Estudi de la viabilitat d'una línia marítima per a descongestionar el tràfic rodat als Pirineus

Treball Final de Grau

Facultat de Nàutica de Barcelona
Universitat Politècnica de Catalunya

Treball realitzat per:
Marc Seder Rom

Dirigit per:
Francesc Xavier Martínez de Osés

Grau en Nàutica i Transports Marítims

Barcelona, 29 de Setembre de 2023

Departament de Ciència i Enginyeria Nàutiques

Versió	Data	Modificacions
1	12/02/2023	Creació del document
2	29/09/2023	Revisió final

Escrit per:	
Autor/a:	Marc Seder Rom
Data:	29/09/2023

Revisat i aprovat per:	
Tutor/a:	Francesc Xavier Martínez de Osés
Data:	29/09/2023
Revisat i aprovat per:	
Co-Tutor/a:	
Data:	

“Sigui com el mariner que manté l’estrella polar al seu ull, al fer-ho podrà ser que no arribem al nostre port en un termini calculable, però mantindrem un rumb verdader”

Resum

La finalitat d'aquesta tesi, és estudiar la viabilitat d'una línia marítima per a descongestionar el tràfic rodat als Pirineus degut a la preocupant situació que es viu a diari en la frontera franco-espanyola, per la qual cada dia hi circulen milers de camions de mercaderies que comporten un greu impacte ambiental degut a les altes emissions que emeten els vehicles.

Per a descongestionar el pas fronterer s'ha utilitzat el transport marítim el qual avui en dia domina en un 90% el comerç internacional de mercaderies degut a la seva eficiència energètica i costos baixos en comparació amb altres mètodes de transport.

La primera part de la tesi, és una introducció teòrica al transport marítim de curta distància. En la segona part, s'estudia la ruta que uneix Barcelona i Civitavecchia, tant per mar com per terra, estudiant així les seves eficiències. La tercera part, consta de l'estudi de la viabilitat d'una nova ruta marítima que uneixi Barcelona i Marsella amb un vaixell més sostenible mostrant com aquest podria tenir un gran impacte en la descongestió dels Pirineus.

Paraules clau: Transport Marítim de Curta Distància, Emissions, Congestió, Pirineus.

Abstract

The purpose of this thesis is to study the viability of a maritime route to alleviate the traffic congestion in the Pyrenees due to the concerning daily situation at the french-spanish border, where thousands of freight trucks circulate every day, resulting in a significant environmental impact due to the high emissions emitted by the vehicles.

To relieve congestion at the border crossing, maritime transport has been used, which currently dominates the 90% of the international trade of goods due to its energy efficiency and lower costs compared to other transportation methods.

The first part of the thesis provides a theoretical introduction to short-sea shipping. The second part examines the route connecting Barcelona and Civitavecchia, both by sea and land, thus assessing their efficiencies. The third part focuses on the viability study of a new maritime route connecting Barcelona and Marseille using a more sustainable vessel, demonstrating how it could have a significant impact on relieving congestion in the Pyrenees.

Keywords: Short-Sea Shipping, Emissions, Congestion, Pyrenees.

Keywords: Short-Sea Shipping, Emissions, Congestion, Pyrenees.

Taula de continguts

RESUM I
ABSTRACT II
TAULA DE CONTINGUTS III
LLISTAT DE FIGURES VI
LLISTAT DE TAULES VIII

CAPÍTOL 1. EL TRANSPORT MARÍTIM DE CURTA DISTÀNCIA A EUROPA 1

1.1. DEFINICIÓ 1
1.2. ALTERNATIVA AL TRANSPORT TERRESTRE 1
1.3. AVANTATGES 2
1.3.1. MAJOR EFICIÈNCIA ENERGÈTICA 2
1.3.2. RESPECTUÓS AMB EL MEDI AMBIENT 3
1.3.3. MENORS COSTOS EXTERNS 5
1.3.4. MAJOR SEGURETAT 5
1.4. DESAVANTATGES 6
1.4.1. DESAVANTATGES ECONÒMIQUES 6
1.4.2. DESAVANTATGES ADMINISTRATIVES 7
1.4.3. DESAVANTATGES OPERATIVES 7
1.5. MARC LEGAL A LA UE 8

CAPÍTOL 2. LES AUTOPISTES DEL MAR 12

2.1. CONCEPTE 12
2.2. OBJECTIUS 12
2.3. *LES DIFERENTS AUTOPISTES* 13
2.4. LA INTEGRACIÓ DE LES AUTOPISTES DEL MAR A LES XARXES TEN-T 14
2.4.1. CONCEPTE DE LES TEN-T 14
2.4.2. LES DIFERENTS TEN-T 14
2.4.3. CORREDORS DE LES TEN-T 15
2.4.4. LA INTEGRACIÓ DE LES ADM A LES TEN-T 18
2.5. EFICIÈNCIA A PARTIR D'UNA SIMULACIÓ DE LES AUTOPISTES DEL MAR 19

CAPÍTOL 3. OBSERVATORI DE COSTOS DEL TRANSPORT DE MERCADERIES PER CARRETERA .. 23

3.1. COSTOS DEL TRANSPORT DE MERCADERIES PER CARRETERA 24
3.1.1. METODOLOGIA DEL CÀLCUL 24
3.2. ACOTRAM 27

3.2.1. *SIMULACIÓ ACOTRAM D'UN VEHICLE ARTICULAT DE CÀRREGA GENERAL EN TRANSPORT INTERNACIONAL* 27

CAPÍTOL 4. ESTUDI D'UNA RUTA PER CARRETERA 40

4.1. DESCRIPCIÓ DE LA RUTA 40
4.2. TEMPS EN COMPLETAR LA RUTA 42
4.3. CÀLCUL DELS COSTOS 45
4.3.1. COSTOS INTERNS DE LA RUTA PER CARRETERA 46
4.3.2. COSTOS EXTERNS DE LA RUTA PER CARRETERA 49

