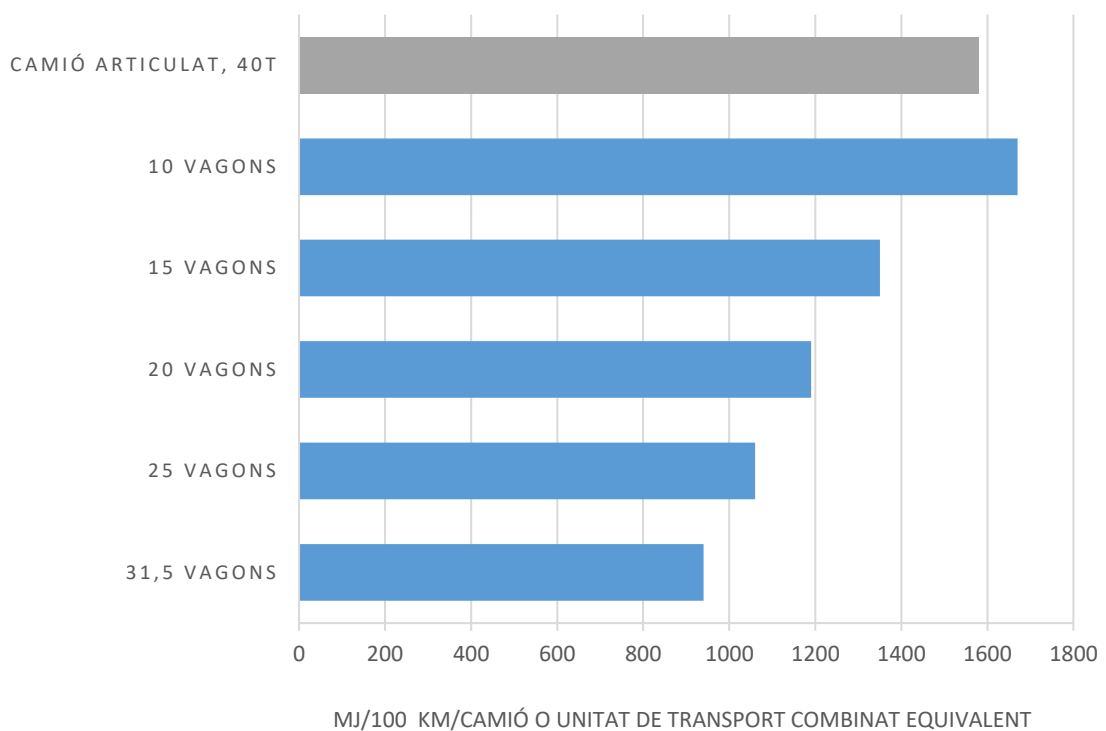


Figura 7-2 Consum d'energia específic per a un camió de 40t i trens de diferent longitud de transport combinat. Relació Hamburg-Budapest.

Font: IFEU (2001)

8. Estudi del transport de mercaderies per carretera a Espanya

En aquest apartat del present treball es planteja la detecció d'aquelles regions d'Espanya que puguin ser més compatibles amb la futura implantació de les autopistes ferroviàries pel seu elevat volum de mercaderies mogut amb l'exterior.

Es començarà veient les actuals infraestructures tant ferroviàries com viàries en servei a Espanya que serveixen per comunicar-se amb els països fronterers. També es comentaran breument les actuacions en marxa i previstes que facin variar el nombre de passos per creuar la frontera. Un perfecte indicador de l'actual nivell de congestió en serà conèixer la intensitat mitjana diària de cada un dels passos transfronterers per carretera. Malgrat que la voluntat hauria estat saber amb exactitud informació anàloga per al cas de les línies de ferrocarril actualment en explotació per al trànsit de mercaderies, com són les circulacions, es tracta d'una informació protegida per raons de seguretat i no ha estat possible aconseguir-la amb registres recents.

Li segueix un estudi de quins són els principals països amb els que Espanya realitzà intercanvis de mercaderies per carretera durant l'any 2016, ja es tracti d'importacions com d'exportacions. En tot moment es tenen en compte els països que componen la Unió Europea, alhora que aquells que no en formen part però estan situats en continent europeu. El factor proximitat segueix primant en aquest mode de transport, així no és d'estranyar que França i Portugal siguin els països amb els que principalment s'hi intercanvia productes per mitjà d'aquest mode.

Posteriorment, a través d'un estudi detallat es concreta quines són aquelles províncies que més mercaderies intercanvien amb els grups de països abans tractats. Les dades amb les quals s'ha treballat segueixen essent del mateix any. No s'obviarà tampoc el fluxe de mercaderies de comerç interior així com també el volum de mercaderies que es mou dins d'una mateixa comunitat autònoma. Treure de la circulació una part d'aquells vehicles pesants que solament estan de pas per les comunitats autònomes més congestionades en el trànsit d'aquest tipus de vehicles pot reportar múltiples beneficis al conjunt de la població d'aquell territori.

Amb totes aquestes dades disponibles i amb l'ajuda de mapes amb informació específica sobre les línies de ferrocarril de mercaderies a Espanya es podrà proposar la ubicació de terminals intermodals prioritàries, que unides entre elles o bé amb les existents que ja hi ha a Europa conformaran noves relacions d'autopista ferroviària.

Aquest capítol finalitzarà amb un anàlisi dels costos d'explotació que té una empresa de transport per carretera que opera a nivell nacional. La font de la qual s'han obtingut les dades no realitza expedicions internacionals, però en termes relatius de costos, la diferència no és tant important atès que s'ha fet el promig per quilòmetre de tots aquests costos. La principal diferència és ser la major part de flotes que es dediquen al transport internacional empen dos conductors a cada unitat tractora. Aquest increment en el preu per quilòmetre que podria significar el fet d'haver-hi dos persones assalariades, es veu compensat per la renovació periòdica i utilització d'unitats tractores amb l'última tecnologia en motoritzacions, que retalla el principal cost com és el combustible i també el manteniment anual a realitzar. Amb tot, l'exemple aquí presentat serà una bona aproximació al cost per quilòmetre que hi ha en el sector.

8.1. Infraestructures ferroviàries i viàries a Espanya

En aquest capítol es vol veure quines són les diferents opcions que hi ha per unir els destins internacionals des d'Espanya amb els modes ferrocarril i carretera. Serà fàcil establir un símil entre nombre de carrils, en el cas d'una infraestructura viària, amb el tipus de via ferroviària, és a dir, si es tracta de via única o bé via doble. Amb tot, es podrà saber d'entrada quin mode ofereix més capacitat, malgrat això no sigui sinònim d'ús o aprofitament a la realitat, ja que un dels factors determinants de què una infraestructura sigui després utilitzada o no, en serà la tarificació que aquesta pugui tenir. També serà important el traçat de la via en el cas de carreteres i la proximitat a altres vies ràpides un cop creuada la frontera.

En la Figura 8-1 es pot apreciar la totalitat de les línies de mercaderies actualment en explotació a Espanya. En un primer moment destaca que la majoria de capitals de província, ports marítims i centres de producció importants, com ara els automobilístics, disposen de terminals ferroviàries. Això pot portar a pensar que el ferrocarril ha de ser un mode de transport fortament extès en aquest país i que compleix a la perfecció la seva funció. No obstant, hi ha un gran problema que s'inicia a la Península Ibèrica, concretament des dels Pirineus cap al sud: l'ample de via. Aquest fet es detallarà més endavant i el lector podrà comprendre les principals diferències.

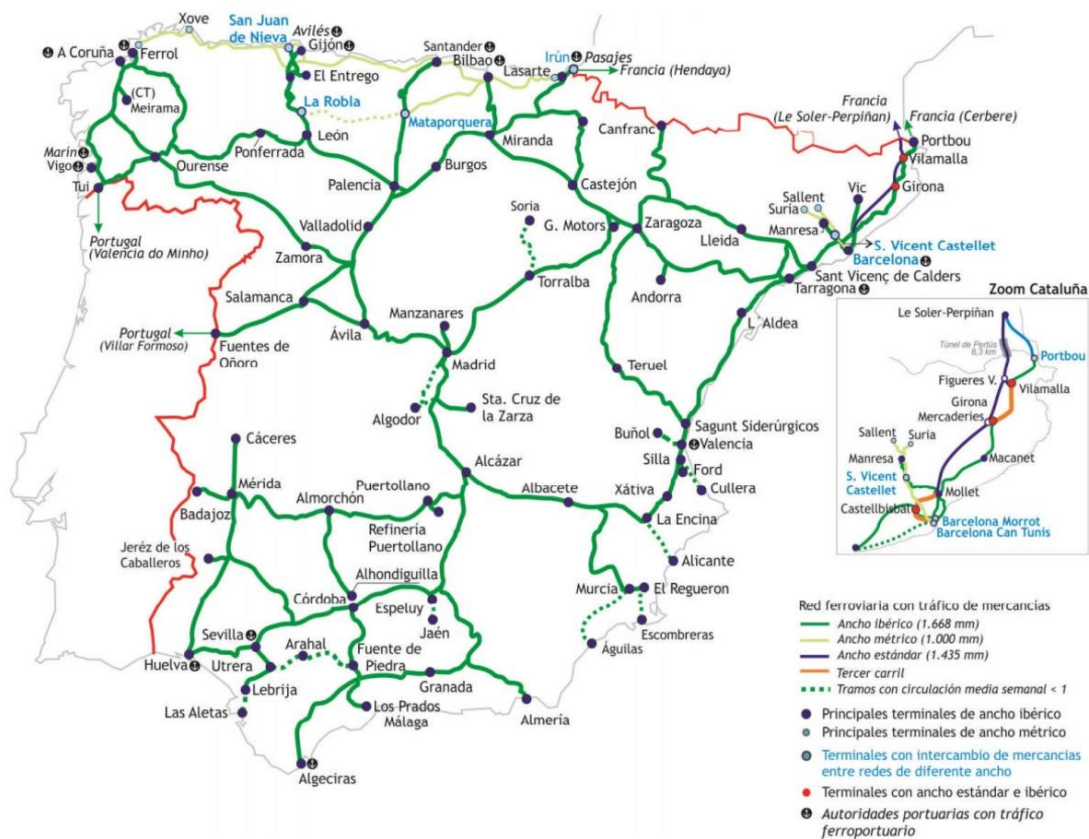


Figura 8-1. Mapa de les línies ferroviàries de mercaderies d'Espanya a l'any 2014 amb els seus respectius ample de via

Font: Fundació dels Ferrocarrils Espanyols (2014)

Si bé la gran majoria dels traçats existents en ample ibèric disposen de via doble, fet que augmenta amb escreix la capacitat d'una línia ferroviària al permetre la circulació en ambdós sentits, també es dona el fet d'haver de realitzar voltes considerables en voler unir alguns punts de la geografia espanyola. Tant és així que per exemple que no existeixen connexions massa directes en ferrocarril entre Madrid i València, essent considerat el port valencià com un port sec de la capital d'Espanya.

El mateix és extrapolable al períple que cal fer per a transportar mercaderies entre Madrid i qualsevol país situat més enllà dels Pirineus amb tren. Amb un disseny de la xarxa de trens de mercaderies que pot recordar al d'una xarxa ortogonal lleugerament deformada, és evident que en els trams comuns, i pel fet d'haver-hi nombroses interseccions de ramals, es generaran contratemps en forma de temps d'espera. A continuació es mostraran en la Taula 8-1 i la Taula 8-2 tots aquells passos fronterers que s'usen actualment per unir Espanya amb Portugal d'una banda i amb França de l'altra. El fet de disposar unes bones connexions amb aquest últim país, adaptades als temps i necessitats actuals, són una peça clau de cara a guanyar competitivitat no solament amb el país gal, sinó també amb la resta d'Europa.

Taula 8-1. Línies ferroviàries de mercaderies que uneixen Espanya i França

Línies ferroviàries	Tipus	Ample*	Electrificada
Irun-Hendaya	Via doble	Ibèric	Sí
Portbou-Cerbère	Via doble	Ibèric	Sí
Figueres-Perpinyà	Via doble	Estàndard	Sí

*Nota: La columna està indicant l'ample de via emprat al costat espanyol. En totes aquestes línies ferroviàries, en el costat francès la circulació de trens s'efectua sobre ample estàndard.

Font: Elaboració pròpia (2017)

Taula 8-2. Línies ferroviàries de mercaderies que uneixen Espanya i Portugal

Línies ferroviàries	Tipus	Ample *	Electrificada
Tui-Valencia do Minho	Via única	Ibèric	No. Amb previsió d'estar-ho al 2020.
Fuentes de Oñoro-Villar Formoso	Via única	Ibèric	Espanya:No Portugal:Sí
Badajoz-Elvas	Vía única	Ibèric	No

*Nota: La columna està indicant l'ample de via pel qual circulen els trens de mercaderies en ambdós països.

Font:Elaboració pròpia (2017)

En cadascuna de les dues fronteres més importants d'Espanya amb països europeus, existeixen tres passos fronterers. Si bé coincideixen en nombre, no és així en les característiques tècniques d'aquestes línies. Les línies que uneixen Espanya amb Portugal tenen els inconvenients de ser en via única i no electrificades, això en dificulta l'exploració, convertint-la en una infraestructura poc eficient i que sempre patirà d'una manera o altra limitacions en les circulacions de trens.

En l'última dècada, s'ha insistit en reiterades ocasions en modernitzar la línia Badajoz-Elvas, que disposa d'un dels traçats més favorables dels construïts a Portugal, amb llargues rectes i corbes de radi elevat. Aquesta pot oferir bones connexions amb els Port de Sines, que concentra més del 50% del trànsit de contenidors a Portugal, i també amb el de Lisboa. A més a més, a Badajoz es preveu la construcció de la Plataforma Logística, on també es preveu que aquesta línia hi pugui prestar servei.

Pel que fa als passos fronterers entre Espanya i França per ferrocarril, tenen l'avantatge de disposar de via doble amb la qual cosa s'amplia amb escreix el nombre de circulacions de trens en ambdós sentits. Al tractar-se de línies electrificades, els trens que es facin circular per aquestes mitjançant tracció elèctrica, es requerirà de menys energia procedent de fonts fòssils i per tant no renovables. S'hi afegeix també una reducció en l'emissió de gasos d'efecte hivernacle.

Destaca el pas de Figueres-Perpinyà que és el primer en disposar d'ample de via estàndard i que per tant enllaça amb la resta d'Europa sense necessitat d'efectuar cap canvi d'eixos o transbordament de càrrega. Recordar que en els passos d'Irun-Hendaya i de Portbou-Cerbere, típicament s'hi ha hagut de practicar canvis d'eixos o bogis segons el cas als trens de mercaderies i passatgers. Aquest aspecte es tracta amb més detall en un dels annexos d'aquest present treball. És precisament aquest pas que deixa enrera l'ample ibèric, la pedra angular de l'esperat Corredor Mediterrani.

Tal i com es veurà en el capítol on s'analitzen els diferents fluxos de mercaderies entre les províncies peninsulars espanyoles i els països europeus, es pot avançar que la disposició d'una línia ferroviària que uneix València amb la frontera francesa, passant per Barcelona resulta òptima a dia d'avui. És sens dubte un corredor prioritari, i si bé fins ara ja estaven connectades aquestes províncies que allotgen les principals indústries del país, l'ample de via i la disposició de les vies han estat una contínua font de problemes i d'inoperància.

L'actuació que s'està duient a terme en l'anomenat Corredor Mediterrani requeriria d'un capítol a part per tal de comprendre bé tots els treballs, que poden interpretar-se com poc resolutius davant la problemàtica actual que s'hi dona.

Abans de finalitzar aquest repàs dels passos fronterers que existeixen actualment amb França, es voldria esmentar un altre que havia existit però que cessà la seva activitat el 27 de març de l'any 1970. Es tracta de la línia ferroviària de Canfranc-Pau. després de què un tren que transportava cereals tingué problemes en el sistema de frens a l'estar les vies cobertes de gel i acabà movent-se montanya avall sense control tot destuint el pont metàl·lic de l'Estanguet. Des d'aleshores encara no s'ha restablert aquest pas, tot i que en els últims anys han anat sortint informacions que demostren l'interès en reobrir-lo altre cop, no sense abans efectuar-hi una elevada inversió.

En un altre ordre de coses, la línia ferroviària Vic-Puigcerdà, que també creua la frontera amb França, més concretament a la població de la Tor de Querol, queda totalment descartada per al transport de mercaderies ateses les fortes rampes i els radis reduïts de curvatura en el tram entre Ribes de Freser i Puigcerdà. En destaca el túnel de cargol o helicoidal de Toses, que amb radis compresos entre els 170m i 230m permet salvar un desnivell de 80m al llarg de 3904m de longitud, amb uns pendents longitudinals que es mouen entre 1,6% i 3%).

Altres traçats de línies ferroviàries internacionals que han anat apareixent sobre la taula i les diferents alternatives dels quals s'han estudiat són el de fer arribar el ferrocarril a Andorra així com la Travessa Central del Pirineu.

La primera, pretenia perllongar l'actual línia Lleida-La Pobla de Segur, fins a Andorra passant per Sort i La Seu d'Urgell. En total suposarien 55 quilòmetres, el 50% del qual seria en túnel. L'elevat cost del projecte, que en una primera aproximació es xifra en més de 1.500 milions d'euros i l'insuficient demanda que tindria tant de passatgers com de trànsit de mercaderies, han deixat aparcada la proposta. En qualsevol cas, tot i estar transferida a la Generalitat de Catalunya la línia de ferrocarril de La Pobla de Segur, qualsevol connexió que es volgués realitzar de caire internacional hauria de comptar amb el beneplàcit del Govern d'Espanya. L'arribada del ferrocarril a Andorra també s'havia plantejat en alguna ocasió a través d'un perllongament de la línia Vic-Puigcerdà, però tal com s'ha vist, aquesta hauria servit exclusivament per a trens de passatgers.

La segona d'elles, l'anomenada Travessa Central dels Pirineus (TCP), consisteix en unir Espanya i França a través d'un corredor d'altres prestacions que atravesi els Pirineus. Es requeriria d'un túnel de base similar als de Lötschberg i el de San Gotard que s'han construït amb èxit en els últims temps a Suïssa, amb 34,6 km i 57 km respectivament. No hi ha definit un únic traçat per a aquest projecte sinó que es compta amb fins a deu propostes diferents. En qualsevol cas, un túnel que transcorri a baixa cota seria necessari, oscil·lant entre els 34,9 i 62,6 quilòmetres en funció de l'opció. A més d'aquest llarg túnel, l'obra s'hauria de completar amb altres ponts i túnels al llarg del recorregut. Segons xifres no oficials, el cost que podria tenir el túnel principal podria ascendir fins als 6.000 milions d'euros.

Sembla ser que gràcies a l'obertura d'aquest nou corredor a través dels Pirineus, segons estimacions de la Fundació Transpirenaica, organisme depenent del Departament d'Obres Públiques del Govern d'Aragó, hi podrien arribar a passar 60 milions de tones majoritàriament provinents dels portacontenidors descarregats als ports d'Algesires o Sines (Portugal). Després de l'ampliació del canal de Panamà, s'ha obert la porta a l'arribada de vaixells portacontenidors més grans, i permetria establir relacions comercials d'especial interès amb Àsia. El ferrocarril connectat amb els citats ports i la Travessa Central dels Pirineus contribuiria a una distribució de mercaderies per tot Europa. El projecte també obre la porta a la construcció de terminals que permetin el servei d'autopista ferroviària per tal de carregar els semiremolcs o els conjunts complets.

La proposta però, va rebre l'any 2012 la negativa de la Comissió de Transports a Brussel·les al no ésser considerada com a prioritària. Des de l'Eurocàmera es vol protegir de qualsevol impacte ambiental els Pirineus i aposta per la construcció dels corredors Mediterrani i Atlàntic a Espanya.

En la següent pàgina es presenta gràficament en la Figura 8-2 un mapa d'Europa amb totes aquelles actuacions en matèria de millora del transport i la mobilitat de persones i mercaderies que la Unió Europea finançarà fins al 2030 i amb una inversió d'aproximadament 700 bilions d'euros. Tot plegat rep el nom de TEN-T, que és l'abreviació de Trans-European Transport Networks, i com el propi nom indica el que es vol és interconnectar els diferents països de la Unió Europea i afavorir la intermodalitat en la cadena del transport.