CAPÍTOL 5. ESTUDI D'UNA RUTA EXISTENT 52

5.1. EL VAIXELL 52
5.2. LA CÀRREGA 53
5.3. LA RUTA DE TRANSPORT MARÍTIM 55
5.4. ESTUDI DELS COSTOS I INGRESSOS DEL VAIXELL 56
5.4.1. COSTOS INTERNS 56
5.4.2. COSTOS EXTERNS 59
5.4.3. INGRESSOS 63
5.4.4. CÀRREGA MÍNIMA PER A COBRIR COSTOS PER TRAJECTE 64
5.5. ANÀLISI DELS COSTOS I INGRESSOS 68

CAPÍTOL 6. COMPARATIVA DE COSTOS I TEMPS ENTRE LA RUTA TERRESTRE I LA MARÍTIMA . 69

6.1. COMPARATIVA DE COSTOS INTERNS 69
6.2. COMPARATIVA DE COSTOS EXTERNS 71
6.3. COMPARATIVA DE TEMPS 73

CAPÍTOL 7. NOVA LÍNIA MARÍTIMA PER A DESCONGESTIONAR ELS PIRINEUS 75

7.1. EL VAIXELL 75
7.2. LA CÀRREGA 76
7.3. LA RUTA A PROPOSAR 77
7.4. ESTUDI DELS COSTOS DEL VAIXELL 78
7.4.1. COSTOS INTERNS 78
7.4.2. COSTOS EXTERNS 81

CAPÍTOL 8. DESCONGESTIÓ DELS PIRINEUS 84

8.1. CONNEXIONS I TRÀFIC ESPANYA – FRANÇA 84
8.2. DESCONGESTIONAMENT DELS PIRINEUS IMPLEMENTANT LA RUTA PROPOSADA 89

CAPÍTOL 9. CONCLUSIONS 91

BIBLIOGRAFIA 93

ANNEX A1. EMISSIONS DELS DOS VAIXELLS 99

A1.1. COMPARACIÓ DELS DOS VAIXELLS 102

ANNEX A2. FITXES TÈCNIQUES 103

Llistat de Figures

Figura 1. Comparació d'emissió de CO2. Font: IMO. 3
Figura 2. Vertits anuals i mitja per dècada. Font: ANAVE 5
Figura 3. Autopistas del mar. Font: El Mundo 13
Figura 4. Xarxa troncal de la TEN-T. Font: Large Infrastructure Projects 18
Figura 5. Variables d'origen i destí. 19
Figura 6. Paràmetres de la simulació. 20
Figura 7. Mapa de la simulació amb les dos opcions. 21
Figura 8. Comparativa de simulacions. 22
Figura 9. Preu diari del Gasoil A habitual. Font: Gobierno de España 27
Figura 10. Simulador ACOTRAM versió 3.1.0 28
Figura 11. Característiques Tècniques i d'Explotació 29
Figura 12. Vehicle de Tracció 30
Figura 13. Semiremolc, Remolc i Equips Auxiliars 31
Figura 14. Personal, Assegurances i Costos Fiscals 32
Figura 15. Carburant, Urea, Pneumàtics, Manteniment, Reparacions i Peatges 33
Figura 16. Costos Indirectes 34
Figura 17. Ruta Barcelona - Civitavecchia. Font: www.viamichelin.com 41
Figura 18. Cruise Roma. Font: Google. 52
Figura 19. Ruta Barcelona - Civitavecchia. Font: Matlab Simroute 55
Figura 20. Característiques del vaixell. Font: Matlab Simroute 58
Figura 21. Emissió en Tones de CO2, SO2, NOx i PM. 60
Figura 22. Llistat de preus per a la càrrega rodada en la ruta Tànger – Sete. Font: GNV Price List. 64
Figura 23. Humbria Seaways. Font: Google. 75
Figura 24. Rampes d'entrada de la càrrega rodada. Font: Google. 76
Figura 25. Ruta Barcelona - Marsella. Font: Matlab Simroute. 77
Figura 26. Característiques del vaixell. Font: Matlab Simroute. 79
Figura 27. Emissió en Tones de CO2, SO2, NOx i PM. Font: Matlab Simroute. 81

Figura 28. Passos fronterers per carretera. Font: Observatorio hispano-francés de Tráfico en los Pirineos. 84

Figura 29. Vies de connexió. Font: Observatorio hispano-francés de Tráfico en los Pirineos. 85

Figura 30. IMD vehicles pesats. Font: Observatorio hispano-francés de Tráfico en los Pirineos. ... 86

Figura 31. Mapa de la distribució de mercaderies. . Font: Observatorio hispano-francés de Tráfico en los Pirineos. 88

Figura 32. Hores navegades Cruise Roma. Font: EMSA / THETIS – MRV 99

Figura 33. Consum de fuel i emissions de Co2 del Cruise Roma. Font: EMSA / THETIS-MRV 100

Figura 34. Eficiència energètica del Cruise Roma. Font: EMSA / THETIS - MRV 100

Figura 35. Hores navegades Humbria Seaways. Font: EMSA / THETIS – MRV..... 101

Figura 36. Consum de fuel i emissions de Co2 del Humbria Seaways. 101

Figura 37. Eficiència energètica del Humbria Seaways. Font: EMSA / THETIS – MRV 102

Figura 38. Fitxa tècnica Cruise Roma part 1/2. Font: Màster en Nàutica i Gestió del Transport Marítim. 103

Figura 39. Fitxa tècnica Cruise Roma part 2/2. Font: Màster en Nàutica i Gestió del Transport Marítim. 104

Figura 40. Fitxa tècnica Humbria Seaways. Font: Màster en Nàutica i Gestió del Transport Marítim. 105

Llistat de Taules

Taula 1. Comparació d'emissió de tones de CO_2 4

Taula 2. Resultats de la simulació en gràfica. Elaboració pròpia. 36

Taula 3. Quadre de temps. Elaboració pròpia 44

Taula 4. Costos interns de la ruta Barcelona - Civitavecchia. Elaboració pròpia. 47