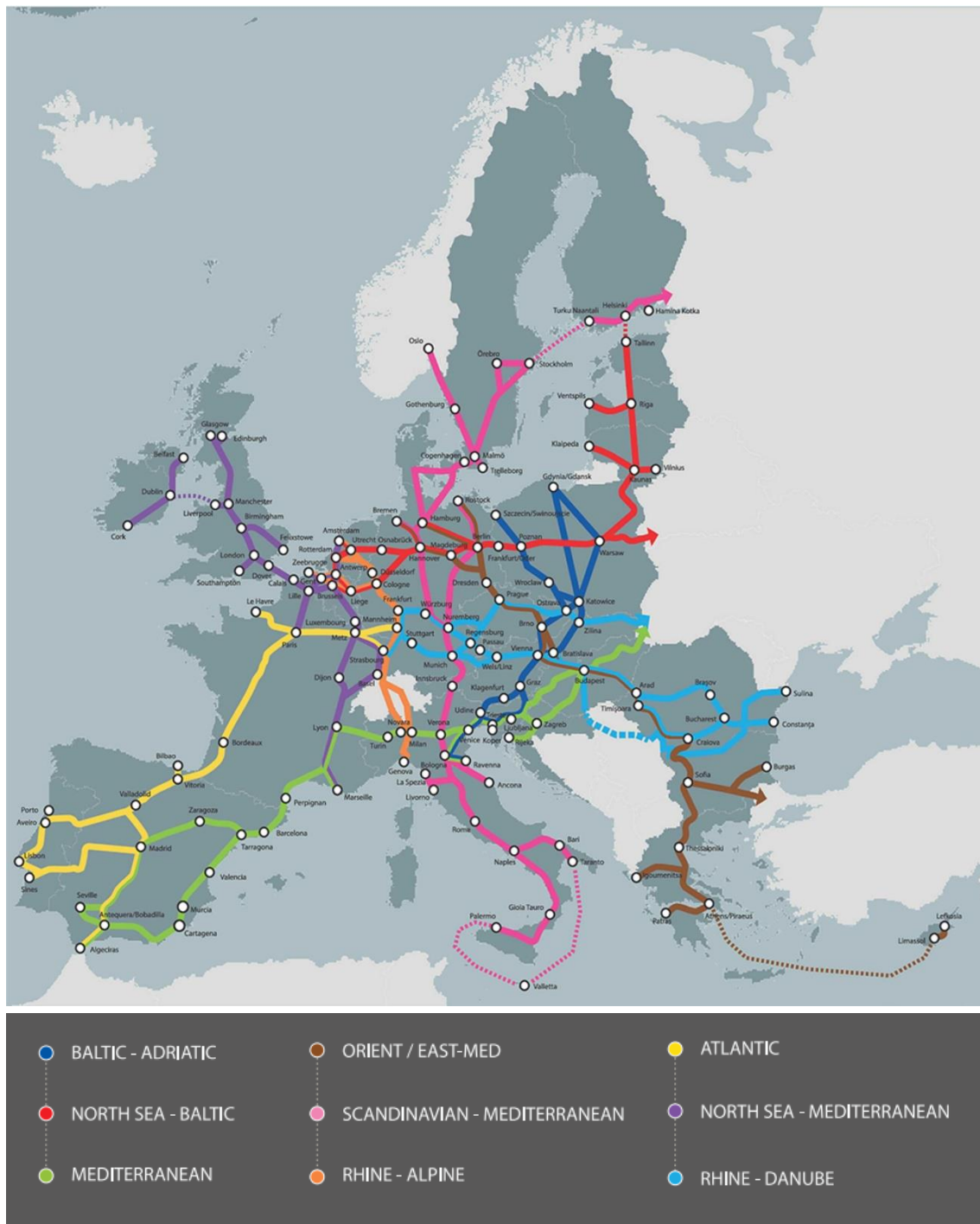


Figura 8-2. Corredors de la xarxa transeuropea de transport (TEN-T) prioritaris que es complementen amb diversos modes de transports

Font: Comissionat de Transport i Mobilitat de la Unió Europea (2013)

Un dels aspectes més interessants d'aquests nou corredors, a part de què poden integrar més d'un mode de transport sense comptar la distribució de l'última milla i la d'alimentació a la terminal d'origen que s'acostuma a fer per carretera, és que estan interconnectats entre ells. A més a més, s'identifica clarament un tronc comú de llarga longitud i diverses branques que surten del citat tronc en les zones d'alimentació i distribució final de les mercaderies.

Un cop vistes les diferents infraestructures ferroviàries de les quals disposa Espanya i les que estan previstes de ser construïdes, es realitzarà el mateix exercici amb les infraestructures viàries. En un primer grup es distingeixen entre vies ràpides i carreteres nacionals. En un segon grup es situarien les carreteres comarcals i municipals. Aquestes últimes no absorbeixen la mateixa intensitat de trànsit de vehicles pesants com ho fan les vies del primer grup.

Les vies ràpides es caracteritzen principalment per disposar d'almenys dos carrils en cada sentit, i limitació d'accesos a les propietats contigües, així com disposar dels enllaços a diferent nivell. És en aquest tipus de vies també on apareixen dues modalitats d'ús: gratuïta o de pagament, en funció del nombre de trams recorreguts. Sense cap mena de dubte, el benefici propi pot portar a escollir l'opció de circular per una via lliure de pagament en cas de que l'usuari pugui triar entre itineraris amb peatge o sense, sempre i quan el nombre de quilòmetres a recórrer i el temps requerit no divergeixin molt. Per tant, una densitat alta de vies de pagament en una regió determinada pot provocar una saturació en vies menys acondicionades per a rebre fluxes de vehicles pesants que estan efectuant transport internacional.

En la Figura 8-3 poden visualitzar-se les principals vies ràpides i carreteres nacional d'Espanya i com continuen un cop atravessades la frontera amb França i Portugal.



Figura 8-3. Mapa amb les autopistes, autovies i carreteres nacionals d'Espanya i com es perllonguen aquestes a Portugal i França

Font: ViaMichelin (2017)

Tot seguit a la Taula 8-3 es mostra la repartició desigual de les vies de pagament entre les diferents comunitats autònomes d'Espanya. Aquesta situació no obstant pot patir canvis en un futur no molt llunyà, ja que l'any 2019 finalitza la concessió del tram de l'AP-7, també anomenada autopista del Mediterrani, entre l'Hospitalet de l'Infant i Alacant. A l'any 2021 succeirà el mateix pel tram que va des de Tarragona fins a la frontera amb França. Es dona el cas que dues de les comunitats autònomes que més trànsit per carretera registren, Catalunya i la Comunitat Valenciana, actualment l'única via que les connecta entre elles i amb la resta d'Europa, l'AP-7, és de pagament en la seva totalitat a excepció trams de pocs quilòmetres. Això trasllada a la carretera N-340, bona part dels vehicles pesants, amb tots els problemes que comporta tractant-se d'una via majoritàriament d'un carril per sentit.

Taula 8-3. Quilòmetres de vies de pagament a cada comunitat autònoma a l'any 2017

Comunitat autònoma	Quilòmetres amb vies de peatge
Catalunya	633
Comunitat Valenciana	367
Galícia	327
Castella i Lleó	277
País Basc	254
Andalusia	249
Castella la Mantxa	214
Comunitat de Madrid	161
Comunitat d'Aragó	157
Comunitat Foral de Navarra	144
La Rioja	119
Regió de Múrcia	114
Principat d'Astúries	22

Nota: Extremadura, Cantàbria, les Illes Balears i les Illes Canàries no posseeixen cap quilòmetre de vies de pagament.

Font: Enterat (2017)

Pel que fa a la resta de vies d'Espanya, mostren una estructura en bona mesura radial amb el centre a la capital del país. No obstant, per unir Madrid amb Barcelona totes les opcions disponibles s'allunyen en gran mesura del camí més curt en línia recta, al tenir que passar abans per Saragossa i Lleida, si s'escull l'itinerari compost per l'AP-2 i A-2, o bé per València si bona part del viatge es fa per l'AP-7.

L'AP-7 però, a diferència del corredor de ferrocarril que transcorre paral·lel al mar Mediterrani, sí que ho fa més enllà de València, fins passar l'estret de Gibraltar i arribar a Cadis. Aquesta notable diferència és la que fa d'aquesta via ràpida, un eix capaç de canalitzar un gran volum de trànsit rodat ja que recorre algunes de les principals províncies industrialitzades d'Espanya i els principals ports de càrrega del país.

Per tenir una idea del que suposa la realització generalitzada del transport de mercaderies entre Espanya i els països europeus per carretera, resulta rellevant conèixer el nombre total de passos fronterers existents, així com la intensitat mitjana diària en cada un d'ells. La informació s'ha completat amb informació relativa a la via, com ara la seva nomenclatura i el nombre de carrils de què disposa, així com també quin percentatge representen els vehicles pesants sobre el total de vehicles que creuen aquests passos i la IMD de vehicles que transporten matèries perilloses.

La repartició del volum de vehicles en cada un d'ells és desigual per diversos motius com són: la idoneïtat de l'ubicació del pas, és a dir, si ve de camí o no en la ruta, la gratuïtat d'aquest, o d'altres com la fluïdesa que sol oferir o la perillositat d'aquest. Tot seguit, els 24 passos transfronterers asfaltats dels que disposa Espanya amb França i Portugal són presentats en la següent taula.

Taula 8-4. Intensitat mitjana diària de vehicles pesants als passos transfronterers d'Espanya amb França i Andorra en els aforaments de trànsit més recents

Pas	Id.	Nº carrils	%VP (*)	IMDP	IMD MP	Any
Portbou-Cerbere	N-260	2	2	34	0	2015
La Jonquera-El Pertús	AP-7	4	33	10588	262	2015
La Jonquera-El Pertús	N-II	2	4	367	2	2015
Darnius-Costoja	GI-503	2	2	13	-	2012
Molló-Coll d'Ares	C-38	2	3	17	-	2012
Puigcerdà-Llívia	N-154	2	6	297	11	2015
Puigcerdà-Bourg Madame	N-152	2	1	103	2	2015
La Farga de Moles-Sant Julià de Lòria	N-145	2	4	574	29	2015
Les-Fos	N-230	2	10	372	66	2015
Bossost- Saint Mamet	N-141	2	2	9	0	2015
Parzan-Aragnouet	A-138	2	8	72	-	2015
Portalet d'Aneu-Arns	A-136	2	5	86	-	2015
Canfranc-Les Forges d'Abel	N-330a	2	10	23	0	2015
Túnel de Somport	N-330	2	34	362	31	2015
Isaba-La Pierre Saint Martin	NA-137	2	1	4	-	2015
Port de Larrau	NA-2011	2	6	13	-	2015
Valcarlos-Arnéguy	N-135	2	6	39	-	2015
Quinto Real-Esnazu	NA-138	2	6	11	-	2015
Erratzu-Saint Etienne de Baigorri	NA-2600	2	3	49	-	2015
Dantxarinea-Ainhoa	N-121-B	2	5	79	-	2015
Lakain Apezborro-Sare	NA-4400	2	2	27	-	2015
Bera (Aforament abans de separar-se en dos vies)	NA-4410; NA-1310	2	4	36	-	2016
Irún-Hendaya	N-121-A	2	24	2711	-	2015
Autopista del Cantàbric km 0. Pont de Biriadou	AP-8	6	40	9612	-	2015

Nota: (-) Dades no disponibles

(*) %VP: En el percentatge de vehicles pesants hi ha també inclosos els autocars que creuen la frontera

Font: Elaboració pròpia a partir de dades obtingudes del Mapa de Trànsit 2015 (Ministeri de Foment d'Espanya), i dels aforaments de les comunitats autònomes de Catalunya, Aragó, País Basc i la comunitat foral de Navarra (2017)

Les dades amb les quals s'ha confeccionat la taula són el més actualitzades possible per a cada un dels passos, predominant els facilitats pel Ministeri de Foment de l'any 2015, no obstant per a la realització de càlculs posteriors es pendran com si els valors puntuals dels anys 2012 i 2016 siguin del mateix any que els de la majoria de la sèrie. O dit d'una altra manera, al tractar-se de passos menys concorreguts, representen una part menys important i d'un any per l'altre es considera que no han patit grans oscil·lacions en l'afluència de vehicles pesants. Cal tenir present a més, que les dades que es publiquen sobre intensitats mitjanes diàries (IMD) fan referència al fluxe de vehicles en ambdós sentits.

De l'observació de la taula anterior, s'observa com hi ha 3 passos fronterers que van concentrar el 89,9% del trànsit de vehicles pesants entre Espanya i França. Aquests passos són el de La Jonquera a través de l'AP-7 (41,5%), seguit del Port de Biriadou a l'autopista del Cantàbric, que és l'altra via ràpida que connecta amb França, l'AP-8 (37,7%). Per últim, la carretera nacional N-121-A, amb un volum quatre cops inferiors als dos anteriors vistos, absorbia el 10,6% del trànsit de vehicles pesants. En el cas de la frontera amb Andorra, l'únic pas fronterer amb Espanya és el de La Farga de Moles, al qual s'hi accedeix per la N-145, i que significà un 2,3% del total de les intensitats mitjanes diàries que creuen qualsevol punt de la frontera que va des d'Hendaia al Cap de Creus. Bona part dels vehicles pesants que creuen aquesta frontera ho fan per a l'abastiment i consum dels habitants d'Andorra, amb la qual cosa no creuarien la següent frontera entre Andorra i França.

Tal i com s'ha vist, aquelles vies que disposen de més de d'un carril per sentit acaparen la major part del trànsit de vehicles pesants al nostre país. En els propers anys podria sorgir una nova via d'accés entre Espanya i França si finalment l'autovia A-14 es projecta per finalitzar bé a la població de Sopeira, o bé fins a Canejan, a la frontera amb França. Hi ha un gran debat entorn a aquesta qüestió sobretot pel que fa a aspectes d'impacte ambiental. El que és segur és que de perllongar-se fins a Andorra aquesta via, aconseguiria disminuir la mortalitat a la N-230, que amb una IMD de 332 vehicles pesants, és una xifra considerable en una carretera nacional.



Figura 8-4. Plataforma de l'autovia A-14 al seu pas per Alguaire asfaltada amb una capa de base. Al fons de la imatge, la Serra del Montsec

Font:Elaboració pròpia (2017)

Tot seguit es presenta la informació relativa a tots aquells passos asfaltats que s'utilitzen per creuar la frontera entre Espanya i Portugal, que són un total de 63. La geomorfologia d'aquesta àrea sumat a l'existència de petits nuclis poblacionals que cobreixen bona part del territori, han estat claus per a que a dia d'avui es disposi d'aquest elevat nombre de passos. Aquells més concorreguts són els que connecten amb vies ràpides i carreteres nacionals que provenen d'Espanya.

Aquest fet es pot veure reflectit en què sis d'aquestes vies ja concentren el 81% del trànsit de vehicles pesants entre ambdós països. Per ordre d'importància es troben la N-620 (24%), l'A-5 (21%), l'A-55 (19%), l'A-75 (7%), l'A-49 (6%) i la N-122 (5%).

Taula 8-5. Intensitat mitjana diària de vehicles pesants als passos transfronterers entre Espanya i Portugal l'any 2015

Pas	Id.	Nº carrils	%VP	IMDP	IMD MP	Any
Goián-Vilanova De Cerveira	PO-553	2	-	-	-	2015
Tuy (Puente Nuevo)-Valença Do Minho	A-55	4	12	1775	68	2015
Tuy (Puente Viejo)-Valença Do Minho	N-550	2	1	32	0	2015
Salvaterra Do Miño-Monçao	-	2	5	370	-	2015
Arbo-Melgaço	PO-405	2	-	-	-	2015
Ponte Barxas-San Gregório	OU-801	2	6	94	-	2015
Ponte Barxas - Azoreira-Castro Laboreiro	-	2	7	53	-	2015
Guxinde (Entrimo)-Castro Laboreiro	OU-1212	2	6	6	-	2015
Aceredo-Lindoso	OU-540	2	-	-	-	2015
Torneiro-Portela Do Homem	OU-312	2	-	-	-	-
Calvos De Randín-Tourem	OU-302		-	-	-	-
Requias (Muiños)-Tourem	-	2	5	2	-	2015
Baltar-Sendim (Montealegre)	OU-1109	2	7	44	-	2015
A Xironda (Cualedro)-Santo André (Montealegre)	OU-1020	2	17	8	-	2015
A Xironda (Cualedro)-Vilar De Perdices (Montealegre)	-	2	6	2	-	2015
Rabal (Oimbra)-Vilarelho Da Raia (Chaves)	-	1	5	4	-	2015
San Ciprian (Oimbra)-Vilarelho Da Raia (Chaves)	-	1	5	1	-	2015
Espiño (Oimbra)-Soutelinho Da Raia (Chaves)	-	2	6	4	-	2015
Verín (Tramo Nuevo)-Vila Verde Raia	A-75	4	22	683	12	2015
Verín-Vila Verde Raia	N-532	2	5	116	5	2015
Soutochao (Vilardevós)-Xixirei	-	2	7	3	-	2015
Terroso (Vilardevós)-San Vicente	-	2	6	2	-	2015
Vilarello Da Cota (Vilardevós)-Mairos	-	2	10	1	-	2015
Arzádegos (Vilardevós)-Trabancas	-	1	7	3	-	2015
Mesón De Erosa (A Gudiña)-Cisterna	-	2	6	5	-	2015
Esculqueira (A Mezquita)-O Pinheiro	-	2	4	1	-	2015

Pas	Id.	Nº carrils	%VP	IMDP	IMD MP	Any
Manzalvos (A Mezquita)-Moimenta	OU-311	2	-	-	-	-
Calabor-Portelo	ZA-925	2	10	27	-	2015
Rio Honor De Castilla-Rio De Onor	ZA-921	2	-	-	-	-
San Martín De Pedroso-Quitaniha	N-122	4	27	468	139	2015
San Martín De Pedroso-Quitaniha	N-122A	2	5	5	-	2015
Tres Marras (Alcañices)-S. Martinho De Angueira	ZA-L-2440	2	1	8	-	2015
Moveros (Ermita De La Luz)-Constantim	ZA-L-2435	2	1	4	-	2015
Moralina-Miranda Do Douro	ZA-324	2	5	27	-	2015
Fermoselle-Bemposta	CL-527	2	11	24	-	2015
Saucelle-Freixo De Espada Á Cinta	DSA-590	2	1	1	-	2015
La Fregeneda-Barca De Alva	CL-517	2	4	28	-	2015
La Bouza-Escarigo	DSA-473	2	2	1	-	2015
Aldea Del Obispo-Vale Da Mula	DSA-478	2	1	2	-	2015
Fuentes De Oñoro-Vilar Formoso	N-620	2	37	2250	83	2015
La Alamedilla-Batocas	CM-215	2	1	2	-	2015
La Albergueria De Argañan-Aldeia Da Ponte	SA-200	2	7	36	-	2015
Navasfrías-Lageosa	DSA-380	2	2	1	-	2015
Navasfrías-Aldeia Do Bispo	CV-148	2	1	1	-	2015
Navasfrías-Foios	-	2	33	1	-	2015
Valverde Del Fresno-Penamacor	EX-205	2	6	38	-	2015
Zarza La Mayor-Termas Monfortinho	EX-108	2	37	165	-	2015
Piedras Albas-Segura	EX-207	2	5	6	-	2015
Cedillo (Alcantára)-Montalvao	EX-374	2	2	5	-	2015
La Fontañera-La Fontañera	CC-98	1	2	1	-	2015
Valencia De Alcántara-Marvao	N-521	2	7	86	3	2015
La Codosera-Arronches	BA-052	2	1	5	-	2015
La Codosera-Rabaça	BA-053	2	1	1	-	2015
Badajoz-Campo Maior	BA-020	2	1	34	-	2015
Alburquerque-Campo Maior	BA-007	2	1	3	-	2015
Badajoz-Caia	A-5	4	22	1990	65	2015
Olivenza-Ajuda	EX-105	2	6	50	-	2015
Villanueva Del Fresno-Leonardo (Mourao)	EX-107	2	28	227	-	2015
Valencia Del Mombuey-Amareleja	BA-102	2	1	3	-	2015
Encinasola-Barrancos	HU-9101	2	2	6	-	2015
Rosal De La Frontera-Sobral De Aidiça	-	2	6	12	-	2015
Rosal De La Frontera-Vila V. Filcalho	N-433	2	17	209	2	2015
Ayamonte-Monte Francisco (V.R.S António)	A-49	4	6	569	36	2015

Notes: (-) Dades no disponibles

Font: Elaboració pròpia a partir del Mapa de Trànsit de l'any 2015 del Ministeri de Foment d'Espanya (2017)

La principal diferència entre l'intensitat mitjana diària de vehicles pesants en la frontera amb Portugal i el cas vist amb anterioritat està en el fet de què la carretera més emprada per al transport de mercaderies fou una de tipus nacional amb únicament un carril per sentit.

D'entre els passos fronteres dels quals es disposa informació relativa al pas de vehicles que transportaven mercaderies perilloses, els valors són inferiors als que es registraven als punts fronterers del nord d'Espanya. Es dona la situació que les vies més concorregudes per aquest tipus de transport són carreteres nacionals, amb el risc que això comporta.

Si s'observa el conjunt de vehicles que han creuat cadascuna de les fronteres analitzades en les casuístiques anteriors, en l'any d'estudi, un total de 25.498 vehicles creuaren diàriament de mitjana la frontera nord d'Espanya que hi ha amb Andorra i França. Pel que fa a la frontera que es dibuixa a l'oest d'Espanya amb Portugal, foren uns 9.505 vehicles pesants de mitjana els que creuaren.

En la següent figura es representa en un mapa l'ubicació d'aquells passos que suporten una IMD de vehicles pesants superior a 100 tant per la frontera del nord d'Espanya com la de l'oest d'aquesta.

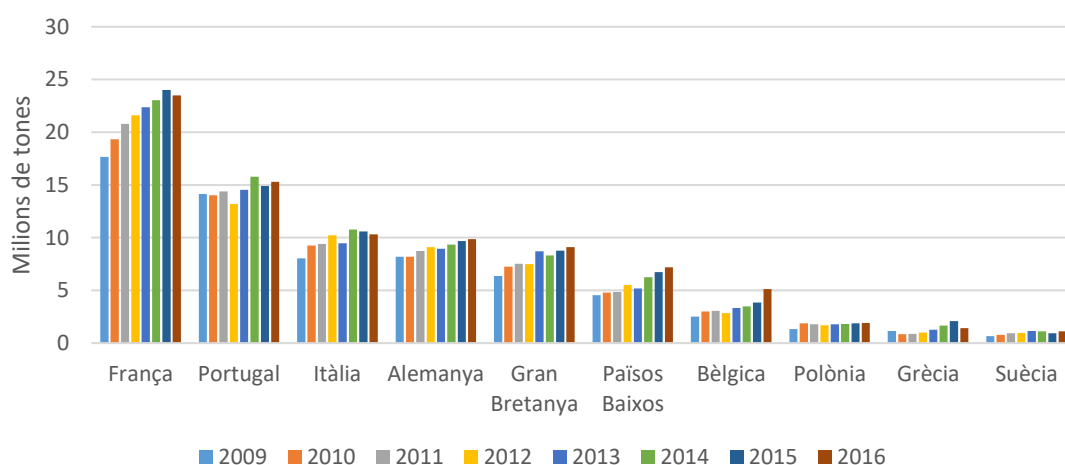


Figura 8-5. Intensitat mitjana dirària de vehicles pesants en els principals punts fronterers d'Espanya amb França, Andorra i Portugal.

Font : Elaboració pròpia a partir de dades obtingudes del Mapa de Trànsit 2015 (Ministeri de Foment d'Espanya), i dels aforaments de les comunitats autònomes de Catalunya, Aragó, País Basc i la comunitat foral de Navarra (2017)

8.2. Estudi del volum de mercaderies intercanviat a Espanya

Si hi ha algun corredor que pugui tenir prioritat per sobre d'un altre és quelcom que es fa palès tractant les dades de comerç exterior que de manera desagregada publica mensualment l'Agència Tributària. En la següent figura es presenten els principals països als quals s'ha exportat mercaderies entre els anys 2009 i 2016 d'entre la resta dels 27 països que conformen l'UE-28. En les dues següents gràfiques es recull el volum de mercaderies suma dels quatre principals modes de transport emprats a Espanya: carretera, marítim, ferrocarril i aeri.



Gràfica 8-1. Evolució del volum d'exportacions espanyoles amb els principals socis de l'UE-28

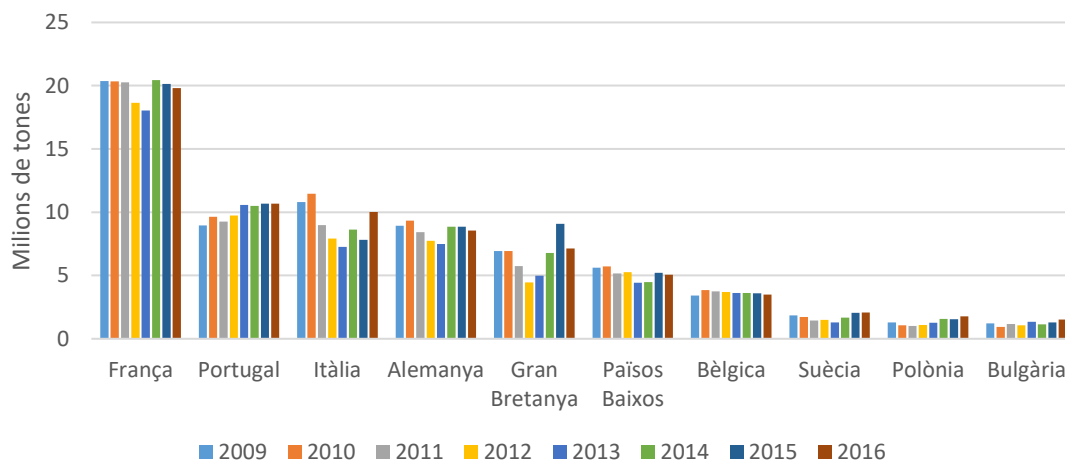
Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'AEAT (2017)

En aquesta classificació hi ha un innegable domini any rere any dels dos països contigus a Espanya com són França i Portugal. Si bé en termes absoluts és França el país al qual s'exporta més productes espanyols, amb un creixement positiu entre l'inici i el final de la sèrie del 33%, el que suposa passar dels 17,6 milions de tones l'any 2009 als 23,5 milions de tones registrades l'any 2016. En segon lloc trobem Portugal com a predominant en els intrrcanvis de mercaderies amb el territori espanyol. L'any 2016 es transportaren 15,3 milions de tones cap al citat país.

En un segon ordre de coses, trobem els països d'Itàlia, Alemanya i Gran Bretanya que es trobarien entorn dels 10 milions de tones exportades cap a cadascun d'ells. Li segueixen els Països Baixos i Bèlgica, essent aquest últim els país d'entre tots els mostrats on hi hagut un creixement relatiu més alt al llarg dels 8 anys representats (104%). Finalment a Polònia, Grècia i Suècia s'hi exporta a cada país volums entre un rang d'1 a 2 milions de tones.

En general es pot afirmar que en els vuit últims anys, les exportacions de productes espanyols no han parat de créixer, i que la magnitud del volum transportat guarda relació amb la llunyania dels països.

Pel que fa a les importacions dutes a terme a Espanya l'any 2016 mitjançant els diversos modes de transport, hi ha certa similitud en els països que lideren els intercanvis. Són per a cada un d'ells, inferiors en volum comparat amb les exportacions, patint fortes oscil·lacions d'un any per l'altre en els principals sis països de l'UE-28 per aquest sentit del flux.



Gràfica 8-2. Evolució del volum d'importacions espanyoles amb els principals socis de l'UE-28

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'AEAT (2017)

França és el país del qual s'importen més mercaderies, situant-se sempre al voltant dels 20 milions de tones. En els últims dos anys, no obstant, s'està patint una disminució paulatina que en l'any 2016, amb 19,8 milions de tones, acumulava una disminució de 0,6 milions de tones amb comparació l'any 2014, on es registrà el valor més alt, igual a 20,4 milions de tones.

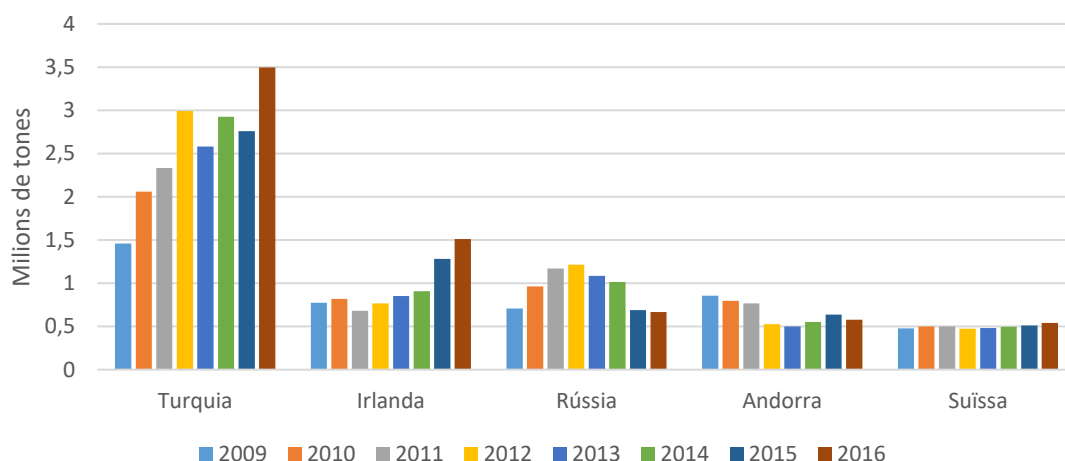
La diferència relativa al volum de mercaderies entre el primer i el segon país de la classificació és més acusada, sent aquest últim de l'ordre de la meitat que el primer. L'altre país que limita amb Espanya i pertanyent a la Península Ibèrica com és Portugal envià a Espanya un total de 10,7 milions de tones, essent aquests els millors registres de la sèrie. Al llarg del període mostrat en la figura, les importacions provinents de Portugal han crescut un 19%.

A continuació trobem les tres altres grans potències europees situades en el que podem anomenar una segona corona amb Espanya al centre. Tant Itàlia com Alemanya són països dels quals s'importen mercaderies per carretera amb registres típicament per sota dels 10 milions de tones, amb variacions negatives entre el període 2009-2016 del 7% i 4% respectivament.

La cinquena posició la té la Gran Bretanya, on després d'una forta caiguda en el volum de mercaderies importat l'any 2012, amb 4,4 milions de tones, ja hi ha hagut una progressiva recuperació fins a obtenir valors un 3% superiors l'any 2016 respecte als del 2009.

Els Països Baixos, amb 5 milions de tones i Bèlgica amb 3,5 milions de tones que s'importaren l'any 2016. Essent aquests dos últims els que experimenten els majors creixements relatius en el període 2009-2016, del 35% i 25% respectivament.

No es poden passar per alt els intercanvis comercials amb altres països o regions que no formen part de l'Unió Europea. S'ha analitzat les relacions comercials d'Espanya en els últims vuit anys amb Albània, Andorra, Bielorússia, Bòsnia i Hercegovina, Irlanda, Kosovo, Liechtenstein, Moldàvia, Montenegro, República de Macedònia, Rússia, Sèrbia, Suïssa, Turquia i Ucraïna. A continuació es presenten els cinc països on s'ha conseguit exportar major volum de mercaderies durant el període 2009-2016, tenint en compte els mateixos quatre modes principals de transport que abans.



Gràfica 8-3. Evolució del volum d'exportacions espanyoles a països no pertanyents a l'UE-28

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'AEAT (2017)

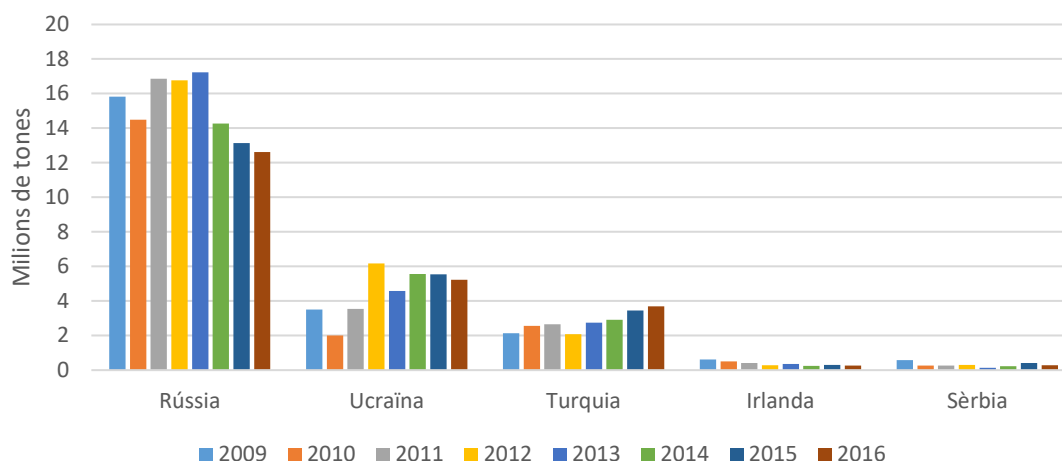
Destaca Turquia per sobre de tota la resta dels països no pertanyents a l'UE-28 degut a uns valors que han tingut una tendència positiva. Es pot afirmar que l'any 2016 fou un dels millors de cara a les exportacions espanyoles a aquest país que típicament s'ha postulat com a candidat a formar part de l'Unió Europea. No obstant, els recents fets succeïts en aquest país limiten aquesta possibilitat i caldrà seguir en el futur si finalment s'acaba produint l'adhesió. Els 3,5 milions de tones exportades l'any 2016 demostren que Espanya té bons socis comercials fora de l'entorn més immediat de l'Unió Europea.

Seguidament, trobem Irlanda amb uns valors de l'ordre d'entre dos i tres vegades inferiors als registrats amb Turquia. No obstant això, entre els anys 2011 i 2016 hi ha hagut un creixement sostingut en el volum d'exportacions, i es va concloure l'any 2016 amb 1,5 milions de tones. Tot i ésser territori insular, el mode carretera és una opció emprada per unir aquesta relació, ja que hi ha recursos suficients per seguir el viatge amb camió gràcies a les opcions d'intermodalitat presents en els dos punts on s'han de creuar aigües.

Rússia i Andorra són els següents països amb els que s'acumula un volum de mercaderies exportat considerable. No obstant, veiem com s'ha anat reduint la xifra amb el pas dels anys, situant-se en l'actualitat en l'entorn superior als 0,5 milions de tones per a cada país. La caiguda de les exportacions dirigides cap a Rússia rau en el veto imposat pel seu govern l'any 2014. Finalment Suïssa és l'últim dels cinc principals països i el que mostra més estabilitat durant el període en el volum exportat.

D'acord amb els valors de la sèrie mostrada, els majors creixements de les exportacions espanyoles cap a països no adherits a l'UE al llarg del període 2009-2016 han tingut lloc amb Turquia (139%) i Irlanda (33%). Per altra banda la major caiguda, durant el mateixos anys, s'ha registrat amb Andorra (33%).

És el torn ara de conèixer el volum d'importacions provinents de països que no formen part de l'UE però que es consideren pertanyents al continent europeu. Aquí la magnitud i l'ordre d'importància dels diferents països es veuen fortament alterats respecte al de les exportacions vistes recentment.



Gràfica 8-4. Evolució del volum d'importacions espanyoles de països no pertanyents a l'UE-28

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'AEAT (2017)

En primer lloc es troba Rússia, on any rere any va disminuint en volum d'importacions. L'any 2016 s'importà de Rússia un total de 12,6 milions de tones, el pitjor registre d'entre els vuit recollits per la gràfica, i que es pot resumir en un decreixement del 20% al llarg del període. Molt per enrere es troba Ucraïna, que superà els 5,2 milions de tones l'any 2016. En aquest cas els volums de mercaderies no oscil·len tant d'un exercici a l'altre i acumulen entre els anys 2009-2016 un creixement del 49%.

Espanya ha estat important de Turquia a un ritme creixent entre el citat període d'anys, fet que suposa una variació positiva del 73% entre l'últim i el primer any de la sèrie representada. L'any 2016 fou el que es registrà un major volum de mercaderies importades amb un total de 3,7 milions de tones.

Tanquen el grup dels països dels quals s'importa en major mesura Irlanda i Sèrbia. Aquests es situen en un nivell molt inferior als dels altres països ja comentats, sempre per sota dels 0,6 milions de tones al llarg del període analitzat. Les importacions d'ambdós països s'han anat veient reduïdes, i entre els anys 2009 i 2016 han caigut un 57% les d'origen irlandès, i un 50% les provinents de Sèrbia.

El desequilibri comercial amb els principals cinc països de fóra de l'UE-28 és més que evident després de veure les gràfiques d'importacions i exportacions, un fet més acusat que amb els principals deu països de l'UE-28 que realitzen intercanvis comercials amb Espanya.

8.3. Estudi a nivell provincial de les mercaderies intercanviades

En aquest punt es pretén conèixer amb més detall quines són les principals províncies d'Espanya que exporten i importen mercaderies per carretera amb la resta de països situats al continent europeu, ja pertanyin o no a l'Unió Europea. Òbviament en el primer cas el volum de tones intercanviades serà major per les facilitats que otorga el tractat de lliure comerç entre països que formen part de l'UE.

Les dades amb les quals s'il·lustra el contingut d'aquest capítol han estat obtingudes també de l'AEAT i gràcies a la seva màxima desagregació per províncies (únicament d'Espanya) es pot quantificar els principals focus d'intercanvi de mercaderies espanyols. En canvi pel que fa als orígens o destins del transport de mercaderies situats fora d'Espanya, no és possible saber en quina regió en particular té lloc. Pel cas que ens ocupa ja ens serà suficient atès que es vol acabar sabent quin volum de mercaderies creua les fronteres espanyoles amb França d'una banda, i amb Portugal de l'altra.

Degut al fet que les dades amb les quals s'ha treballat, no precisa aquells casos en els que hi pot haver hagut intermodalitat tot i constar com efectuada per carretera, s'ha decidit prescindir d'aquelles províncies espanyoles situades fora de la Península Ibèrica, com són les Illes Balears, les Illes Canàries, Ceuta i Melilla. En aquests territoris, gràcies als vaixells Ro-Ro, es carreguen i descarreguen semi-remolcs, que poden estar connectats via ports marítims amb altres ports europeus on s'ofereixi aquest servei d'intermodalitat per a càrrega rodada. Però pot succeir també per exemple, que un camió procedent del Regne Unit que tingui la destinació de descàrrega a les Illes Balears, després d'utilitzar el servei de l'Eurotúnel per creuar el Canal de la Mànega, arribi a la frontera entre França i Espanya tot creuant els Pirineus i condueixi fins al Port de Barcelona, on finalment s'embarcarà en un vaixell que el durà fins a les Illes. Al no poder discernir entre aquests dos casos, i tenint en compte que no són províncies rellevants pel que fa a nombre d'habitants i volum anual d'exportació de mercaderies, es decideix prescindir d'elles d'ara en endavant.