Taula 5. Taula comparativa dels costos interns. Elaboració pròpia 48

Taula 6. Taula d'emissions per a un motor dièsel Euro VI. Font: EEA. Elaboració pròpia. 50

Taula 7.Taula de costos per tona d'emissió. Font: ICF, projecte REALISE. Elaboració pròpia. 51

Taula 8. Costos externs de la ruta Barcelona - Civitavecchia. Elaboració pròpia. 51

Taula 9. Característiques del vaixell seleccionat. Elaboració pròpia. 52

Taula 10. Costos interns del transport marítim. Elaboració pròpia. 58

Taula 11. Costos interns per FEU. Elaboració pròpia 59

Taula 12. Costos de les emissions. Font: Porjecte REALISE. Elaboració pròpia 61

Taula 13. Costos externs totals. Elaboració pròpia 62

Taula 14. Costos externs per FEU. Elaboració pròpia 62

Taula 15. Ingressos totals. Elaboració pròpia. 66

Taula 16. Ingressos i costos per trajecte. Elaboració pròpia. 67

Taula 17. Ingressos per a cobrir costos. Elaboració pròpia. 67

Taula 18. Taula comparativa dels costos interns. Elaboració pròpia. 70

Taula 19. Taula comparativa dels costos externs. Elaboració pròpia. 72

Taula 20. Taula comparativa dels temps. Elaboració pròpia. 74

Taula 21. Característiques del vaixell seleccionat. Elaboració pròpia 75

Taula 22. Costos interns del transport marítim. Elaboració pròpia. 80

Taula 23. Costos interns per FEU. Elaboració pròpia. 80

Taula 24. Costos de les emissions. Font: Porjecte REALISE. Elaboració pròpia. 82

Taula 25. Costos externs totals. Elaboració pròpia. 83

Taula 26. Costos externs per FEU. Elaboració pròpia 83

Taula 27.Transport de mercaderies en milions de tones. Font: Observatorio hispano-francés de Tráfico en los Pirineos. Elaboració pròpia. 87

Capítol 1. El transport marítim de curta distància a Europa

1.1. Definició

El transport marítim de curta distància (TMCD) o Short Sea Shipping[1], és el moviment de mercaderies i passatgers entre ports de la Unió Europea y també entre ports no europeus que consten d'una línia de costa en els mars que rodegen Europa.

Aquest tipus de transport a Europa també s'aplica entre els Estats membres de la Unió i Noruega, Islàndia i altres països del Mar Mediterrani, Bàltic i Negre. Inclou també el cabotatge interior de cada país y els serveis entre els ports continentals y els ports insulars del mateix país.

Aquesta modalitat de transport és una opció atractiva per a les empreses que necessiten moure mercaderies a través d'Europa de forma eficient, ja que permet reduir els costos logístics i també disminuir les emissions de CO_2 en comparació amb altres modes de transport, com ara el transport per carretera o per avió.

El transport marítim de curta distància també pot ser una solució efectiva per a la descongestió dels ports i carreteres, així com per a la millora de la connectivitat entre diferents regions d'Europa.

1.2. Alternativa al transport terrestre

Està regulat per la normativa comunitària i la legislació vigent i abasta gairebé tot el tràfic marítim amb origen i destí no transoceànic dels ports europeus. Permet oferir uns serveis molt competitius ja que contribueix de forma eficaç a la intermodalitat marítimo-terrestre per a mercaderies i passatgers, sobretot amb el transport de carretera. Així mateix els serveis marítims regulars del transport marítim de curta distància permeten integrar en la cadena marítimo-terrestre un servei porta a porta que destaca per la seva elevada relació qualitat preu, oferint una alternativa força competitiva a la cadena terrestre pura.

[1] (European Comission, 2020)

En el transport marítim de curta distància té una espacial rellevància els serveis regulars tipus Ro-Ro. En aquesta modalitat de transport de carga rodada, el transport per carretera utilitza el transport marítim com a infraestructura alternativa a la carretera.

En l'actualitat, milions de camions utilitzen aquests serveis en lloc de travessar passos fronterers com el de La Jonquera. En aquest sentit l'arc euromediterrani té una alta viabilitat tècnic-econòmica i té un important desenvolupament futur.

Cal destacar també en l'arc atlàntic, en el que els ports situats en la zona de l'Atlàntic Nord disposen d'una major concentració de càrregues ja que estan pròxims a les grans àrees de producció i consum europees. Aquests, són ports que possibiliten la consolidació de serveis de transport marítim de curta distància que ja existeixen, amb altres ports més llunyans com els situats en la zona cantàbrica de la Península Ibèrica.

1.3. Avantatges

A continuació s'exposaran els principals avantatges que el TMCD suposa en els diferents àmbits com el medi ambient, la seguretat, la congestió o els costos associats.

1.3.1. Major eficiència energètica

Es defineix com a eficiència energètica l'optimització del consum energètic amb l'objectiu de reduir la quantitat d'energia requerida per proporcionar productes i serveis. Un procés és energèticament eficient quan consumeix una quantitat inferior d'energia mitjana per a realitzar una activitat. L'ús de l'energia d'una forma més eficient es tradueix bàsicament en la utilització de menys quantitat de combustible y per tant, la producció de menys quantitat d'emissions de gasos perjudicials que van a parar a l'atmosfera.

El transport marítim es coneix com el transport el qual gaudeix d'una major eficiència energètica, sobretot en comparació amb el transport per carretera. Això vol dir que l'energia consumida per tona i quilòmetre d'un vaixell, és menor als consums d'energia de la resta de transports.

Tot i els bons resultats aportats en quant a eficiència energètica per part del transport marítim, organitzacions internacionals segueixen apostant per aconseguir una mobilitat cada cop més sostenible.

L'organització internacional que més projectes engloba per a fer del transport marítim més sostenible és la OMI (Organització Marítima Internacional).

La OMI va crear el dia 1 de març de 2020 el Departament d'Associacions i Projectes (DAP) el qual serveix com a porta d'entrada per a desenvolupar oportunitats d'associació amb una àmplia gama de socis externs com poden ser els Estats membres de la OMI, les agències de la ONU, les institucions financeres, les ONG, les OIG i el sector privat.

Aquest nou departament serveix per a augmentar el repertori de projectes a llarg termini en relació a la sostenibilitat del transport marítim. Un dels principals projectes és ajudar als Estats membres a complir amb l'agenda 2030 del desenvolupament sostenible, on hi figuren 17 objectius.

1.3.2. Respectuós amb el medi ambient

L'eficiència energètica (menor consum energètic amb el mateix rendiment) del transport marítim, comporta que a la vegada es produeixi una menor emissió de contaminants a l'atmosfera. Així doncs veiem que el terme "eficiència energètica" i "respectuós amb el medi ambient" són dos termes que van lligats de les mans i treballant els dos junts es pot arribar al ja nombrat desenvolupament sostenible del transport, en aquest cas del marítim.

El transport marítim de curta distància en comparació amb els altres mètodes de transport de mercaderies o persones, es situa en el mètode de transport més respectuós del medi ambient degut a les quantitats d'emissions de diòxid de carboni (CO_2) per tona i quilòmetre.

En la imatge següent pertanyent a un estudi de la IMO es comparen les emissions de CO_2 entre el transport per carretera, el marítim i l'aeri. Un portacontenidors de 18.000 TEU emet 3 grams de CO_2 per cada 1 t/km, un camió de més de 40 tones emet 80 grams de CO_2 i un avió Boeing 747 amb una capacitat de 113 tones emet 435 grams de CO_2.

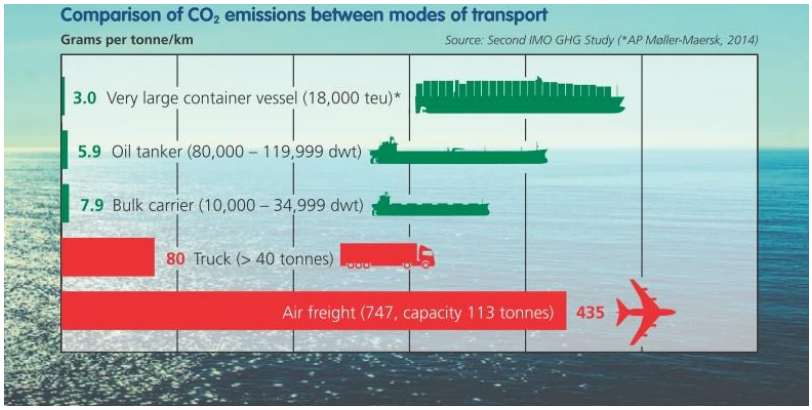


Figura 1. Comparació d'emissió de CO2. Font: IMO

Un altre exemple és un estudi que va fer la companyia francesa Guayapi[2] (especialitzada en la venta de complements alimentaris). Aquest estudi es va basar en fer un anàlisi comparatiu entre les emissions que es produïen al transportar 16.098 pots de 70g. El transport era des de Manaos, Brasil, fins a París, i les dos alternatives eren el transport per vaixell o per avió.

[2] (Revista Ingeniería Naval, 2017)

Des de Manaos fins al port de Belén (1.600 km) els pots van ser transportats mitjançant un camió i es va emetre una quantitat de 0,0258 t de CO_2. Aquí es van presentar les dues opcions:

1. Vaixell entre Belén i Le Havre, viatge en el qual s'emet 0,1456 t de CO_2, més el viatge de Le Havre fins a París el qual es realitza per carretera emetent 0,0522 t de CO_2.
2. Avió entre Belén i París emetent 10,4241 t de CO_2.

Un cop la mercaderia es a París, aquesta ha de ser distribuïda als diferents proveïdors que aquests posaran finalment el producte a disposició del client. Aquesta distribució a proveïdors i clients finals té una emissió de 38,0636 t de CO_2 (més del que s'ha emès en avió).

	Alternativa vaixell	**Alternativa avió**
Camió (Brasil)	0,0258t	0,0258t
Vaixell (Brasil-França)	0,1456t	-
Avió (Brasil-França)	-	10,4241t
Camió (França)	0,0522t	-
Distribució (França)	38,0636t	38,0636t
TOTAL	**38,2878t**	**48,5135t**

Taula 1. Comparació d'emissió de tones de CO_2.

Com es pot observar en l'anterior taula, l'emissió de CO_2 en l'alternativa del transport en avió és major a l'alternativa en vaixell. Es pot destacar també de la taula que la major emissió de CO_2 la té la part final del procés, la qual és la distribució final del producte des de una central fins als proveïdors i clients, la qual es fa a través de molts camions.

Tot i ser el mètode de transport més sostenible en quant a emissions de CO_2, també ens hem de centrar en altres tipus d'emissions. La industria marítima ha de perfeccionar, evolucionar i desenvolupar motors i calderes dels quals els gasos que emetin, continguin menors concentracions de productes contaminants com per exemple el diòxid de sofre (SO_2) o el diòxid de nitrogen (NO_2). Ja que els 15 vaixells de càrrega més grans del món emeten tant NOx i SOx com 760 milions de cotxes. [3]

[3] (Bravo & Buschell, 2019)

1.3.3. Menors costos externs

En el sector del transport, com a qualsevol sector productiu hi ha associades unes externalitats les quals els seus costos no són assumits pels usuaris del transport directament, sinó que estan sent assumits per tota la societat.