Figura 8-6. Càrrega de semiremolcs en un buc Ro-Ro al del Port de Barcelona

Font: Elaboració pròpia (2017)

Taula 8-6. Resum de les kilo tones mogudes l'any 2016 per carretera entre les províncies espanyoles situades en territori peninsular i els països de l'UE-28 (negre) i els que no en formen part (gris)

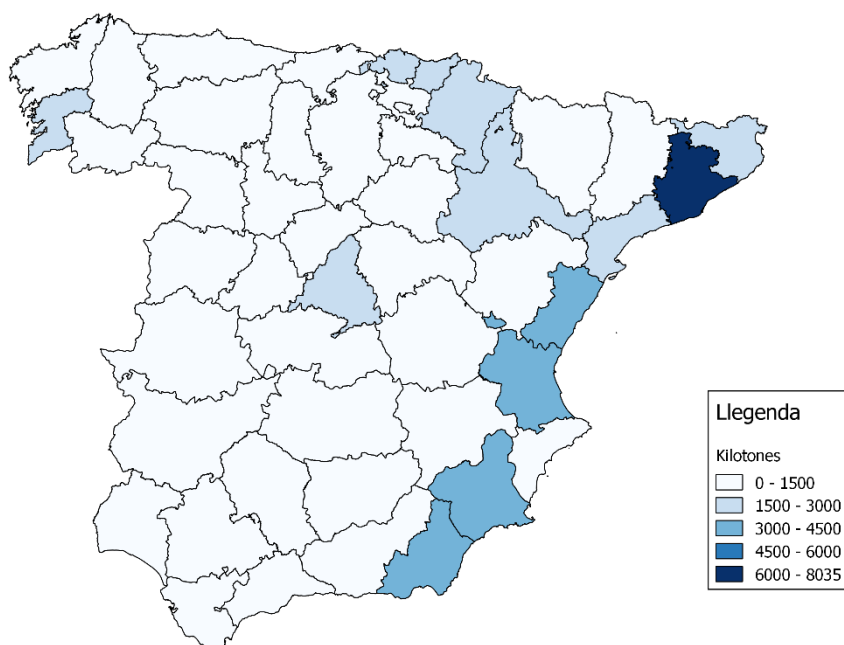
CODI PROV.	PROVÍNCIA	KT EXP.		KT IMP.		KT TOTALS MOGUDES
1	Àlaba	1341,4	38,6	990,8	16,8	2387,6
2	Albacete	387,6	5,8	181,0	11,7	586,1
3	Alacant	1461,3	60,1	800,9	7,0	2329,3
4	Almeria	3455,5	156,6	288,6	0,8	3901,5
5	Àvila	47,8	1,9	51,5	1,7	102,9
6	Badajoz	1330,1	9,6	1156,1	0,5	2496,3
8	Barcelona	8034,8	304,3	11865,6	126,7	20331,4
9	Burgos	1002,5	24,9	883,4	7,7	1918,5
10	Càceres	197,5	2,6	129,4	0,7	330,2
11	Cadis	798,5	15,0	269,1	0,5	1083,1
12	Castelló	3302,4	118,2	816,1	3,9	4240,6
13	Ciudad Real	1000,7	14,0	208,5	0,6	1223,8
14	Còrdova	747,0	3,7	213,5	1,1	965,3
15	La Corunya	1357,1	22,2	1177,5	25,4	2582,2
16	Conca	176,4	1,2	56,7	0,3	234,6
17	Girona	2050,7	70,8	1366,6	13,4	3501,5
18	Granada	378,4	6,6	238,2	1,7	624,9
19	Guadalajara	406,7	31,3	753,9	19,0	1210,9
20	Gipúscoa	2068,4	44,4	1824,7	28,7	3966,2
21	Huelva	1031,8	14,8	177,2	0,2	1224
22	Oscas	652,4	6,2	721,6	6,0	1386,2
23	Jaén	173,4	4,2	165,7	0,8	344,1
24	Lleó	784,4	7,7	234,7	0,7	1027,5
25	Lleida	1252,4	334,6	916,3	36,6	2539,9
26	La Rioja	474,1	13,4	415,2	3,4	906,1
27	Lugo	333,8	1,9	306,5	1,2	643,4
28	Madrid	2846,2	102,9	5195,8	63,6	8208,5
29	Màlaga	398,5	12,8	309,5	7,1	727,9
30	Múrcia	3940,1	83,7	1106,2	10,4	5140,4
31	Navarra	2457,2	72,8	1741,3	15,9	4287,2
32	Ourense	694,0	3,9	415,1	0,9	1113,9
33	Astúries	587,9	14,3	478,0	5,7	1085,9
34	Palència	212,4	2,3	201,2	0,9	416,8
36	Pontevedra	1701,7	19,9	1251,4	7,5	2980,5
37	Salamanca	253,6	1,1	230,5	0,1	485,3
39	Cantàbria	1366,3	33,4	1031,5	36,2	2467,4
40	Segòvia	186,0	1,8	103,2	1,0	292
41	Sevilla	1381,9	18,4	1190,6	5,9	2596,8
42	Sòria	146,5	1,4	111,8	4,2	263,9
43	Tarragona	2318,4	46,6	1936,7	14,1	4315,8
44	Terol	260,1	0,9	130,0	1,7	392,7
45	Toledo	622,0	7,8	480,4	9,7	1119,9
46	València	3870,6	151,6	2612,2	40,0	6674,4
47	Valladolid	711,9	34,5	1223,7	5,5	1975,6
48	Biscaia	2452,5	35,5	1360,9	22,7	3871,6
49	Zamora	253,8	0,8	68,4	0,0	323
50	Saragossa	1942,1	40,9	2322,2	63,3	4368,5

Font: Elaboració pròpia a partir de dades de l'AEAT (2017)

A la taula de la pàgina anterior s'han presentat les kilotones de mercaderies que han tingut origen o destinació cadascuna de les províncies peninsulars considerades l'any 2016, i que han estat mogudes en camió. Aquesta informació serà representada gràficament en els següents mapes il·lustratius.

En el primer d'ells es representen les exportacions que s'han realitzat des de les diferents províncies d'interès a països de l'UE-28. La província de Barcelona es troba al capdavant en volum de mercaderies exportades amb gairebé 8.035 kilotones exportades per carretera. En volums de mercaderies ja de la meitat que el recentment vist hi ha Múrcia, amb 3.940 kilotones i València amb 3.870 kilotones exportades. Les províncies d'Almeria i Castelló, varen exportar 3.455 kilotones i 3.302 kilotones respectivament. Entre les 3.000 i 1.500 kilotones es situen les següents províncies per ordre d'importància l'any d'estudi: Madrid, Navarra, Biscaia, Tarragona, Gipúscoa, Girona, Saragossa i Pontevedra.

De la Gràfica 8-5 se'n desprèn la preponderància de les províncies que limiten amb la mar Mediterrània situades a la part est d'Espanya. A excepció d'Alacant, que es troba propera a les 1.500 kilotones exportades, tota la resta forma un seguit de territoris connectats, amb la qual cosa ja apareix un primer indici de quin pot ser un corredor prioritari a l'hora de promoure un canvi modal en tot aquest important volum de mercaderies que a dia d'avui surt d'Espanya per carretera. Formen també un bloc que mereix especial atenció totes les províncies properes amb la frontera francesa i que no formen part de la comunitat autònoma de Catalunya, exceptuant la província d'Osca.



Gràfica 8-5. Volum de mercaderies exportat per les diferents províncies d'Espanya a països de l'UE-28 per carretera l'any 2016

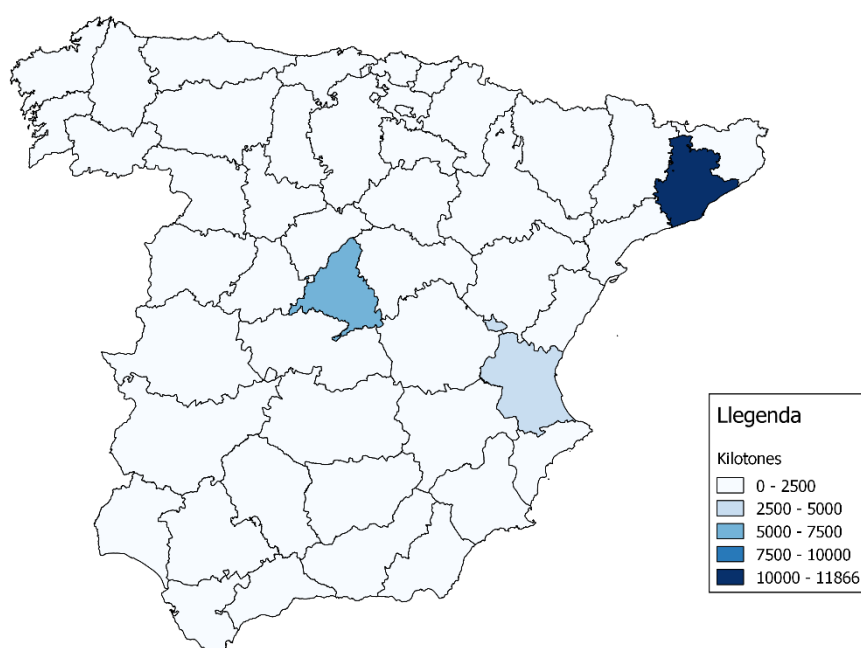
Font: Elaboració pròpia a partir de dades de l'AEAT (2017)

A continuació, a la Gràfica 8-6 es representa el volum de mercaderies importat per carretera l'any 2016 a les diferents províncies espanyoles peninsulars dels països de l'UE-28. Els valors màxims assolits per algunes províncies en aquest any d'estudi són superiors als ja vistos per a les exportacions.

Aquestes dades inclouran tant les mercaderies que seran destinades al consum dels habitants d'aquests territoris com també les possibles matèries primeres que alimentaran la indústria situada en les províncies.

Torna a ser Barcelona la província més rellevant pel que fa a volum de mercaderies importades des dels països de l'Unió Europea, amb un total de 11.865 kilotonnes l'any 2016. En segon lloc es situa Madrid on gairebé 5.200 kilotonnes foren importades en el mateix any. Tot seguit es troba València amb poc més de 2.610 kilotonnes importades, i Saragossa superant les 2.320 kilotonnes en el mateix flux d'intercanvi.

Aquestes quatre províncies tenen en comú el fet que la capital de cada una d'elles formen part de les capitals més poblades d'Espanya, però principalment el que pot ajudar a explicar el gran salt quantitatiu entre les kilotonnes importades per la província de Barcelona i València respecte la de Madrid i Saragossa és fonamentalment el pes industrial que aquestes tenen en el conjunt d'Espanya, d'acord amb els informes que publica periòdicament l'Institut Nacional d'Estadística (INE).

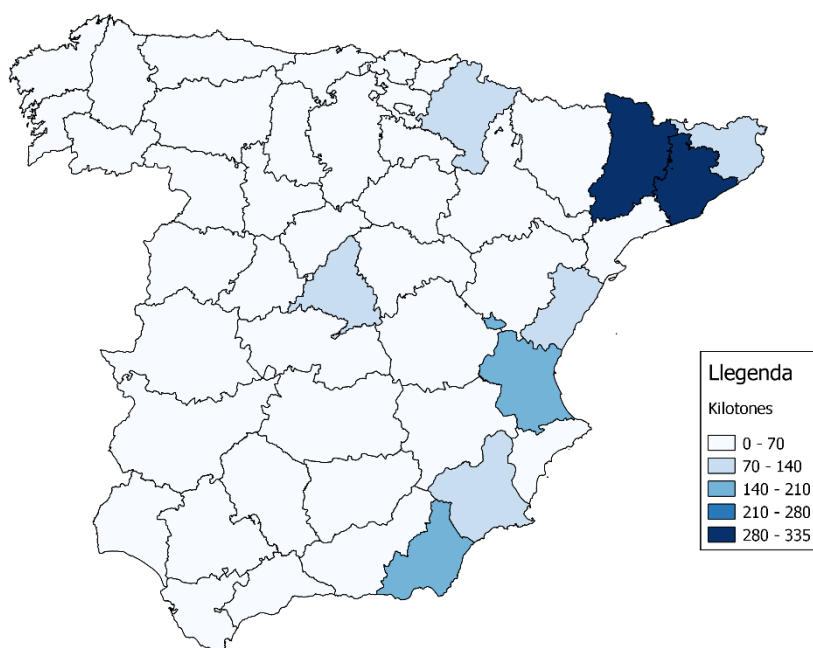


Gràfica 8-6. Volum de mercaderies importat a les diferents províncies d'Espanya de països de l'UE-28 per carretera l'any 2016

Font: Elaboració pròpia a partir de dades de l'AEAT (2017)

A continuació es reproduiran les dues anteriors gràfiques tenint en compte ara les relacions amb els països que no pertanyen a la Unió Europea dels 28. Novament, s'ha analitzat el fluxe per carretera de mercaderies amb els següents països i territoris: Albània, Andorra, Bielorrússia, Bòsnia i Hercegovina, Irlanda, Kosovo, Liechtenstein, Moldàvia, Montenegro, República de Macedònia, Rússia, Sèrbia, Suïssa, Turquia i Ucraïna.

En primer lloc es constaten com les exportacions es situen a un nivell molt inferior al que es mantenia amb els països integrants de la Unió.



Gràfica 8-7. Volum de mercaderies exportat per les diferents províncies d'Espanya a països del continent europeu no adherit a l'UE-28

Font: Elaboració pròpia a partir de dades de l'AEAT (2017)

D'entre totes les províncies espanyoles analitzades, la de Lleida és la que encapçala les exportacions per carretera amb el citat grup de països i territoris, amb prop de 335 kilotones. A continuació es troba la província de Barcelona amb poc més de 304 kilotones. Seguidament els volums de mercaderies ja cauen fins a la meitat dels que tot just s'acaben de presentar. Tal és així que Almeria i València són les següents províncies en ordre d'importància d'exportacions, amb 156 kilotones i 151 kilotones respectivament. La següent categoria de províncies que mereix ser esmentada és la que exportà l'any 2016 entre 70 i 140 kilotones. En aquesta s'hi troben la província de Castelló (118 kt), la de Madrid (103 kt), la de Múrcia (83 kt), la de Navarra (73 kt) i finalment la de Girona (71 kt).

En aquest cas les províncies principalment exportadores a aquests territoris es tornen a situar majoritàriament a l'est de la Península Ibèrica, en detriment de les províncies més interiors i fins i tot de les que es troben al nord d'Espanya, no pertanyents a Catalunya.

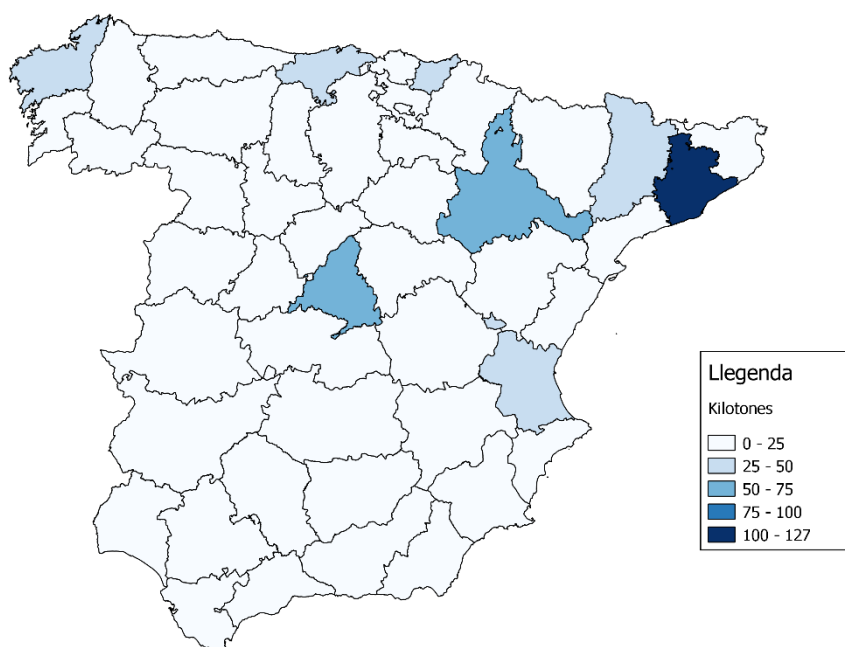
Pel que fa a les importacions realitzades per les diferents províncies espanyoles dels països europeus no pertanyents a la Unió Europea, es repeteix la prevalència de la província de Barcelona com aquella que rep un volum més elevat de mercaderies també en aquest cas.

De la mateixa manera que en el cas de les exportacions cap a aquest grup de països, el nombre de kilotones importades per la província que registra els volums més alts, és del doble que les immediatament següents. Així doncs, a la província de Barcelona s'importaren l'any 2016 més de 126 kilotones, en front de les poc més de 63 kilotones importades a les províncies de Madrid i Saragossa.

En una magnitud de l'ordre de tres cops inferior respecte a la província principal receptora de mercaderies, trobem la província de València amb 40 kilotones. A continuació apareix també com a província destacada en el capítol d'importacions la de Lleida amb 36 kilotones. Xifra gairebé idèntica a la que es registrà a la província de Cantàbria en el mateix any.

Finalment, dos altres províncies que també varen acumular volums de mercaderies importats entre les 25 i 50 kilotones són la de Gipúscoa (28 kilotones) i La Coruya (25 kilotones).

D'igual forma que als altres tres casos vistos fins ara, en aquest que ens ocupa, es denota el pes que tenen les províncies de Barcelona i València. No obstant, a part d'aquestes províncies contigües a la Mar Mediterrània, també en són rellevants fins a tres de les situades al nord d'Espanya limitant amb l'Oceà Atlàntic. Pel que respecta a les dues províncies interiors (Saragossa i Madrid) no resulta pas estrany que sigui la carretera el mode més emprat.



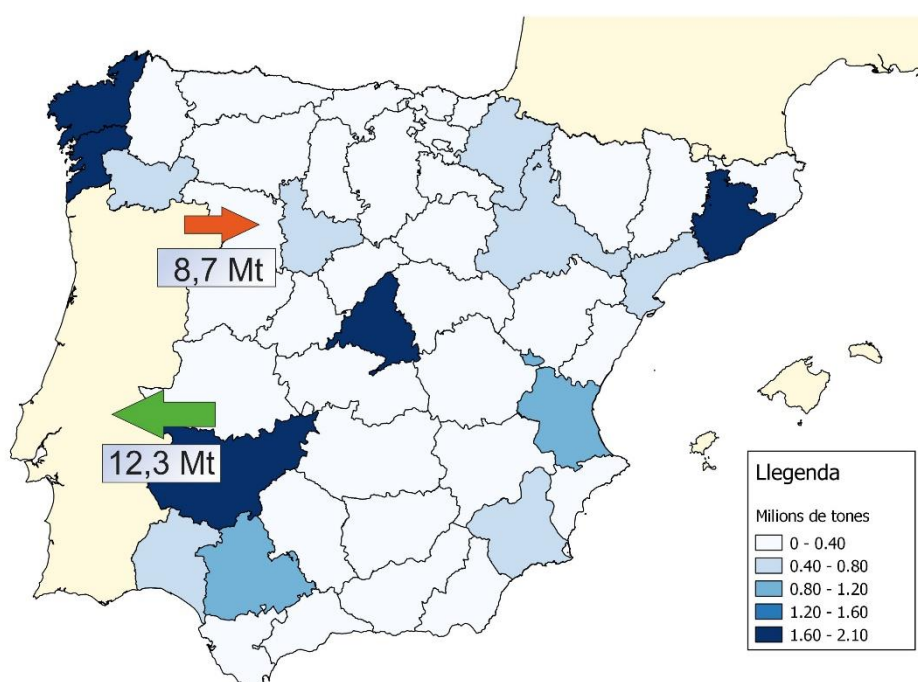
Gràfica 8-8. Volum de mercaderies importat a les diferents províncies d'Espanya a països del continent europeu no adherits a l'UE-28

Font: Elaboració pròpia a partir de dades de l'AEAT (2017)

8.4. Volum de mercaderies passant per les fronteres espanyoles

Resulta interessant agrupar tots aquells volums de mercaderies ja siguin d'importació o d'exportació que han creuat cadascuna de les dues fronteres principals d'Espanya, la que es forma amb Portugal per una banda, i la que s'origina amb França.

Primer de tot es veurà el fluxe de mercaderies que creuà els diversos punts fronterers entre Espanya i Portugal l'any 2016 per carretera. En la Gràfica 8-9 s'hi pot veure agrupada per a cada província el volum de mercaderies en milions de tones tant deguda a importacions com exportacions amb Portugal. Solament s'han tingut en compte les províncies situades en territori peninsular.