Els costos externs són els costos per a la societat, que sense una política d'intervenció de l'administració, no es tenen en compte pels usuaris del transport. El sector del transport genera una sèrie de danys que tenen un cost per a la societat del quals no se'n fa càrrec directament, aquests són els costos externs els quals poden ser per exemple les pèrdues de temps a altres conductors per congestió, accidents, problemes de salut degut a sorolls, problemes de salut degut a la contaminació, contaminació atmosfèrica, etc. Aquests costos, és important que els diferenciem dels costos interns, que són els que estan directament relacionats a càrrec de l'usuari com per exemple el desgast del vehicle o el cost de combustible del vehicle.

Des d'un punt de vista socioeconòmic, la implantació i promoció de un mode de transport amb reduïts costos externs, com és el cas del transport marítim de curta distància, és un progrés en la societat i en el desenvolupament de la optimització del seu benestar.

1.3.4. Major seguretat

Gràcies a la gran implicació d'organismes internacionals com l'Organització Internacional Marítima (OMI) i l'adopció dels seus convenis com el Conveni internacional per a la seguretat de la vida humana al mar (SOLAS), podem afirmar que el transport per medi marítim és el més segur en quant a accidents humans i mediambientals.

Tot i que en els darrers anys han hagut accidents humans importants com és el cas del Costa Concordia i mediambientals com el del Prestige, el transport marítim no deixa de ser el més segur i cada any, amb ajuda de les restrictives normatives hi ha menys casos d'accidents.

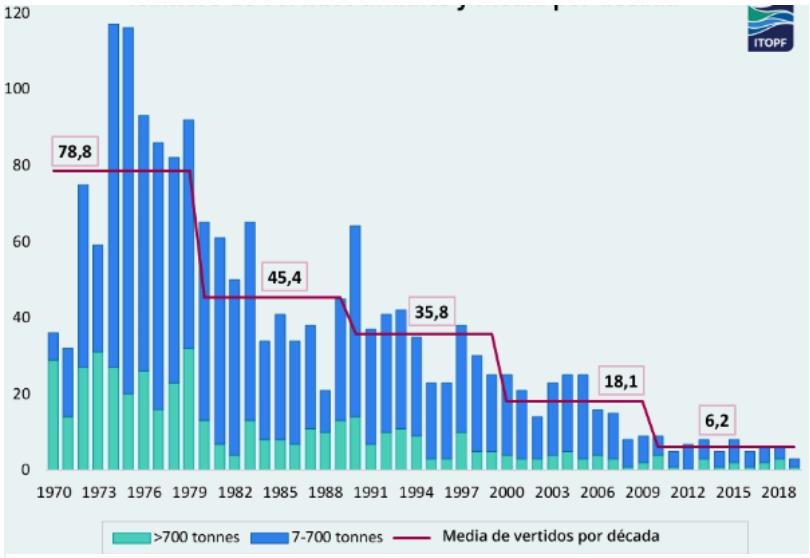


Figura 2. Vertits anuals i mitja per dècada. Font: ANAVE

Com es pot observar, en les últimes dècades, la incidència de vessaments accidentals de petroli ha disminuït dràsticament. El nombre de vessaments de 7 tones o més a la dècada de 1970 va ser d'una mitjana de 78,8 anuals. Mentre que en comparació amb la última dècada, des del 2010 la mitjana anual és de 6,2 vessaments de 7 tones o més. La reducció de vessaments accidentals és major al 90% en el pas dels últims 50 anys.[4]

1.4. Desavantatges

El transport marítim de curta distància, també té les seves desavantatges en vers del transport per carretera, com poden ser unes desavantatges econòmiques, administratives i operatives.

1.4.1. Desavantatges econòmiques

La inversió inicial per a poder crear un servei marítim com una naviera o una línia marítima de transport de curta distància és molt elevada en comparació amb la creació d'una empresa de transport per carretera i la implantació de les seves corresponents rutes. Per tant, per a poder entrar en aquest sector del transport marítim cal demostrar moltes proves de rendibilitat financera i econòmica del servei abans de poder instaurar-lo.

A part dels costos d'una flota de vaixells els quals superaran en molts milions els costos d'una flota de camions, hi ha altres despeses majors com pot ser l'abanderament del vaixell, l'adopció de totes les mesures de seguretat a bord per complir les lleis, el pagament de l'assegurança, etc.

Altres despeses són la utilització de les infraestructures portuàries pel qual s'ha de pagar un preu, que en comparació amb el transport terrestre ja sigui per carretera o per tren, no s'ha de pagar per aquestes infraestructures ja que majoritàriament són finançades per l'Estat (carreteres, autovies, túnels, vies del tren). El vaixell dins del port no només es limitarà a pagar l'ús de les infraestructures portuàries, sinó que també haurà d'afrontar despeses com el practicatge, el servei de remolc i amarra i l'estiba o desestiba de la càrrega entre d'altres.

[4] (Asociación de Navieros Españoles (ANAVE), 2020)

1.4.2. Desavantatges administratives

Des del moment en el que el vaixell està amarrat i atracat, els oficials i els representants a terra han de presentar a les autoritats corresponents gran quantitat de documents, relatius al vaixell, a la tripulació, a la càrrega que es transporta, la que es vol descarregar, etc.

Juntament amb aquests procediments, s'hi poden sumar també inspeccions duaneres que poden comportar endarreriments en les operacions de transport que afecten a la cadena logística.

Si les autoritats competents no donen la seva conformitat i el vistiplau, no es pot començar a operar la càrrega que es transporta i per tant l'endarreriment serà significatiu. Mentre que en el transport per carretera en comparació amb el marítim només haurà de presentar la carta de port en carretera CMR.

1.4.3. Desavantatges operatives

El transport marítim, igual que el transport per ferrocarril, és impossible que puguin efectuar un servei de transport de mercaderies "porta a porta", ja que s'ha de transportar la mercaderia fins a les infraestructures portuàries per poder-la carregar al vaixell, i un cop el vaixell hagi arribat al seu port de destí, aquesta càrrega haurà de ser transportada cap al seu client final mitjançant el transport terrestre. Es per això que el TMCD és considerat un tipus de transport intermodal, ja que només es farà servir en un tram del transport. En canvi, el transport purament per carretera si que podrà oferir el servei "porta a porta" ja que és un sistema de transport unimodal el qual recollirà la mercaderia on se li demani i la deixarà a la porta del client.