Gràfica 8-9. Volum de mercaderies mogut provinent d'importacions i exportacions amb Portugal per carretera l'any 2016

Font: Elaboració pròpia a partir de dades de l'AEAT (2017)

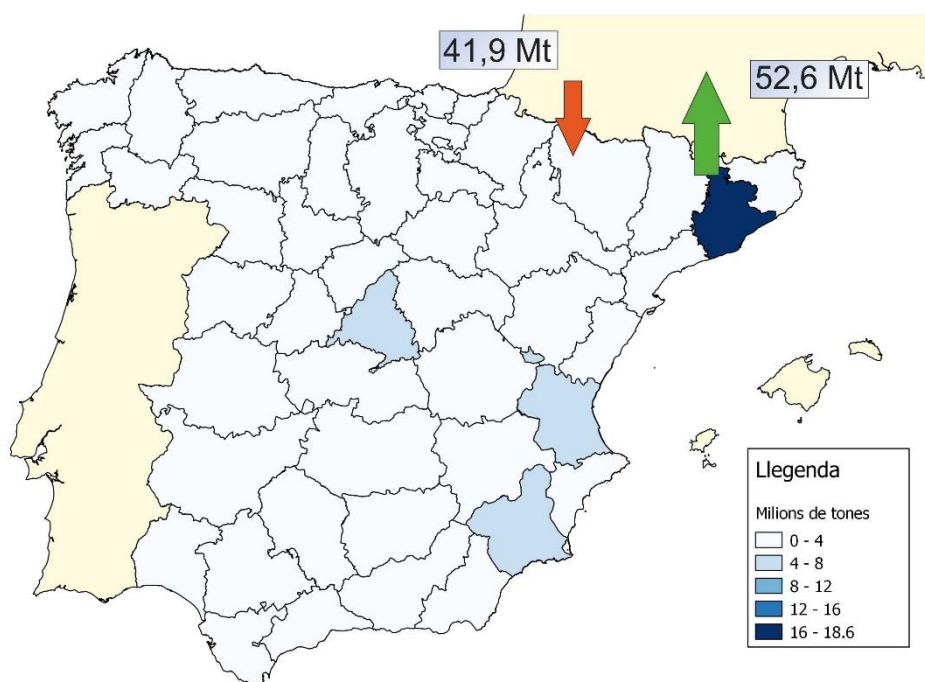
Es pot apreciar primer de tot un desequilibri comercial almenys en aquest mode de transport entre Espanya i Portugal, concretament de 3,5 milions de tones. Hi ha un cert domini de les exportacions espanyoles dirigides cap a Portugal, essent aquest el seu segon millor soci comercial tal i com s'ha vist abans.

La majoria de les províncies situades al sud-oest i nord-oest d'Espanya que tenen frontera amb Portugal, són de les que varen registrar un major intercanvi de mercaderies amb Portugal per carretera en ambdós sentits. Així doncs, províncies com la de Pontevedra, la de Badajoz i la de La Corunya registren valors d'entre 1,75 i 2 milions de tones intercanviades. Hi va haver un

trasllat de mercaderies per carretera de proporcions significants també amb la província de Madrid (1,73 milions de tones) i amb la de Barcelona (1,66 milions de tones), que juntament amb la província de València (0,83 milions de tones) mostren com hi ha també un important flux de mercaderies amb aquelles províncies més allunyades de Portugal. No cal oblidar que es on es troben les regions més industrialitzades d'Espanya i que bona part de la producció està destinada a l'exportació.

En segon lloc, es quantifica el volum de mercaderies que creuà la frontera espanyola amb França, a través dels seus múltiples passos transfronterers. De la mateixa manera que abans es representa de manera agregada tant importacions com exportacions que han tingut lloc entre les diferents províncies espanyoles situades a la Península Ibèrica i tota la resta de països europeus excepte Portugal que ja ha estat analitzat. S'han tingut en compte, a part dels països de l'UE-28, tots aquells altres amb els que s'ha anat treballant al llarg del present treball situats també al continent europeu.

La balança comercial és positiva a Espanya amb un saldo positiu de 10,7 milions de tones considerant exclusivament el mode carretera, amb la qual cosa s'intueix que bona part dels viatges que fan els camions són anant buits o amb poca càrrega dins del territori espanyol. Hi ha quatre províncies que juguen un paper cabdal en la recepció i l'enviament de mercaderies al continent europeu, es tracta de la de Barcelona (18,7 milions de tones), la de Madrid (6,5 milions de tones), la de València (5,9 milions de tones) i la de Múrcia (4,7 milions de tones).



Gràfica 8-10. Volum de mercaderies mogut provinent d'importacions i exportacions amb països europeus per carretera l'any 2016

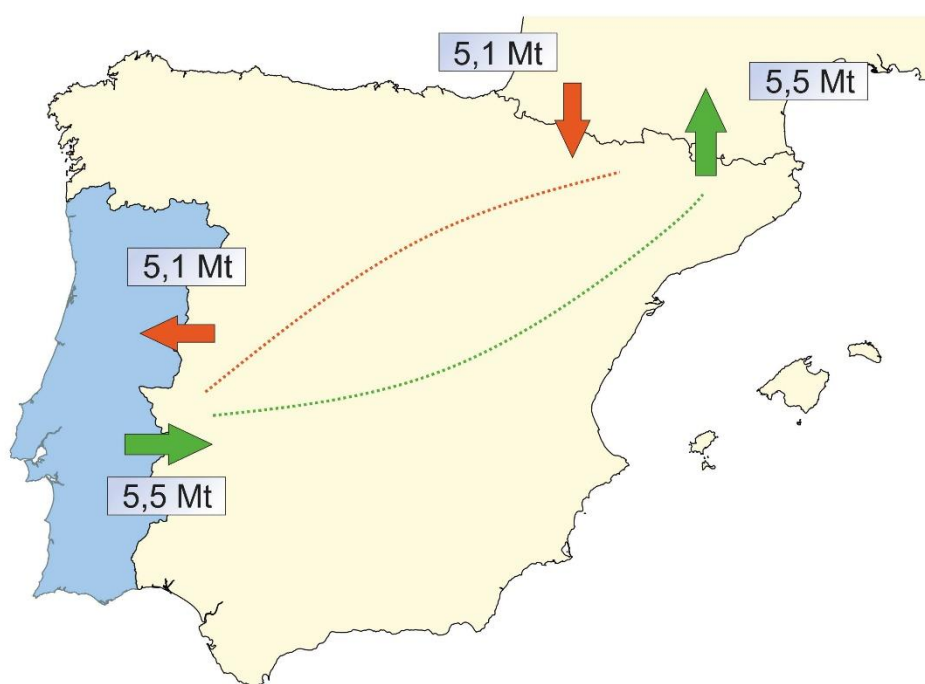
Font: Elaboració pròpia a partir de dades de l'AEAT (2017)

D'acord amb la gràfica de la pàgina anterior es pot entreveure com hi ha una mena de banda de províncies que formen de nord a sud, sense incloure aquí la província de Madrid, un espai d'elevat intercanvi de mercaderies amb els diferents països situats a Europa. Es pot confirmar d'aquesta manera la necessitat de realitzar un inversió connectant per ferrocarril tots aquests punts, per tal de permetre un trànsit fluïd de mercaderies el qual no hagi de patir retards a la frontera amb França degut a l'ample.

Això que s'acaba d'enunciar és el que recull el projecte del Corredor Mediterrani tant reivindicat des de fa anys pels empresaris, el qual ha de garantir l'ample de via europeu per a les línies de mercaderies. La construcció d'aquest ja s'ha iniciat, però tal i com es comenta en un altre punt d'aquest treball, la solució adoptada d'entrada no és la més apropiada.

Tornant al tema que s'estava tractant en aquest apartat, també és important tenir present el volum de mercaderies mogudes per carretera entre Portugal i tota la resta de països de l'UE-28 i fora d'ella però situats al continent. És evident tal i com s'ha volgut representar de manera simplificada en la següent gràfica, que Espanya es converteix en un país de pas. Per a la realització d'aquesta, no s'ha tingut en compte el volum d'importacions i exportacions amb Espanya, ja que malgrat creuar la frontera amb Portugal, ja s'ha detallat abans.

Se'n deriven uns importants costos externs en forma de congestió, contaminació, deteriorament avançat dels ferms i fins i tot increment de l'accidentabilitat, que no sempre són pal·liats amb la recaptació de taxes, ja que existeixen rutes lliures de peatge en tota la geografia espanyola.



Gràfica 8-11. Volum de mercaderies amb origen o destí el país de Portugal i que creua Espanya i les fronteres d'aquesta per carretera.

Nota: No s'ha pogut obtenir de manera desagregada els volums de mercaderies en tones per a cadascuna de les divisions territorials portugueses com s'ha fet en el cas d'Espanya.

Font: Elaboració pròpia a partir de dades de l'Institut Nacional de Estatística de Portugal (2017)

8.5. Comerç interior realitzat per carretera

En el moment en què es pensa en la creació d'un corredor per tal de moure les mercaderies de manera més sostenible entre Espanya i la resta d'Europa gràcies al ferrocarril, no es pot negligir el transport de mercaderies que té lloc internament a Espanya. En primer lloc serà presentada la gràfica que mostra el fluxe per carretera de mercaderies entre les diverses comunitats autònomes peninsulars. En la següent gràfica es podrà visualitzar el volum de mercaderies que té l'origen i el destí en una mateixa comunitat autònoma. Les dues representacions gràfiques han estat elaborades a partir de les dades de l'Enquesta permanent de transport de mercaderies per carretera de l'any 2016 que publica el Ministeri de Foment.



Gràfica 8-12. Comerç interior més destacat entre les comunitats autònomes pensinsulars per carretera l'any 2016

Font: Elaboració pròpia a partir de l'Enquesta permanent de transport de mercaderies per carretera. Ministeri de Foment (2017)

S'han considerat tot aquells volums de mercaderies transportats que tenen com a origen comunitat autònoma determinada i com a destí una altra qualsevol situada a la Península Ibèrica sempre i quan siguin superiors als 2.5 milions de tones.

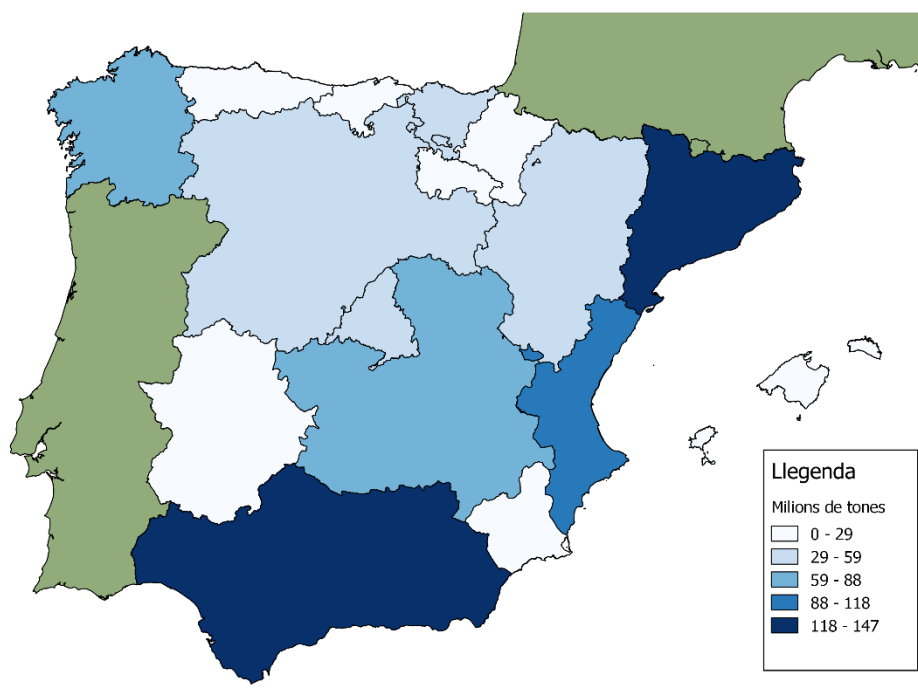
Com es pot apreciar, els majors fluxos de mercaderies, fàcilment identificables amb les fletxes de color taronja en primera instància, i amb les de color groc en segon lloc, es duen a terme entre

comunitats autònomes que estan una al costat de l'altra. Per tant, fins i tot dins d'Espanya hi juga un paper important el factor proximitat en els intercanvis comercials.

Destaca la Comunitat Valenciana amb els seus múltiples vincles comercials, essent els més importants aquells que té amb les comunitats autònomes contigües com són la Regió de Múrcia, Castella la Manxa i Catalunya.

La Figura que segueix, no es presenta pas com un objectiu últim de cercar una relació d'autopista ferroviària amb origen i destí a la mateixa comunitat autònoma. Per al que sí que pot ésser d'utilitat és per a conèixer aquelles comunitats que poden estar més congestionades pel que fa al transport de mercaderies per carretera. Aquest tipus de transport necessàriament seguirà existint similarmet a com ho fa ara, amb el nombre elevat de tones que el caracteritza i realitzat per mode carretera atès que permet la distribució fins al destí final de les mercaderies.

On sí que pot aportar quelcom és en el moment de plantejar relacions d'autopista ferroviària a Espanya tot tractant de què els vehicles pesants que realitzen transport internacional i hagin de creuar aquestes comunitats autònomes, ho puguin fer sobre una autopista ferroviària. D'aquesta manera es reduïrien els costos externs generats en aquelles regions amb un elevat trànsit de pas a través de les seves infraestructures viàries.



Gràfica 8-13. Volum de mercaderies transportat dins d'una mateixa comunitat autònoma peninsular per carretera l'any 2016

Font: Elaboració pròpia a partir de l'Enquesta permanent de transport de mercaderies per carretera. Ministeri de

Foment (2017)

8.6. Costos d'exploració del transport per carretera

En aquest apartat es donarà una aproximació del cost que té per quilòmetre recorregut el transport de mercaderies amb vehicle pesant dins del territori nacional. S'ha considerat els valor promig per a cada un dels següents conceptes. La unitat tractora i el semiremoltc es consideren ja amortitzats i per això no apareixen a la Taula 8-7. Amb tot, el cost promig per a una empresa de transport per carretera gira entorn dels 0,80 € / km.

Les principals variacions del cost per quilòmetre respecte la que es presenta aquí poden venir donades per la motorització que tenen les unitats tractores, fet que pot significar una reducció en els costos en aquest concepte del 20% si es treballa amb motoritzacions actuals. També en funció de la naturalesa de la càrrega que es transporti, s'usarà un o altre tipus de semiremoltc, i també és possible que calgui assegurar-la en front de danys o robatoris.

El cost dedicat als peatges oscil·larà a l'alça o a la baixa en funció de la zona entre la que s'efectuïn els transports, però com que la taula ha estat elaborada a partir de les dades d'una empresa de transport que opera dins de Catalunya, aquesta és una despesa a incloure.

Taula 8-7. Costos d'exploració empresa transport per carretera nacional

Període d'estudi		1 any	
Km recorreguts		115.000	
Concepte		Cost total anual (€)	cost (€)/km
Salari		19600,0	0,170
Combustible		53066,6	0,461
Peatges		6552,0	0,057
Multes		500,0	0,004
Assegurances	Mercaderies	730,0	0,006
	Semiremoltc	721,6	0,006
	Tractora obligatori	623,8	0,005
	Assegurança tot-risc	1334,7	0,012
	Assegurança Grues	637,0	0,006
Manteniment tractora	unitat Pneumàtics tractora	2065,0	0,018
	Canvi d'oli i filtres	861,5	0,007
	Frens	217,8	0,002
	Altres	2498,0	0,022
Manteniment semiremoltc	Reparacions vàries	1421,0	0,012
	Pneumàtics semiremoltc	1352,6	0,012
Cost promig per km			0,802

Font: Elaboració pròpia a partir de diverses fonts (2017)

9. Propostes d'autopista ferroviària a Espanya

La tecnologia que s'escau més idònia per a aquest propòsit de creació de corredors d'autopista ferroviària a Espanya resulta ser la dels vagons Modalohr. La maduresa d'aquest producte en el mercat, així com també la seva versatilitat fan d'ella la millor opció. A més a més, a França que és un dels països on més importància hi té el transport combinat carretera – ferrocarril, actualment totes les terminals excepte la d'Eurotunnel a Calais són per a aquest tipus de sistema. Això permetria aprofitar la infraestructura existent tot establint noves connexions internacionals de les citades terminals franceses amb altres ubicacions espanyoles o fins i tot portugueses. A la pàgina següent s'hi troba una anàlisi de debilitats, amenaces, fortaleces i oportunitats (DAFO) amb respecte a l'arribada d'aquesta tecnologia a la xarxa ferroviària espanyola per al transport de mercaderies.

A més a més, d'acord amb el que s'ha vist en l'apartat 6.2 on es tractava la tarificació dels serveis existents a Europa d'autopista ferroviària, aquelles línies operades sota la tecnologia Modalohr, ofereixen un preu per quilòmetre menor.

La proposta de construcció de terminals intermodals i creació de relacions d'autopista ferroviària que possibilitin la creació d'autopistes a Espanya s'ha articulat amb els següents criteris ordenats per importància:

- L'ubicació de la terminal sigui un pol tant d'importacions com d'exportacions de mercaderies per carretera. En aquest sentit, resulta molt rellevant la informació mostrada en la Gràfica 8-9.
- El traçat ferroviari que ha d'unir qualsevol d'aquestes terminals intermodals espanyoles amb d'altres europees ha d'estar construït majoritàriament en doble via per tal de què el servei pugui créixer i no es vegi limitat pel màxim de circulacions que permet un traçat en via única.
- L'ample de via en aquestes relacions ha de ser preferiblement l'europeu, ja que podria encarir molt el preu del material rodant si se'ls ha de dotar d'eixos que puguin canviar la separació de les rodes.
- Es buscarà crear relacions on les terminals situades fora d'Espanya estiguin en països on actualment el volum de mercaderies exportat i importat amb aquests sigui destacat. A més a més, dins d'aquests països es prioritzaran aquelles regions més industrialitzades o bé que es troben a prop de la frontera amb altres països. Dins de les distàncies òptimes d'alimentació i distribució de les terminals d'autopista ferroviària, es podria abarcar la demanda de més d'un país.
- Almenys una de les terminals ferroviàries hauria d'estar situada prop d'un port de mercaderies de gran rellevància en el conjunt de la Península Ibèrica. D'aquesta manera s'obre la porta a la realització de cadenes de transport multimodals.

FORTALESES	<ul style="list-style-type: none"> • Càrrega en paral·lel • Càrrega horitzontal i amb la nova versió del vagó, també en vertical • Permet tant la càrrega de semiremolcs com d'unitats tractores, sempre desacobrades • Càrrega i descàrrega dels semiremolcs ho poden realitzar tractores de l'empresa que opera la terminal • Vagó apte per a velocitats de circulació d'entre 120 i 140 km/h • Diàmetre de les rodes normal, menys calentament i desgast • Una unitat tractora o semiremolc danyat que no pugui moure's, no condiciona la càrrega o descàrrega de la resta d'unitats 	<ul style="list-style-type: none"> • S'ha de realitzar obra civil a la terminal si es vol una perfecta integració. Alta inversió inicial • Cost i pes mort dels vagons Modalohr • Operari requerit en cada càrrega/descàrrega de semiremolc per accionar botons físics • Capacitat màxima anual acotada superiorment, amb una lenta consolidació del nombre d'usuaris 	DEBILITATS
OPORTUNITATS	<ul style="list-style-type: none"> • Alleugerar al màxim el pes mort dels vagons • Realitzar el procés d'obertura i tancament del vagó amb control remot, permetent inspeccionar més ràpid tota la composició • Composicions que dupliquin la longitud de les actuals, analitzant el dimensionament òptim de les terminals • Sistema amb més de 10 anys en funcionament a França, interconnectivitat de les actuals terminals Modalohr amb les futures que es poguessin construir a Espanya • Línies convencionals de ferrocarril cada cop menys utilitzades pels trens de viatgers, creació de relacions d'autopista ferroviària que aprofitin els traçats existents 	<ul style="list-style-type: none"> • La demanda del servei d'autopista ferroviària pot anar força lligada a l'evolució del preu dels combustibles (dièsel) fent més econòmic el mode carretera a priori si es troba a preu baix => Menor taxa d'ocupació • El sistema RoLa pot fer decantar la balança si es prima l'aspecte econòmic • Algun dels prototips o idees de sistemes per a vagons d'autopista ferroviària que minimitzin el cost d'adquisició dels vagons, el seu manteniment i que l'inversió en construir les terminals sigui baixa 	AMENACES

Figura 9-1. Anàlisi DAFO sobre la tria del sistema Modalohr per a les futures autopistes ferroviàries a Espanya

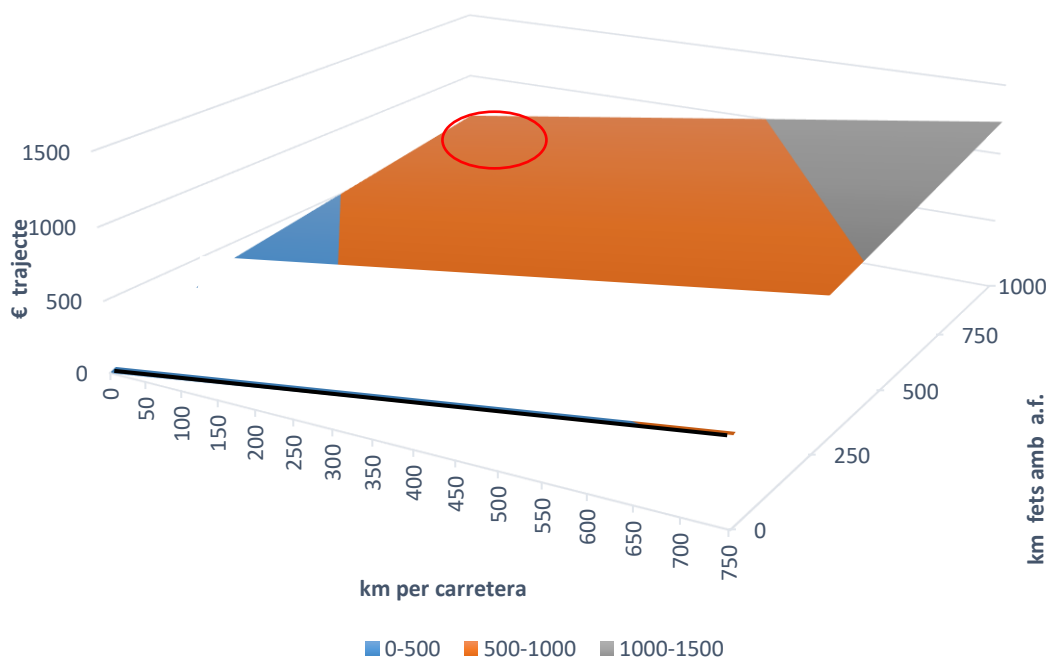
Font: Elaboració pròpia (2017)

9.1. Participació de cada mode de cara al preu òptim

En la gràfica de superfície següent es representen els costos associats a dues situacions, per una banda i la més rellevant d'elles, és el cas en què es combina ferrocarril i carretera per a realitzar un transport de mercaderies (situació 1), i per l'altra, dibuixat en forma de línia quan s'usa exclusivament vehicles pesants (situació 2).

Cal dir que s'ha realitzat sota la hipòtesi de què es fa amb un transport acompanyat sota els preus en què s'operen els serveis Modalohr a la resta d'Europa. Per tant, les branques inicials i finals del transport, les realitzaria la mateixa unitat tractora i conductor que també aniran en el mateix tren. Per al càlcul del cost de la part de trajecte realitzada en camió, s'han utilitzat els preus de l'apartat 8.6. S'han considerat els mateixos costos de manteniment i explotació (combustible) associats al quilometratge per ambdues situacions (cas 1 i 2). On sí que s'ha pogut aplicar una reducció dels costos per km associats a peatges i multes, ja que la major part del trajecte internacional es faria a bord del tren. El cost anual de les assegurances s'ha considerat idèntic en els dos escenaris, però cal pensar en què a la llarga podrien baixar de preu atès que la part més llarga del recorregut es faci en tren on es redueix dràsticament el risc d'accident.

S'han negligit en la representació els trajectes de ferrocarril inferiors a 250 km, on d'aquesta manera es pot observar més còmodament la línia presentada en primer pla, que té un major pendent si es compara amb el que presenta un increment en la distància recorreguda amb ferrocarril fixada la longitud del transport per carretera.



Gràfica 9-1. Cost total en euros d'un trajecte d'anada segons la participació del mode carretera i el ferrocarril

Font: Elaboració pròpia (2017)

Hi ha una regió de la superfície representada, encerclada en color vermell, on els costos de combinar els modes de transport ferrocarril i carretera comença a ser una opció més atractiva en termes de costos que no pas fer-ho de la manera que impera actualment que és exclusivament per carretera. En aquesta regió assenyalada s'hi troben trajectes de més de 750 km realitzats sobre l'autopista ferroviària i que inclouen la branca inicial i final de la cadena de transport per carretera, amb unes distàncies totals en aquest mode de fins a 200 km

9.2. Rampes característiques de les línies ferroviàries actuals

El medi ambient també ha de tenir-se en compte quan es dissenyin relacions que permetin el transport de mercaderies per ferrocarril Així doncs, no solament s'optarà per triar el camí més curt possible, sinó aquella línia que tingui una rampa característica baixa. Així doncs, menys energia serà malgastada per part de les locomotores si hi pot haver un traçat ja construït que pugui reunir en la mesura del possible aquestes dues característiques desitjades. Tot seguit a la Figura 9-2 es poden apreciar les rampes característiques de les línies ferroviàries existents inicis de l'any 2010. No hi apareix per exemple el perllongament del corredor Mediterrani fins a Almeria, tot i que gràcies al seguit de ponts i túnels que hi ha previstos, la rampa característica romandrà amb valors similars als que té per a la resta del recorregut.

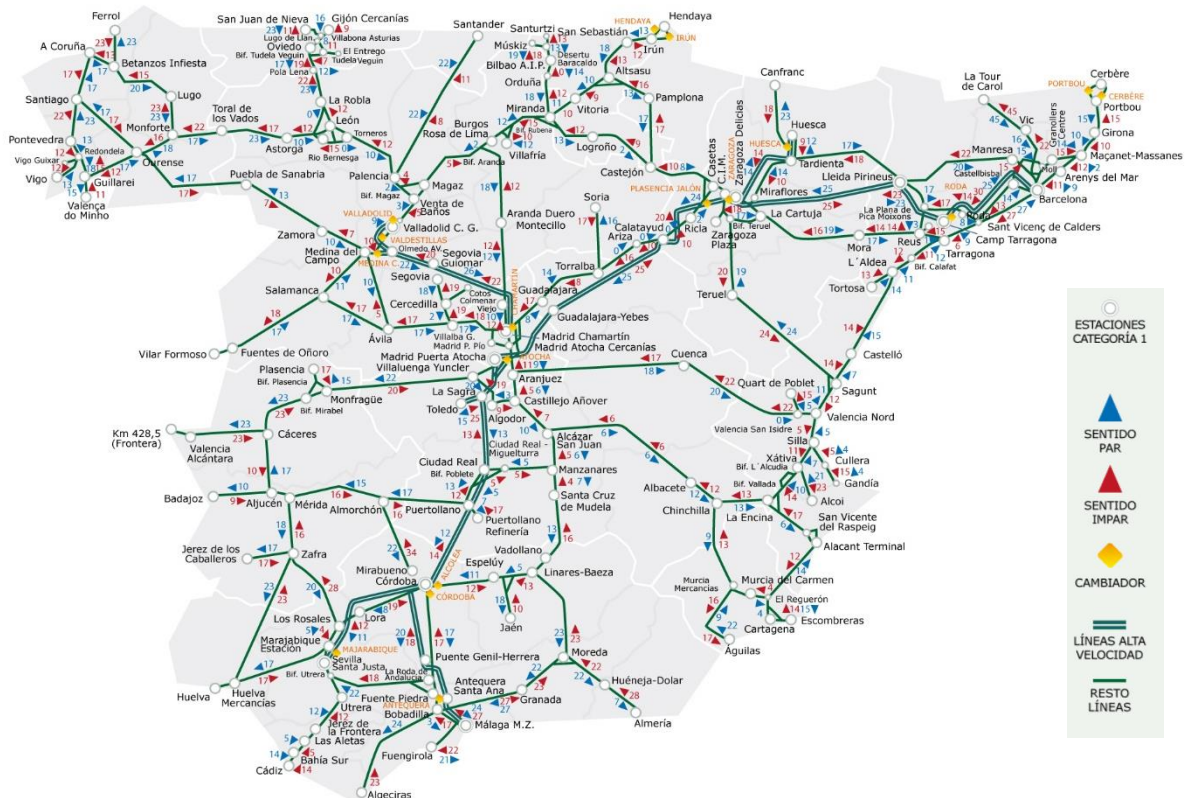


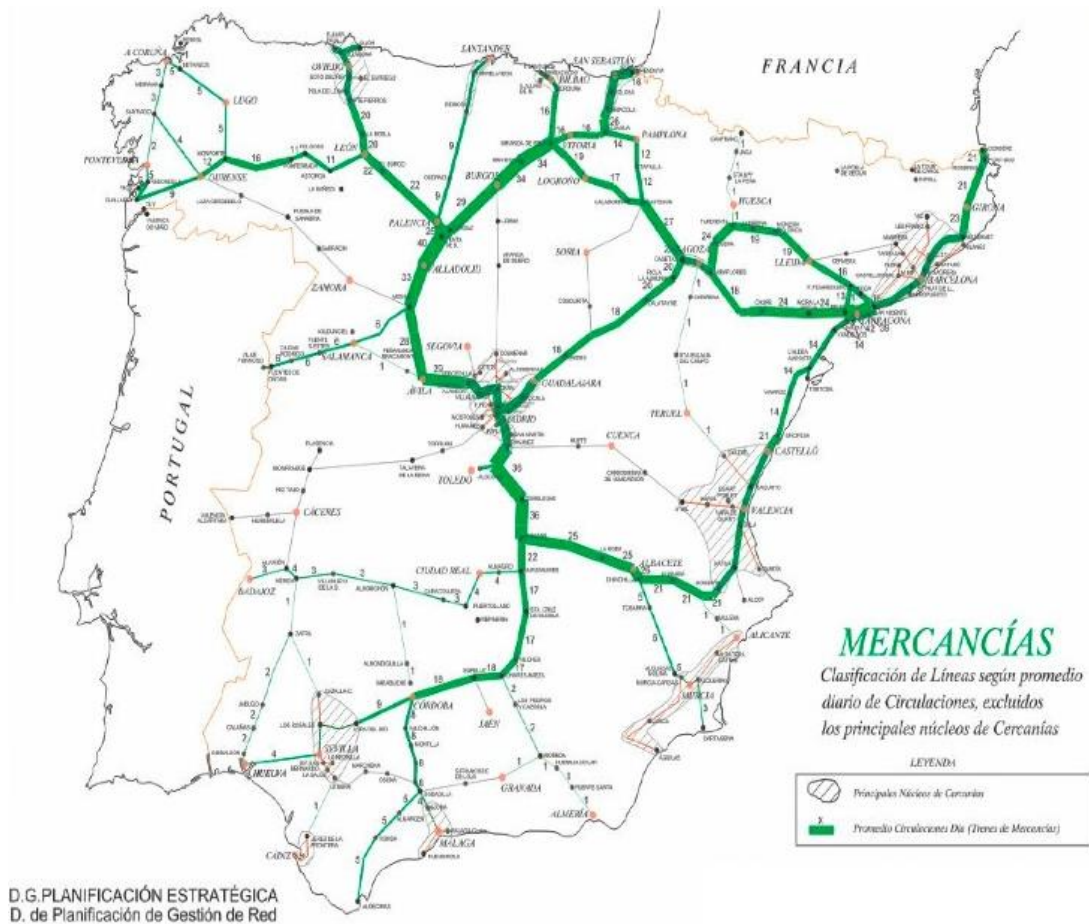
Figura 9-2. Rampes característiques (mm) de totes les línies de ferrocarril a Espanya a inicis de l'any 2010

Font: Declaració de Xarxa d'Adif (2010)

Com a referent en quant a rampes màximes que permetin la circulació de serveis d'autopista ferroviària trobem dos casos de línies que discorren a través dels Alps, amb 27 mil·lèsimes a la línia de Lötschberg i 26 mil·lèsimes a la línia antiga del Gotard. Com es pot veure, la línia que uneix Canfranc amb Pau (França) no té pas una rampa característica fora del normal, fet que dona esperances a la seva reobertura.

9.3. Circulacions promig de trens de mercaderies

La capacitat d'una línia de ferrocarril ve donada principalment per si és de via doble o única, per la velocitat de circulació dels trens i també pel sistema de senyalització implementat. En la majoria dels casos, es tracta de línies mixtes, partint de la base que sempre té prioritat de pas un tren de passatgers. En la següent gràfica es mostra el nombre de circulacions promig de trens de mercaderies que hi van haver l'any 2010. A les immediacions de les grans concentracions urbanes s'hi haurà d'afegir la saturació que provoquen les circulacions de trens de rodalies, impossibilitant el pas fluid dels trens de mercaderies durant el dia sempre i quan no existeixin circumval·lacions. Per últim també caldria afegir les circulacions de trens de mitja i llarga distància de passatgers.



Gràfica 9-2. Circulacions promig diàries de trens de mercaderies a la xarxa de ferrocarrils espanyola

Font: Ferropedia (2010)

9.4. Autopistes ferroviàries proposades

D'acord amb tota la informació que s'ha recollit en aquest capítol i també en l'anterior, es proposa la ubicació de terminals per tal de poder dur a terme la intermodalitat tren – carretera prop de les ciutats d'Almeria, Barcelona i Madrid.

Cada una d'aquestes s'uniria amb una altra terminal ja existent de la mateixa tecnologia (Modalohr), tot formant les següents relacions:

- Almeria – El Voló (França)
- Barcelona – Calais (França)
- Madrid – Torí (Itàlia)

Les dues primeres podran circular per via d'ample internacional un cop acabades les obres del corredor Mediterrani. El principal inconvenient seria no disposar de via doble en gran part del recorregut no obstant.

Pel que fa a la relació entre Madrid i Torí, ara per ara no hi ha plans a curt termini per tal de canviar l'ample de via entre Madrid i Hendaia, amb la qual cosa s'hauria de confiar en la incorporació d'eixos amb canvi d'ample homologats per a trens de mercaderies en un futur no molt llunyà.



Figura 9-3. Relacions d'autopista ferroviària proposades

Font: Elaboració pròpia (2017)

En les tres relacions plantejades, els índexs d'ocupació podrien superar fàcilment el 80%, d'acord amb el creixent interès de les empreses espanyoles per les autopistes ferroviàries. Les consultes realitzades a la base de dades que s'ha creat a propòsit del tractament de tota la informació relativa al transport de mercaderies, indiquen l'existència d'importants vincles comercials entre aquestes tres províncies i els països amb els que es vol donar servei.

Tot seguit es recull en la Taula 9-1 l'avantatge que suposaria realitzar la part més llarga del trajecte sobre ferrocarril. Gràcies a què el preu per quilòmetre és més barat si es viatja a bord d'una autopista ferroviària, es permet compensar aquest diferencial d'import entre els dos punts on hi ha ubicades les terminals tot considerant distàncies d'alimentació i distribució força generoses.

En el cas que tant l'origen del transport com la destinació final es trobin properes a les terminals, tot plegat suposarà un estalvi econòmic en els costos directes d'explotació per a l'empresa de transport per carretera. Altres guanys vindran donats per un desgast més progressiu de les unitats tractores i semiremolcs.

Taula 9-1. Comparació de cost i distància entre les alternatives d'autopista ferroviària i carretera per a les relacions proposades

Relació	Km ruta íntegra per carretera	Autopista ferroviària		Cost trajecte (€)	
		Km alimentació i distribució per carretera	Km coberts sobre ferrocarril	Carretera	Autop. ferrov.
Barcelona – Calais	1320	250	1440	1003,2	979,6
Almeria – El Voló	965	150	932	733,4	707,5
Madrid - Torí	1472	300	1674	1118,7	1107,7

Font: Elaboració pròpia (2017)

En una primera fase d'instauració del servei, les circulacions seran reduïdes per anar creixent al llarg dels anys. S'ha suposat un funcionament de 6 dies a la setmana i amb les sortides i arribades diàries a cadascuna de les terminals. A la Taula 9-2 es pot apreciar la capacitat anual ofertada.

Taula 9-2. Capacitat anual ofertada en la fase inicial de les autopistes ferroviàries espanyoles

Relació	Trens diaris en cada sentit	Capacitat cada tren	Capacitat anual ofertada
Barcelona – Calais	4	48	119.808
Almeria – El Voló	3	48	89.856
Madrid - Torí	3	48	89.856
Total			209.664

Font: Elaboració pròpia (2017)

10. Conclusions

Cada cop més la mobilitat tant de viatgers com de mercaderies guanya rellevància. Alhora però, creix la consciència mediambiental i amb ella la voluntat dels governs d'actuar en front del problema que suposa una xarxa viària congestionada i amb un percentatge de vehicles pesants que cada cop creix més. Molt possiblement, ens els propers anys assistirem a la instauració de nous d'impostos que gravin el pas de vehicles pesants a través de les carreteres del nostre país, ja sigui fent un recompte dels km recorreguts o bé pagant una tarifa plana.

Per tal de poder afrontar amb sostenibilitat i de manera resolutive tots els reptes que suposa tenir un repartiment modal altament desequilibrat a Espanya, es planteja la solució de les autopistes ferroviàries d'acord amb els casos d'èxit que es troben a altres punts d'Europa. Aquest tipus de transport intermodal carretera- tren pot jugar un paper rellevant alhora de treure les carreteres vehicles pesants que actualment provoquen elevats costos externs a aquells territoris pels quals simplement hi estan de pas.

Si bé tal i com s'ha vist en el conjunt d'aquest treball, la intermodalitat s'erigeix com un conjunt de solucions destinades a protegir el medi ambient principalment. Per tal de què es consolidi com una opció atractiva per als transportistes que avui en dia completen la totalitat de les seves rutes per carretera, cal que econòmicament sigui viable. És evident que en la majoria de les tecnologies vistes que promouen el transport combinat ferrocarril-camió, apareixen processos nous que tenen un cost.

En el marc de la Península Ibèrica, trobem una elevada possibilitat de desenvolupament durant les properes dècades de les autopistes ferroviàries. El transport per carretera va a l'alça, en bona part lligat a la recuperació econòmica que es torna a viure a Europa. Però també perquè Espanya és un país amb un elevat volum d'intercanvi de mercaderies, principalment d'exportació fixant-nos en aquest mode de transport.

L'actual xarxa ferroviària tant a Espanya com a Portugal dista molt d'oferir les prestacions ideals per poder oferir uns serveis ja no solament d'autopista ferroviària, sinó també de transport de mercaderies en general. Els principals entrebancs es troben en línies de via única, ample de via diferent al normalitzat a Europa i gàlbers insuficients. Cal doncs, que a partir d'ara es fixi com a prioritat per part dels governs adaptar alguns dels traçats existents al trànsit regular internacional de mercaderies.

A través de la proposta de creació de tres relacions d'autopista ferroviària com són la d'Almeria – El Voló, Barcelona – Calais i Madrid – Torí, que en un inici podrien oferir entre 3 i 4 sortides diàries en cada sentit. La capacitat anual conjunta ascendeix fins a les 210.000 unitats de càrrega, que significaria una reducció en la IMD global dels passos transfronterers entre Espanya i França de 575 vehicles pesants. No obstant, aquesta capacitat podria arribar a quadruplicar-se finalment quan s'hagi consolidat la demanda, amb la qual cosa podríem estar parlant de canalitzar prop del 10% dels vehicles pesants que actualment creua la frontera entre Espanya i França. Nous corredors que aprofitin traçats ja existents com ara el túnel de Canfranc o la construcció d'un túnel de base que creués els Pirineus, podrien incrementar encara més aquest percentatge a llarg termini.