En comparació amb el transport unimodal terrestre, pertany a una cadena logística en el que hi intervenen moltes més persones i més tipus de transport, per tant, per compaginar aquesta cadena logística es necessitarà més operadors logístics i organització per a realitzar un bon servei.

Un altre desavantatge és que el transport per carretera disposa d'una major flexibilitat en quant a destí i horaris, mentre que els vaixells han d'adaptar-se a uns horaris i destins preestablerts, a part que l'operativa portuària no està funcionant totes les hores del dia ni tots els dies de l'any.

1.5. Marc legal a la UE

El transport es un sector imprescindible el qual permet la mobilitat de les persones i el funcionament de l'economia ja que es fonamental en l'abastiment i la distribució. En concret, el transport marítim de curta distancia serveix com a enfortiment de les xarxes transeuropees, per tant ha d'estar regulat i legislat per tal de que funcioni correctament.

Es per això que la Comissió Europea el 1992 va publicar un Llibre Blanc sobre la política comú del transport, que es va dedicar a la apertura del mercat.

Casi deu anys després es va publicar el Llibre Blanc del 2001[5] que emfatitzava la necessitat de crear un sistema de transport capaç d'equilibrar els medis de transport, controlar el creixement del transport aeri, fomentar el transport marítim i fluvial i fer créixer la importància del ferrocarril.

L'actual Llibre Blanc és del 2011 i lluita per fomentar la mobilitat, eliminar obstacles en les zones clau i potenciar el creixement i l'ocupabilitat, és per això que aquest Llibre Blanc s'anomena *"Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: por una política de transportes competitiva y sostenible"***,** el qual l'objectiu principal és el de reduir el 60% de les emissions de CO_2 provinents del sector del transport per al 2050. Les 10 iniciatives que s'han proposat per aconseguir-ho són[6]:

1. *Reducir a la mitad el uso de automóviles de «propulsión convencional» en el transporte urbano para 2030; eliminarlos progresivamente en las ciudades para 2050; lograr que la logística urbana de los principales centros urbanos en 2030 esté fundamentalmente libre de emisiones de CO2.*
2. *Llegar a una cuota del 40 % de combustibles sostenibles hipocarbónicos en el sector aéreo para 2050; reducir, también para 2050, las emisiones de CO2 de la UE procedentes del fuelóleo para calderas del sector marítimo en un 40 % (y si es possible, en un 50%).*
3. *Intentar transferir a otros modos, como el ferrocarril o la navegación fluvial, de aquí a 2030, el 30 % del transporte de mercancías por carretera, y para 2050, más del 50 %, apoyándose en corredores eficientes y ecológicos de tránsito de mercancías. Para cumplir este objetivo también será preciso desarrollar la infraestructura adecuada.*
4. *Para 2050, completar una red europea de ferrocarriles de alta velocidad. Triplicar la longitud de la red existente de ferrocarriles de alta velocidad para 2030 y mantener una densa red ferroviaria en todos los Estados miembros. En 2050, la mayor parte del transporte de pasajeros de media distancia debería realizarse por ferrocarril.*

[5] COM (2001) 370: White Paper – European transport policy for 2010: time to decide.
[6] (Comisión Europea, 2011)

5. *Disponer para 2030 de una «red básica» de RTE-T que cubra toda la UE, multimodal y plenamente operativa, con una red de alta calidad y capacidad para 2050 y el conjunto de servicios de información correspondiente.*
6. *De aquí a 2050, conectar todos los aeropuertos de la red básica a la red ferroviaria, preferiblemente de alta velocidad; garantizar que todos los puertos de mar principales estén suficientemente conectados con el sistema ferroviario de transporte de mercancías y, cuando sea posible, con el sistema de navegación interior.*
7. *Implantar la infraestructura de gestión del tráfico aéreo modernizada (SESAR) en Europa para 2020 y finalizar la construcción de la Zona Europea Común de Aviación. Implantar sistemas equivalentes de gestión del transporte para el transporte terrestre, marítimo y fluvial (ERTMS, ITS, SSN y LRIT, RIS). Implantar el sistema global de navegación por satélite europeo (Galileo).*
8. *Para 2020, establecer el marco para un sistema europeo de información, gestión y pago de los transportes multimodales.*
9. *De aquí a 2050, aproximarse al objetivo de «cero muertes» en el transporte por carretera. En línea con este objetivo, la UE se ha fijado la meta de reducir a la mitad las víctimas de la carretera para 2020. Asegurarse que la UE es líder mundial en seguridad y protección en el transporte en todos los modos de transporte.*
10. *Avanzar hacia la aplicación plena de los principios del «usuario pagador» y de «quien contamina paga» y del compromiso del sector privado para eliminar distorsiones, incluidas subvenciones perjudiciales, generar ingresos y asegurar la financiación para futuras inversiones en transportes.*

El 12 d'abril de 2005 va haver una resolució al Parlament Europeu sobre el TMCD *(2004/2161(INI))*[7] En aquesta resolució, es va definir el TMCD així:

A. *Considerando que el transporte marítimo de corta distancia es el transporte de pasajeros y mercancías por mar o vías fluviales y forma parte de la cadena logística de transporte en Europa y de las regiones conectadas con Europa; considerando que el transporte marítimo de corta distancia forma parte integrante de la cadena logística de transporte entre abastecedores y usuarios y es un medio de transporte marítimo y fluvial de la Europa geográfica, bien a escala intracomunitaria o entre la Unión Europea y terceros países, como los países mediterráneos o del mar Negro,*

[7] (Unión Europea, 2005)

I defineix els seus objectius com:

B. *Considerando que la recién concebida red transeuropea de autopistas del mar, especialmente las autopistas del mar Báltico y de la Europa occidental, sudoriental y sudoccidental, debería perseguir el objetivo de concentrar el flujo de mercancías en trayectos logísticos marítimos, de forma que mejoren las conexiones de transporte marítimo de corta distancia o se creen nuevos enlaces viables, regulares y frecuentes para el transporte de pasajeros y mercancías entre los Estados miembros, con vistas a disminuir la sobrecarga de las carreteras y/o mejorar los enlaces con regiones y países periféricos o insulares,*

Règim europeu uniforme de responsabilitat:

1. *Pide que se reactive la reflexión a nivel comunitario sobre la unificación del régimen jurídico comunitario de responsabilidad de la cadena multimodal, examinando, en particular, los diferentes modelos de responsabilidad civil posibles y participando activamente en los trabajos realizados a nivel internacional, en particular en el seno de la Comisión de las Naciones Unidas para el Derecho Mercantil Internacional (CNUDMI), con el objetivo de lograr una reglamentación uniforme mundial y/o europea de la responsabilidad, que esté adaptada a las necesidades del transporte intermodal en Europa y ofrezca un régimen más uniforme, más simple y más ventajoso;*

En quant a les duanes, cada comunitat es regirà per la seva legislació aduanera:

12. *Recuerda que, como modo de transporte marítimo de mercancías, el transporte marítimo de corta distancia depende de la legislación aduanera de la Comunidad;*

13. *Se pronuncia a favor de hacer un uso óptimo de las exoneraciones que ofrece la reglamentación aduanera comunitaria y de promover la facilitación aduanera practicada en los regímenes simplificados para las mercancías en libre prestación en el marco de servicios de líneas regulares autorizados;*

Sobre les autopistes del mar en destaca la seva importància i utilitat com a sistema intermodal combinat amb el transport per carretera:

26. *Reconoce la gran importancia que reviste el concepto de «autopistas del mar» y su capacidad para convertirse en un instrumento útil para la promoción del transporte marítimo de corta distancia, que permitirá aplicar medidas de fomento, principalmente cofinanciando infraestructuras cuando resulte conveniente, con miras a la transferencia modal de la carretera hacia el mar, así como para mejorar de forma adecuada la accesibilidad entre las regiones periféricas e insulares y las zonas centrales del mercado;*

Referint-se al medi ambient la política està enfocada a utilitzar combustibles baixos en sofre i reduir les emissions atmosfèriques i aquàtiques per fer del transport marítim un medi més sostenible i eficient. Així es va dictar a la resolució del Parlament Europeu:

22. *Recuerda la necesidad de que se promueva la imagen medioambiental positiva del transporte marítimo de corta distancia, en particular en lo que se refiere a la contaminación acuática y atmosférica, y, por ende, la necesidad de que se establezcan requisitos medioambientales mínimos, como el uso de combustibles con bajo contenido en azufre, así como límites de emisiones (SOX, NOX, COx, etc.) atmosféricas y acuáticas; opina que se ha de prestar más atención a la promoción del concepto de buque limpio, aprobado en la quinta Conferencia ministerial sobre el mar del Norte, celebrada en 2002.*

23. *Subraya, no obstante, la necesidad de disponer de legislación comunitaria más estricta sobre las emisiones de gases y la contaminación de las aguas, generadas por el transporte marítimo de corta distancia;*

Capítol 2. Les autopistes del mar

2.1. Concepte

El terme d'autopista del mar va aparèixer per primera vegada al Llibre Blanc de Transports presentat per la Comissió Europea el 12 de setembre de l'any 2001 i es va definir com a corredor de transport marítim intensiu en la Unió Europea que consta d'una xarxa de quatre autopistes per a la connexió marítima de diversos ports, que a la mateixa vegada estan units a xarxes europees i corredors intermodals per tal de disminuir l'impacte ambiental del transport per carretera, evitar el col·lapse del trànsit a la xarxa de carreteres europees i oferir una alternativa de transport eficient amb la combinació del transport marítim i fluvial.

A l'any 2004 s'hi va establir un marc legal d'ajuts per a fomentar-les, ja que són un eix prioritari de desenvolupament.

2.2. Objectius

Els objectius són el desenvolupament de les capacitats portuàries de manera que es puguin connectar millor les regions perifèriques del continent europeu i interconnectar les xarxes dels Estats membres de la Unió Europea amb les dels països candidats a l'adhesió.

Les rutes han de complir amb uns criteris de qualitat i han d'eludir els punts de congestió que hi ha als Alps, als Pirineus i al Canal de la Mànega. També han de contribuir a un estalvi energètic, una reducció de la contaminació i un trànsit més fluid en la xarxa del transport terrestre.

L'eficiència de la xarxa pot dependre molt de la qualitat de les terminals portuàries ja que han d'assegurar una càrrega i descàrrega molt ràpida dels passatgers i les mercaderies.

2.3. *Les diferents autopistes*

Actualment existeixen les següents autopistes:

1. *Autopista del mar Bàltic: comunica els països de la Unió Europea del mar Bàltic amb els d'Europa Central i de l'Oest.* L'autopista del mar del Mar Bàltic és una de les autopistes del mar més importants d'Europa, ja que connecta diversos països de la zona i té un gran potencial per millorar la connectivitat dels ports i fomentar el transport de mercaderies per via marítima.
2. Autopista del mar d'Europa Occidental: aquesta autopista comunica Espanya i Portugal amb el Mar del Nord a través de l'arc atlàntic.
3. Autopista del mar d'Europa sud-oriental: serveix per a comunicar l'àrea del Mediterrani més oriental i el Mar Adriàtic amb el Mar Jònic incloent Xipre.
4. Autopista del mar d'Europa sud-occidental: comunica Espanya, França, Itàlia i Malta amb l'autopista del mar d'Europa sud-oriental, per arribar fins al Mar Negre.