11. Referències

- Agency, C. I. (22 / Abril / 2017). *CIA*. Recollit de The World Factbook:
<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/fields/2121.html>
- Cadena de suministro. (28 / Abril / 2017). *El tráfico de camiones en el Eurotunnel se estabiliza en el inicio de 2017*. Recollit de <http://www.cadenadesuministro.es/noticias/el-trafico-de-camiones-en-el-eurotunnel-se-estabiliza-en-el-inicio-de-2017/>
- CCTIM Sweden. (24 / Abril / 2017). Recollit de Road Railer: <http://cctim.se/english/road-railer-e.html>
- Cerezal, P. (16 / Abril / 2017). Recollit de Expansion:
<http://www.expansion.com/2014/08/23/economia/1408792942.html>
- CREFCO. (24 / Maig / 2017). *Ferrocarril Zaragoza-Canfranc-Pau. Estado actual y perspectivas de reapertura*. Recollit de
<http://www.crefco.org/201607116147/FERROCARRIL-ZARAGOZA-CANFRANC-PAU-ESTADO-ACTUAL-Y-PERSPECTIVAS-DE-REAPERTURA>
- Dancet, R. (3 / Juny / 2017). *RApin*. Recollit de Nota de premsa:
<http://www.ralpin.com/appl/file.php?id=840>
- Enterat. (24 / Maig / 2017). Recollit de Mapa de carreteres i autopistes de peatge Espanya 2017:
<http://www.enterat.com/servicios/mapa-carreteras-autopistas-espana.php>
- Eurostat. (22 / Abril / 2017). Recollit de Estadístiques sobre població:
http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Population_and_population_change_statistics
- Eurotunnel. (3 / Juny / 2017). Recollit de <http://www.eurotunnelgroup.com/uk/eurotunnel-group/operations/truck-shuttles/>
- Expansion. (14 / Maig / 2017). *Las nuevas tasas en Europa golpean a los transportistas españoles*. Recollit de
<http://www.expansion.com/2014/08/23/economia/1408792942.html>
- Ferropedia. (25 / Abril / 2017). Recollit de Tercer Carril:
http://www.ferropedia.es/wiki/Tercer_carril
- Freight Business Journal. (25 / Abril / 2017). Recollit de <http://www.fbj-online.com/archives/3560>
- Gobierno de Navarra. (20 / Maig / 2017). Recollit de Sección de seguridad vial y centro de control negociado de aforos:
<http://www.cfnavarra.es/obraspublicas/carreteras2016/IMDPESADOS2016.pdf>
- Institut für Energie und Umweltforschung, Heidelberg GmbH (IFEU), Studiengesellschaft für kombinierten Verkehr e.V. (SGKV). (2002). *Comparative Analysis of Energy*

- Consumption and CO2 Emissions of Road Transport and Combined Transport Road/Rail*, International Road Transport Union (IRU), Bundesverband Güterkraftverkehr Logistik und Entsorgung e.V. (BGL). Recollit de IRU: https://www.iru.org/apps/cms-filesystem-action?file=PPP/en_Comparative-study-CO2.pdf
- Intermodal Terminals. (13 / Abril / 2017). *Intermodal Terminals in Europe*. Recollit de <http://www.intermodal-terminals.eu/database/>
- International Union of Combined Road-Rail Transport Companies (UIRR). (2001). Recollit de UIRR: <http://www.uirr.com/en/component/downloads/downloads/244.html>
- Journal, I. R. (29 / Abril / 2017). *Intermodal wagons: how long can you go?* Recollit de <http://www.railjournal.com/index.php/freight/intermodal-wagons-how-low-can-you-go.html>
- Kombi verkehr. (28 / Abril / 2017). *Annual reports*. Recollit de https://www.kombiverkehr.de/en/about_us/annual_reports/
- Kombi verkehr. (13 / Abril / 2017). *Emissions calculation*. Recollit de https://www.kombiverkehr.de/en/service/customers/Emissions_Calculation/
- libre, V. (28 / Abril / 2017). *Aprobado el aumento de gálibo de la línea del Gotardo, en Suiza*. Recollit de <http://www.vialibre-ffe.com/noticias.asp?not=10772>
- Living Rail. (25 / Abril / 2017). *Living Rail*. Recollit de Automatic track gauge changeover for trains in Spain: http://81.47.175.201/livingrail/index.php?option=com_content&view=article&id=691:automatic-track-gauge-changeover-for-trains-in-spainnew&catid=36:interoperability&Itemid=127
- Llevat, M., & Llobet, G. (2016). El futuro del ferrocarril de mercancías en España. *Fedea Policy Papers*.
- Llobet, G. (20 / Abril / 2017). *Nada es gratis*. Recollit de ¿Hay futuro para el ferrocarril de mercancías en España?: <http://nadaesgratis.es/gerard-llobet/hay-futuro-para-el-ferrocarril-de-mercancias-en-espana>
- Lowe, D. (2005). *Intermodal Freight Transport*. Oxford: Elsevier .
- Pallarès, M. (22 / Maig / 2017). *Territori*. Recollit de Observatori de projectes i debats territorials de Catalunya: http://territori.scot.cat/cat/notices/2011/07/ferrocarril_la_pobla_de_segur_la_seu_d_rsquo_urgell_2963.php
- Pita, A. L. (2008). *Explotación de líneas de ferrocarril*. Barcelona: Edicions UPC.
- Policy, T. (3 / Abril / 2017). *Transport Policy*. Recollit de www.transportpolicy.net: http://transportpolicy.net/index.php?title=EU:_Heavy-duty:_Emissions

- Pozo Barahona, J., & Rubio de Hita, B. (28 / Abril / 2017). *Azvi*. Recollit de Eje OGI. Sistema de cambio automático de ancho de vía para trenes de mercancías:
<http://www.azvi.es/wp-content/uploads/Ponencia-Eje-OGI.pdf>
- Rail Cargo Operator. (20 / Abril / 2017). *RoLA*. Recollit de
https://www.rola.at/?lan=2&frame_content=https%3A//www.rola.at/content_selector.php%3Flan%3D2%26nav%3D28_29_0%26sel%3D29
- Rail passion. (28 / Abril / 2017). *RAlpin préféré à SNCF Geodis-Lohr pour la route roulante Freiburg-Novara*. Recollit de <http://www.railpassion.fr/fret/011-11401-ralpin-prefere-a-sncf-geodis-lohr-pour-la-route-roulante-freiburg-novara/>
- Swiss Info. (25 / Abril / 2017). *El momento en que los camioneros duermen*. Recollit de <http://www.swissinfo.ch/spa/el-momento-en-que-los-camioneros-duermen/33378588>
- Transportrail. (13 / Maig / 2017). *Réseau : des mises à voie unique pertinentes*. Recollit de <http://transportrail.canalblog.com/pages/reseau---des-mises-a-voie-unique-pertinentes/33963088.html>
- Via libre. (21 / Abril / 2017). Recollit de <http://www.vialibre-ffe.com/noticias.asp?not=10950&cs=inte>
- Via libre. (24 / Abril / 2017). Recollit de Nuevo vagón para semiremolques de gran tamaño Modalhor: <http://www.vialibre-ffe.com/noticias.asp?not=11927>
- Viacombi. (27 / Abril / 2017). Recollit de Best practices from transport operators: <https://viacombi.eu/en/page/best-practices>
- Viajes Ferroviarios. (27 / Abril / 2017). *El viaje ferroviario de los camiones*. Recollit de <http://viajesferroviarios.blogspot.com.es/2013/04/el-viaje-ferroviario-de-los-camiones.html>
- Vigia, E. (30 / Abril / 2017). *El tráfico de camiones por el Eurotunnel crece un 11% en 2016*. Recollit de <http://elvigia.com/el-trafico-de-camiones-por-el-eurotunnel-crece-un-11-en-2016/>
- Volvo. (3 / Abril / 2017). *Volvo Trucks*. Recollit de <http://mag.volvotrucks.com/es-es/spain/article/?art=3876&ref=1>
- Wikipedia. (26 / Abril / 2017). Recollit de Wagon kangarou: https://fr.wikipedia.org/wiki/Wagon_kangourou
- Wright, G. (2015). *Fundamentals of Medium/Heavy Duty Diesel Engines*. Burlington, EEUU: Jones & Bartlett Publishers.
- Zeleznicne. (24 / Abril / 2017). *RoLa terminál v Trstenej*. Recollit de <http://www.zeleznicne.info/pda/pdaview.php?link=2015100001&PDakatNazev=Trate>

12. Annexos

12.1. Annex I: Emissions dels vehicles

Tots els vehicles d'alguna forma o altra contaminen l'atmosfera, fins i tot els vehicles elèctrics ho fan degut al desgast de les pastilles de fre i pneumàtics, que deixen anar partícules nocives per a la salut. Però la major part de la contaminació és causada per l'emissió de gasos provinents dels motors de combustió que equipen avui en dia la pràctica totalitat del parc de vehicles pesants.

Hi ha dos possibles escenaris en quant a la combustió dels hidrocarburs (HC):

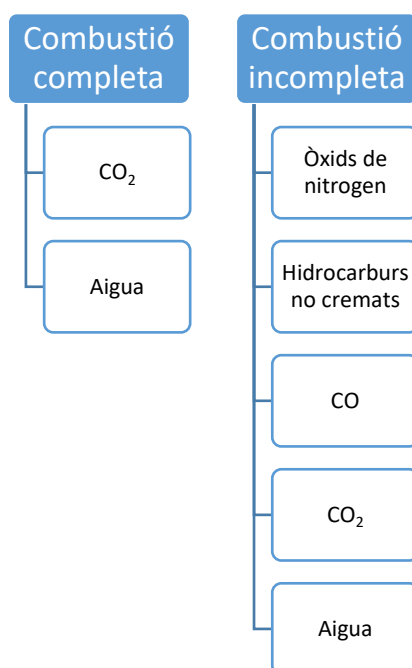
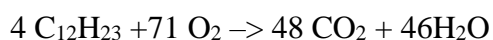


Figura 12-1. Tipus de combustions dels hidrocarburs segons el grau de completament

Font: Elaboració pròpia a partir de Fundamentals of Medium/Heavy Duty Diesel Engines (2017)

Si la combustió en un motor dièsel fos completa, la següent llei estequiomètrica es compliria:



La combustió completa d'un litre de gasoil produeix 2.650 grams de CO_2 , que és una mica més dels 2.370 g del mateix gas produïts en la combustió sota les mateixes condicions d'un litre de gasolina. Coneixent el consum mitjà de combustible d'un vehicle o del promig d'un parc de vehicles i els seus quilòmetres recorreguts en un període de temps, es pot obtenir corroborar la magnitud de les emissions d'aquest gas.

Però això rarament succeeix i el que en realitat ocorre és que les combustions són incompletes i com a productes hi ha també monòxid de carboni i hidrocarburs no cremats. El monòxid de carboni (CO) és altament tòxic per a la vida mentre que el diòxid de carboni (CO_2) és el principal

responsable del calentament global per efecte hivernacle. El fet de què la reacció no sigui completa es tradueix en què la reacció produeixi menys energia.

Afortunadament, els fabricants de vehicles i peces treballen per fer que els seus productes siguin cada cop més respectuosos amb el medi ambient, en part obligats per les regulacions dels diferents governs on siguin comercialitzats aquests vehicles. En aquest sentit, a partir de l'1 d'abril de l'any 1991 cal que tots els vehicles dièsel que superin les 3.5 tones de pes brut compleixin amb les directrius de l'Unió Europea en matèria de límit de gasos nocius emesos.

En la següent taula es presenten els diferents estàndards o normatives que han anat sorgint al llarg dels anys referides als límits d'emissions de vehicles pesants. A diferència dels estàndards dels vehicles lleugers, que són representats amb numeració aràbiga (Euro 1,2...6), en el cas dels vehicles pesants s'usa números romans (Euro I, II,..., VI).

La norma vigent d'aplicació per a tots aquells vehicles de transports de mercaderies amb pes màxim autoritzat superior a 3.500 kg és l'Euro VI. Resulta palesa l'imposició als fabricants en les consecutives normatives referides als límits d'emissió de contaminants pel tub d'escapament.

Taula 12-1. Normatives EURO per a vehicles pesants

Norma	Data	Cicle d'assaigs	CO	HC	NOx	PM	Fum
			g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	m-1
Euro I	1 oct de 1993	ECE R-49	4.5	1.1	8.0	0.612 ¹ / 0.36 ²	-
Euro II	1 oct de 1996	ECE R-49	4.0	1.1	7.0	0.15	-
Euro III	1 oct de 1999	ESC & ELR	2.1	0.66	5.0	0.10	0.8
	1 oct de 2000	ESC & ELR	2.1	0.66	5.0	0.10 / 0.13 ³	0.8
Euro IV	1 oct de 2005	ESC & ELR	1.5	0.46	3.5	0.02	0.5
Euro V	1 oct de 2008	ESC & ELR	1.5	0.46	2.0	0.02	0.5
Euro VI	1 ene de 2013	WHSC	1.5	0.13	0.4	0.01	-

Notes

1-Per a motors amb potència superior a 85 kW

2-Per a motors amb potència inferior a 85 kW

3-Per a motors amb menys de 0.75 dm³ de volum d'escombrat per cilindre i règim de potència nominal de més de 3000/min

Font: Dieselnet (2016)

A més a més, no solament aquests valors d'emissions límit s'han de complir en el moment de l'homologació i comercialització dels vehicles de transport de mercaderies, sinó que des de la norma Euro IV també s'exigeix que perdurin al llarg de bona part de la seva vida útil:

Taula 12-2. Períodes durant els quals s'han de mantenir els límits màxims d'emissions en les normes EURO IV, V i VI

Categoria del vehicle	Període*	
	Euro IV-V	Euro VI
N1 i M2	100.000 km / 5 anys	160.000 km / 5 anys
N2 N3 ≤ 16 tones M3 Classe I, Classe II, Classe A, i Classe B ≤ 7.5 tones	200.000 km / 6 anys	300.000 km / 6 anys
N3 > 16 tones M3 Classe III, i Classe B > 7.5 tones	500.000 km / 7 anys	700.000 km / 7 anys

† Les designacions de massa fan referència en tones a la massa màxima autoritzada

* km o anys, el cas que es doni abans

Font: Dieselnet (2016)

Innovacions que han permès frenar les emissions dels vehicles industrials

Actualment, els fabricants de camions per tal de poder complir amb les exigències de la Comissió Europea equipen els seus motors amb diversos components i tecnologies que han permès reduir dràsticament alguns productes nocius de la combustió. El més recent en incorporar-se és el catalitzador de reducció selectiva, que obliga a la vegada a incorporar un tanc addicional al de combustible a l'unitat tractora per emmagatzemar-hi urea. Tot seguit seran breument resumits:

1. SCR: Catalitzador de reducció selectiva. Gràcies a la dosificació d'urea als gasos procedents de la combustió de gasoil al motor, es possibilita l'eliminació dels òxids de nitrogen en forma de nitrogen i aigua pel tub d'escapament.
2. EGR: Recirculació de gasos d'escapament. Aquest sistema no refrigerat és especialment útil per a mantenir baixos els nivells de NOx, especialment en condicions de conducció en fred per al motor. A més a més, quan la càrrega del motor o parell de forces és baix, aquest sistema ajuda a elevar la temperatura dels gasos d'escapament. Alhora part d'aquests gasos d'escapament calents serviran per a ésser mesclats amb aire fred i d'aquesta forma reduir el nivell de NOx durant la combustió i també contribuirà a incrementar la temperatura de les emissions, fet indispensable per al bon funcionament del SCR.
3. DOC: Catalitzador per oxidació dièsel. Permet una catàlisi més ràpida al catalitzador de reducció selectiva. En el DOC es crema hidrocarburs (HC) i monòxid de carboni (CO) i

converteix l'òxid de nitrogen (NO) en diòxid de nitrogen (NO₂) per tal de permetre la catalisi en l'SCR.

4. DPF: Filtre de partícules dièsel. Aquest filtre captura partícules per tal de ser oxidades i crear així CO₂.

Gràcies a la incorporació d'aquestes tecnologies, s'ha aconseguit reduir el consum de combustible entre un 2 i un 5% en funció del fabricant. Segons el fabricant Volvo, avui en dia un camió equipat amb motor Euro VI emet la mateixa quantitat d'òxids de nitrogen i partícules que 33 unitats de fa 40 anys:

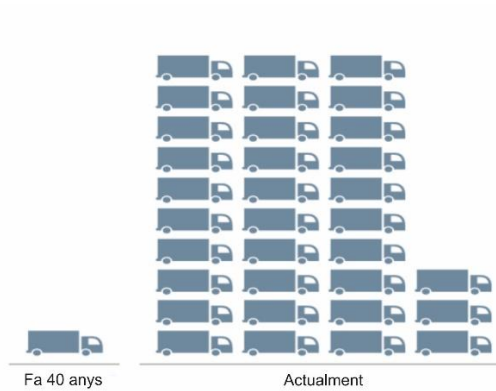


Figura 12-2. Comparativa de la reducció de les emissions en motors dièsel al llarg de quatre dècades.

Font: Volvo Trucks (2017)

12.2. Annex II: Sistemes de canvi d'ample i altres solucions emprades

El problema causat per l'existència de diferents amplex de via, especialment en algunes fronteres entre països es va resoldre inicialment gràcies a uns processos amb un baix grau d'automatització i amb un elevat grau d'implicació de la força de treball humana. Se'n poden distingir dos, els quals a dia d'avui encara són emprats:

- Transbordaments de la càrrega. Es tracta d'una solució costosa en temps, diners i espai, que consisteix en moure els contenidors d'un tren estacionat a la terminal amb ample ibèric a un altre estacionat en la mateixa terminal amb ample europeu. En cas de què el tren on s'hagi de transbordar la càrrega no hi sigui en aquell moment, s'haurà de disposar d'espai suficient per emmagatzemar temporalment aquestes unitats de càrrega. Requereix d'una o més grues pòrtic per a la realització d'aquestes maniobres.
- Canvi d'eixos. Aquest sistema que es va començar a utilitzar l'any 1950 als dos punts fronterers situats a França d'Hendaia i Cervera de la Marenda, i segons dades publicades la plana web del gestor de les instal·lacions (Transfesa), hi passen uns 63.000 vagons anuals als quals s'hi ha de realitzar el canvi d'eixos.



Figura 12-3. Imatge que capta el canvi d'eixos a les instal·lacions de Transfesa a Cervera de la Marenda, en aquest cas els eixos entren fins a situar-se sota el vagó en la mateixa direcció longitudinal al tren

Font: Youtube (2017)

Els processos de canvi d'eixos són lents d'executar ja que es realitzen de dos en dos vagons, que seran elevats posteriorment amb uns potents gats hidràulics. En el primer dels mètodes que es va emprar, a la terminal de Cervera de la Marenda i que encara a dia d'avui segueix en funcionament, els operaris contínuament han d'estar muntant i desmuntant frens, i canviar els eixos a extreure pels eixos d'ample desitjat d'una via a l'altra ajudats per una grua de sostre.

Seguint dins de la tècnica del canvi d'eixos, el gestor Transfesa compta en l'actualitat a les instal·lacions d'Hendaia un canviador d'eixos que té en comú l'elevació dels vagons en grups reduïts amb el recentment vist. Per contra, hi ha menys mà d'obra requerida al ser canviats els eixos gràcies a un procés automatitzat on el tram de vies ocupat per les

rodes del vagó, es trasllada lateralment (en direcció perpendicular a la del tren) de tal manera que amb la translació realitzada també s'introduïran els eixos que correspongui.



Figura 12-4. Moment en el que un eix d'un vagó és substituït en els instal·lacions de Transfesa a Hendaia

Font: Transfesa (2017)

Una altra de les solucions possibles que permeten la compatibilitat de trens de diferents amplex a través d'un mateix traçat consisteix en la instal·lació d'un tercer i fins i tot quart carril entre els dos que conformen l'ample ibèric. Fins ara aquesta solució al nostre país solament ha estat emprada en trams curts d'estacions, ponts i túnels i altres punts singulars. Aquesta solució no obstant, obtingué un cert ressò mediàtic a l'ésser plantejada com a alternativa a la construcció del demandat Corredor Mediterrani.

No tot són avantatges, ja que afegir un tercer carril fa que es requereixin aparells de via molt més complexes, a més de complicar els desviaments, que s'han de dissenyar segons el que s'anomena canviador de fil. Això últim provoca limitacions de velocitat durant el pas pel desviament al tren que és canviat de costat. Així, observant la figura següent, en la configuració superior, els trens d'ample estàndard en serien els perjudicats, patint restriccions de velocitat de 80 km/h en trams rectes i de 60 km/h en trams curvilinis.

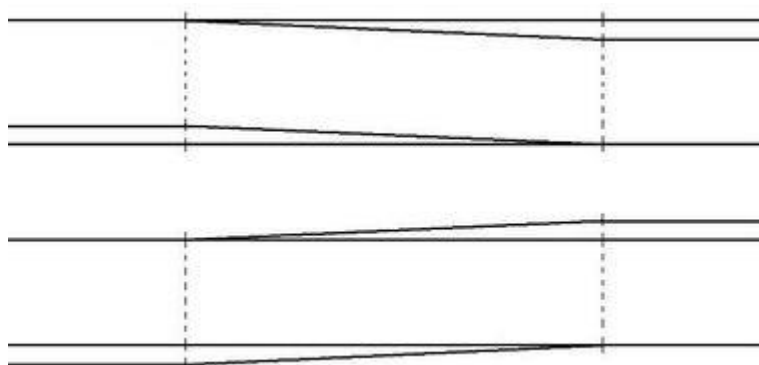


Figura 12-5. Canviador de fil. En la part superior, el tren d'ample estàndard és canviat de costat, mentre que en la part inferior és la via menor (ample europeu) la que té pas directe.

Font: Ferropedia (2016)

En trams de via única sense apartadors ni canviadors de fil, les velocitats màximes per als trens d'ample estàndard i ibèric són de 200 km/h i 140 km/h respectivament, basat en el cas real de Tardienta-Osca. La instal·lació d'una tercera via no suposa pas una actuació econòmica. Degut als aparells de via i senyalització més específics, el cost de construcció s'incrementa al voltant dels 3 M€/km.

Per últim, són d'especial interès els sistemes canviadors d'ample automàtics alguns dels quals es porten utilitzant exitosament des de fa anys en els trens de passatgers espanyols, concretament des del 1969. Mitjançant aquest sistema no cal elevar els vagons amb gats hidràulics, ja que no s'ha de canviar pròpiament cap eix o bogie. Es troben en continu desenvolupament i cada cop poden oferir millors prestacions. Bàsicament el que fan es variar la separació de les rodes d'un mateix eix en cada un d'aquests del tren.

Es requereix d'unes instal·lacions fixes anomenades canviadors d'ample, per les quals el tren avançarà i es produirà la variació de la separació entre rodes. Així doncs, el sistema que podem trobar en ús a Espanya funciona tot descarregant les rodes del pes del tren al seu pas pel canviador. Tot el pes del vehicle estarà recolzat sobre uns carrils laterals elevats. Acte seguit s'afluïxen els forrellats que bloquegen el desplaçament lateral de les rodes durant la seva circulació en condicions habituals. Després d'aquest pas, el tren segueix avançant fins trobar-se amb unes guies convergents o divergents segons interressi adaptar-lo a un o altre ample de via que ajustaran la distància entre rodes. Finalment s'enforrellen les rodes i es transfereix altre cop la càrrega de tot el tren a aquestes. La virtut d'aquesta tecnologia és que tot aquest procés es realitza de manera automàtica amb l'únic requisit de que el tren aminori la marxa, normalment a un màxim de 15 km/h, sempre i quan no s'hagi de canviar la locomotora.

Taula 12-3. Comparació dels diferents sistemes de canviadors d'ample automàtics

Sistema	Talgo	CAF	SUW2000	Rafil	Japonès
País	Espanya	Espanya	Polònia	Alemanya	Japó
Any primera aplicació comercial	1969	2003	2000	-	2007
Cotxes viatgers	Sí	Sí	Sí	No	Sí
Vagons càrrega	Sí	No	Sí	Sí	No
Vehicles motors	Sí	Sí	No	No	Sí
Canvi amb càrrega sobre rodes	No	No	Sí	Sí	No
Enforrellat	Enforrellat ascendent	Rodadura ascendent	Bloqueig lateral	Bloqueig lateral	Rodadura ascendent

Font: Living Rail (2016)

En la taula presentada en la pàgina anterior es mostra un recull de les principals tecnologies patentades per al canvi d'ample del material rodant. Si bé la idea de rerefons en totes elles és la mateixa, hi ha diferències substancials en la forma com s'allibera i es torna a bloquejar el mecanisme que permet variar la separació entre rodes d'un mateix eix i en com es sustenta el pes del vehicle durant el seu pas pel canviador. Resulten interessants les tecnologies SUW2000 i Rafil per permetre el canvi d'ample a vagons de mercaderies carregats, encara que no són capaços de possibilitar la variació de la separació de les rodes a les locomotores.

Cadascun dels canviadors recentment vistos en la taula anterior presenten el gran inconvenient d'ésser solament compatibles amb el material rodant per al qual han estat dissenyats. Així doncs, la intenció en un futur immediat és desenvolupar tecnologies de canviadors duals o polivalents que permetin el canvi d'ample a material rodant de mercaderies de diverses tipologies i fabricants. A Espanya, per als trens de viatgers ja existeix un canviador dual per a material rodant Talgo i CAF. D'aquesta manera un tren de mercaderies compost per vagons de diverses tecnologies podria atravesar el canviador i fer efectiva l'adaptació a l'ample d'una altra regió sense cap altre major contratemps.

Dues consideracions importants per al disseny d'una instal·lació d'aquest tipus són la modularitat d'aquesta i l'adequació d'instal·lar-ne suficients en trams concorreguts de doble sentit. Pel que fa a la primera de les recomanacions, una progressiva renovació de l'ample de les vies pot fer que deixin de ser necessaris alguns dels canviadors actualment existents i que puguin passar a ser requerits en altres punts de les línies ferroviàries. Per tant, seria idoni que poguessin ser transportades i adaptades a un nou emplaçament quan es requereixi. La segona de les indicacions té la seva raó de ser en què si un conjunt de vies han d'anar a parar a un únic canviador, això augmentarà notablement el nombre de desviaments, els quals, tal i com ja s'ha comentat s'encareixen molt.



Figura 12-6. Detall del canviador d'ample a la instal·lació tècnica de Santa Catalina (Madrid)

Font: Via libre (2012)

Actualment a Espanya hi ha un consorci constituït per una unió temporal d'empreses, les quals han presentat uns eixos d'ample variable per a mercaderies, batejats amb el nom d'eixos OGI. El citat consorci s'encarrega de desenvolupar i homologar un eix que pugui ser muntat en vagons de

càrrega. És destacable el fet de què empreses del propi país on és dona aquesta problemàtica agrupin esforços per tal de trobar una solució.

Aquest sistema de canvi d'ample automàtic parteix de la tecnologia desenvolupada als anys 70 i anomenada com una de les empreses integrants del consorci, OGI. El que s'ha fet ara és readaptar-la als temps actuals per tal d'aconseguir el canvi d'ample amb el menor temps possible i fiabilitat.

Resulta interessant conèixer breument el procés d'homologació que ha de superar un producte d'aquestes característiques abans de poder ser emprat a la realitat. Caldrà dur a terme assaigs de laboratori en banc de proves i assaigs en via. Com que es pretén homologar aquest sistema d'eixos per a dos diàmetres de rodes diferents, de 920 mm i 760 mm, per a cadascun dels diàmetres caldrà passar amb èxit les evaluacions que tot seguit es descriuran.

Els assaigs en banc a fatiga consten d'un total de 10 milions de cicles de càrrega diferenciats en tres fases diferents on s'apliquen càrregues estàtiques i dinàmiques, segons recull la taula següent:

Taula 12-4. Recull dels assaigs en banc de proves per a l'homologació de l'eix OGI

Fase	Nombre de cicles	Força vertical (kN)		Força transversal (kN)	
		Estàtica	Dinàmica	Estàtica	Dinàmica
I	6·10 ⁶	P	± 0.5 P a 4 Hz	0	± 0.3 P a 2 Hz
II	2·10 ⁶	P	± 0.6 P a 4 Hz	0	± 0.36 P a 2 Hz
III	2·10 ⁶	P	± 0.7 P a 4 Hz	0	± 0.42 P a 2 Hz

Notes: P és la massa per eix corresponent al vehicle amb la càrrega màxima admissible (22.5 t/eix i 16 t/eix per a l'altre tipus d'eix).

Les freqüències indicades són per a una velocitat de 50 km/h.

Font:Azvi (2016)

En els assaigs en via ja es durà a terme la circulació de dos vagons de 4 eixos, un portac contenidors i l'altre portaautomòbils disposant dels dos models d'eixos abans citats. Inicialment els vagons realitzaran 500 canvis d'ample en un canviador d'ample instal·lat a una base de manteniment d'Adif a Albacete.

Taula 12-5. Recull dels assaigs en via per a l'homologació de l'eix OGI

Fase	Distància a recórrer	Ample
I	50.000 km	1.668 mm
II	50.000 km*	1.435 mm i 1.668 mm
III	150.000 km en servei comercial**	1.435 mm i 1.668 mm

* Un 20% es realitzarà almenys en un dels dos amplex

** Un 25-50% es realitzarà en almenys un dels dos amplex

Font: Azvi (2016)

Aquests assaigs s'hauran de realitzar a la velocitat màxima autoritzada i amb la massa màxima de disseny. Un cop superades totes les proves, es disposarà d'un eix d'ample variable homologat per a poder circular per les vies espanyoles d'ample ibèric 1.668 mm i ample estàndard 1.435 mm.

Fins a la data, ha superat amb èxit 6 milions de cicles al banc de fatiga, on s'hi ha aplicat una càrrega de fins a 33.75 tones per eix, que suposa un 150% sobre la càrrega màxima nominal.



Figura 12-7. Eix d'ample variable OGI per a vagons de mercaderies en fase d'homologació

Font: Azvi (2016)

És important avançar en la direcció d'incorporar noves tecnologies que permetin un canvi d'ample ràpid. Per exemple, en l'actualitat, un tren que transporti 40 contenidors pot estar parat a la frontera entre Espanya i França com a mínim 6 hores per a que es faci efectiu el canvi d'eixos. Inevitablement aquest temps li resta competitivitat en front del mode carretera, on en moltes ocasions es disposa de doble conductor i el camió no requereix d'aturar-se per períodes llargs com els de descans obligatori.

12.3. Annex III: Gàlibs

El gàlib és un terme important en el món ferroviari que fa referència a les dimensions màximes d'altura i d'amplada que pot tenir el material rodant que circula per una línia. De la mateixa manera, també es refereix implícitament a l'espai que a de quedar lliure d'obstacles al voltant d'un vehicle ferroviari.



Figura 12-8. Tren compostat per vagon portacontenidors apil·lats a doble altura i autopista ferroviària als EUA

Font: Departament de Transport dels EUA (2017)

Entre les principals implicacions que té el gàlib en el disseny i posterior operació d'una línia hi ha:

- Pas per túnels i ponts
- Permetre el pas de dos trens en diferents sentits en trams de doble via amb seguretat
- Distància a la qual situar els aparells de via i elements de senyalització



Figura 12-9. Tren que transportava contenidors apilats a doble altura i que fou redirigit per una altra línia de gàlib insuficient. Incident ocorregut l'any 2008 al túnel de Windsor-Detroit (EUA).

Font: The Big Little Railroad Shop (2008)

A la Figura 12-10 es mostren els principals gàlibs estandarditzats per la Unió Internacional de Ferrocarrils (UIC), especialment útils per als transports internacionals de mercaderies. Tradicionalment, cada país ha tingut una classificació pròpia dels gàlibs existents a la seva xarxa. La tendència és a anar fent ús d'aquesta nomenclatura unificada i ara quan es construeix una nova línia ja es dissenya amb gàlib GC si és per a viatgers, i amb un gàlib superior en el cas que que es destini també al trànsit de mercaderies, d'aproximadament 5.350 mm des de la cara superior del rail.

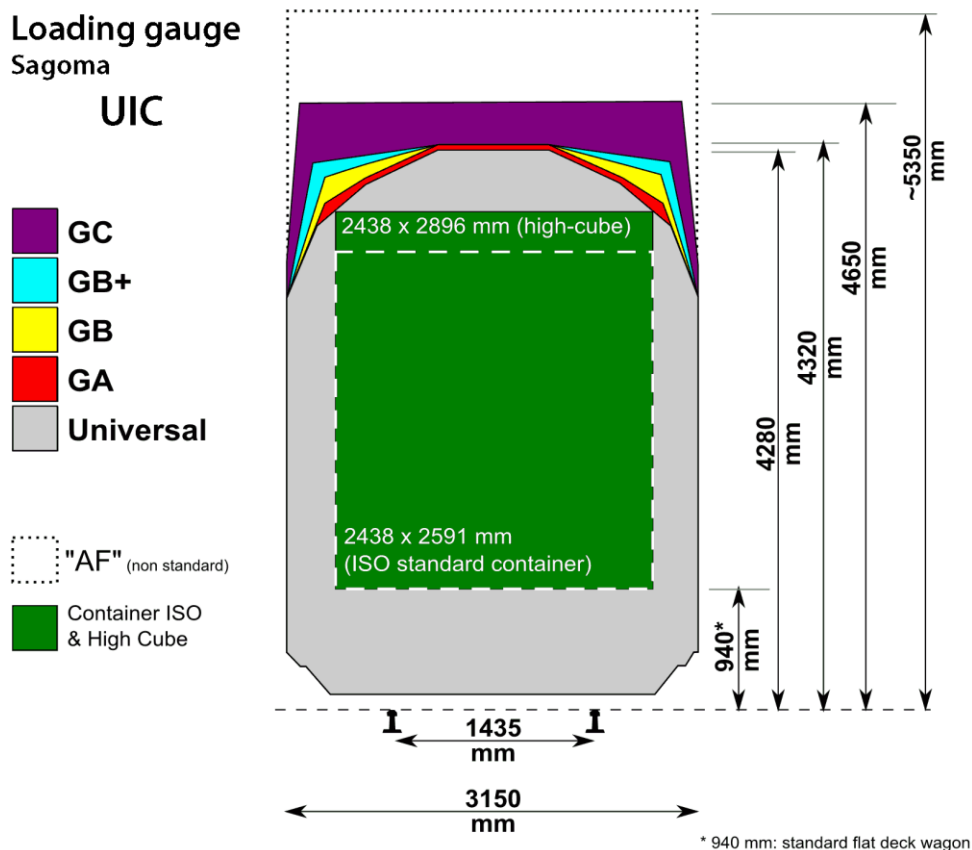


Figura 12-10. Gàlibs estandarditzats per la UIC

Font: Wikipedia (2012)

En els països on els gàlibs són més restrictius, com ara Espanya i França el major desficiament ha estat aconseguir dissenyar un vagó que permetés transportar semiremolcs del tamany més extès a Europa com són els de 4 m d'altura comptabilitzats des del contacte dels pneumàtics amb el terra fins a l'extrem superior de la caixa o cisterna.

El vagó Modalohr permet el transport tant de semiremolcs com de les unitats tractores tot encabint-se dins del gàlib GB+, també anomenat GB1. La virtut del seu disseny es troba en situar els bogis fora de la caixa o butxaca del vagó, a més a més les rodes que munta són de diàmetre normal. Si bé s'incrementa la longitud de les composicions d'aquest tipus de vagons, podent transportar menys unitats de càrrega per a la mateixa longitud del tren que si es fés amb la plataforma contínua RoLa. Com es pot observar en la següent figura, aquest tipus de vagó tot i equipar rodes petites no compleix amb els requeriments d'espai lliure propi del gàlib GB+ per

pocs mil·límetres. En la part esquerra de la figura es visualitza la màxima altura que assoleix un semiremolc sobre un vagó de plataforma contínua similar als que s'utilitzen en les autopistes ferroviàries d'Àustria i Suïssa, també conegudes amb el nom de RoLa (abreviació provinent de l'expressió en alemany Rollende Landstraße). Malgrat equipar rodes de diàmetre inferior, d'entre 370 i 335 mm de diàmetre, a l'estar disposades justament a sota de l'espai un es situen els camions, no pot englobar-se dins del mateix gàlib que la tecnologia competidora de Modalohr. Desinflar les botelles de la suspensió pneumàtica dels semiremolcs no aconsegueix tampoc obtenir la classificació com a gàlib GB+ en aquest sistema d'autopista ferroviària.

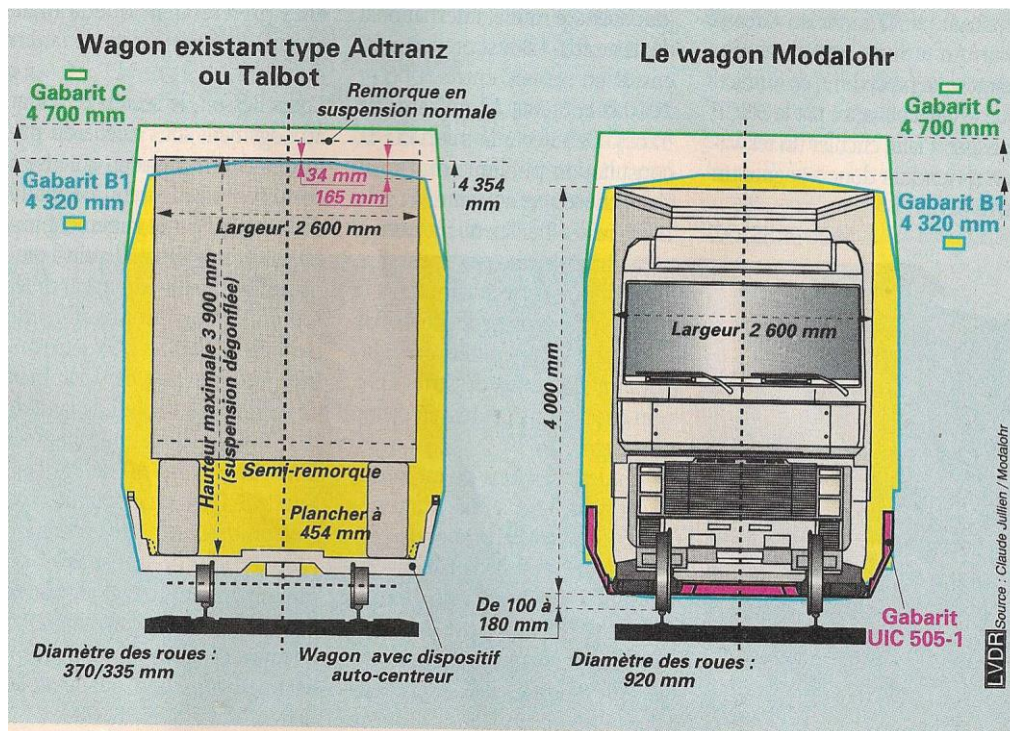


Figura 12-11. Comparació entre les especificacions de gàlib de càrrega dels sistemes RoLa i Modalohr

Font: La vie du Rail & des transports n° 2275 (2000)

Aquest és un dels principals motius pel qual, cada tecnologia s'ha anat consolidant en els diferents països on es troba en ús, i esdevé una de les principals llances dels diferents fabricants per tal de vendre la seva tecnologia a possibles inversors i governs d'arreu del món interessats en desplegar línies d'autopista ferroviària.

En el cas que tampoc es pugui garantir el mínim gàlib requerit per tal de poder efectuar el transport combinat, que com s'ha vist és el GB+, s'ha de recórrer a costoses obres d'ampliació de la secció de túnels, que en alguns casos, aquesta distància necessària fins al sostre pot obtenir-se canviant l'actual via en balast per una sobre placa de formigó a l'interior dels túnels. Altres actuacions que poden fer disparar el preu és el tenir que ampliar la plataforma i separar les vies en traçat doble una major distància.