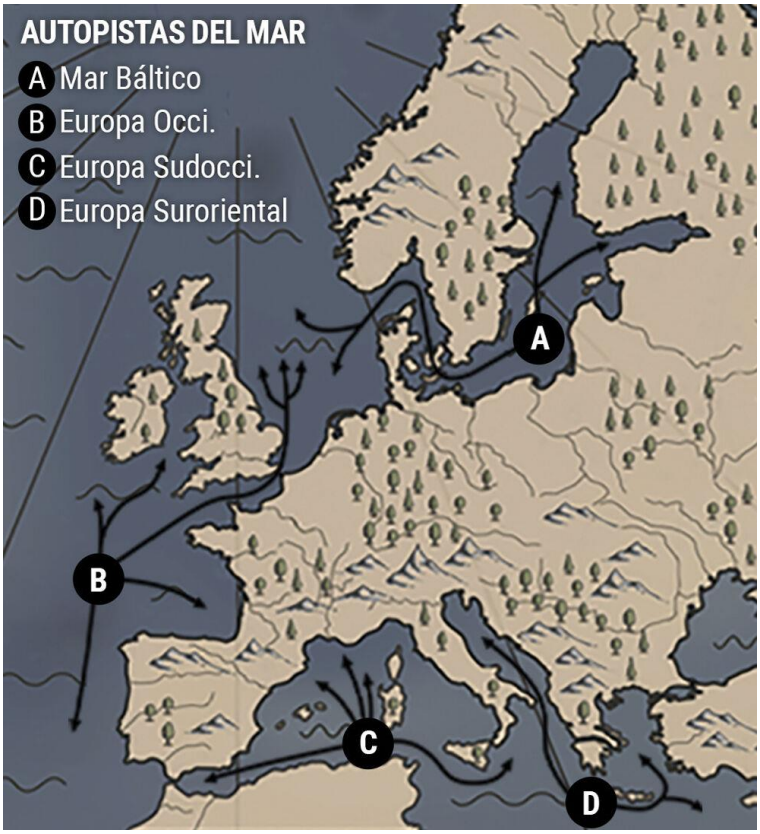


Figura 3. Autopistas del mar. Font: El Mundo

2.4. La integració de les autopistes del mar a les xarxes TEN-T

2.4.1. Concepte de les TEN-T

Les Xarxes Transeuropees de Transport (TEN-T) són una sèrie d'infraestructures de transport que connecten diferents països i regions de la Unió Europea per millorar la mobilitat de persones i mercaderies. Aquestes xarxes es divideixen en tres categories:

1. Xarxes Transeuropees de Transport (TEN-T): es centren en la millora del transport a tota Europa. Aquestes xarxes inclouen les vuit xarxes principals de transport, com la Xarxa Transeuropea de Transport Central, la Xarxa Transeuropea de Transport del Nord, la Xarxa Transeuropea de Transport de l'Est, la Xarxa Transeuropea de Transport del Mediterrani, la Xarxa Transeuropea de Transport del Sud-oest, la Xarxa Transeuropea de Transport de l'Atlàntic, la Xarxa Transeuropea de Transport del Rin i la Xarxa Transeuropea de Transport del Bàltic-Adriàtic.

2. Xarxes Transeuropees d'Energia (TEN-E): se centren en la millora i modernització de la infraestructura energètica a Europa, incloent la producció, transport i distribució d'electricitat, gas i petroli.

3. Xarxes Transeuropees de Telecomunicacions (TEN-T): se centren en la millora de la infraestructura de telecomunicacions a Europa, incloent la banda ampla, les xarxes mòbils i la interconnexió de xarxes de comunicació electrònica.

Aquestes xarxes estan finançades i coordinades per la Unió Europea amb l'objectiu de promoure una integració econòmica i social més forta entre els Estats membres i millorar la competitivitat de l'economia europea en el context global.

2.4.2. Les diferents TEN-T

Les Xarxes Transeuropees de Transport estan formades per les següents:

1. Xarxa Transeuropea de Carreteres (TEN-T Carretera): millora les connexions carreteres transfrontereres, incloent carreteres principals, trajectes d'evitació i sistemes de recollida de dades del trànsit.
2. Xarxa Transeuropea de Ferrocarril (TEN-T Ferrocarril): connecta les regions europees mitjançant una xarxa ferroviària de velocitat alta i estàndards tècnics comuns.
3. Xarxa Transeuropea de Vies Navegables Interiors (TEN-T Vies Navegables): connecta els ports interiors, les centrals hidroelèctriques i altres instal·lacions per millorar la navegació interior.

4. Xarxa Transeuropea de Ports (TEN-T Ports): millora l'accessibilitat, la seguretat i l'eficiència dels ports europeus.
5. Xarxa Transeuropea d'Aeroports (TEN-T Aeroports): millora les connexions entre els aeroports europeus i fomenta l'ús de tecnologies de transport aeri més sostenibles.
6. Xarxa Transeuropea de Transport Combinat (TEN-T Transport Combinat): millora la connexió entre els diferents modes de transport (ferroviari, marítim i carreteres) per optimitzar el transport de mercaderies.
7. Xarxa Transeuropea de Gestió de Càrregues (TEN-T Càrrega): facilita l'intercanvi d'informació entre les autoritats de transport per millorar la gestió del transport de mercaderies i la logística.
8. Xarxa Transeuropea de Gestió de Tràfic Aeri (TEN-T Tràfic Aeri): millora la seguretat i l'eficiència dels serveis de trànsit aeri a Europa, incloent la coordinació dels diferents proveïdors de serveis de navegació aèria.

2.4.3. Corredors de les TEN-T

La Xarxa Transeuropea de Transport (TEN-T) està formada per nou corredors o eixos de transport que connecten els diferents països i regions de la Unió Europea. Aquests corredors són els següents[8]:

1- El Corredor Atlàntic s'estén des dels ports de la Península Ibèrica fins al port de Le Havre al nord de França, passant per les ciutats de Estrasburg i Mannheim a la frontera franco-alemanya. El component ferroviari del corredor disposarà de noves línies de tren d'alta velocitat i línies convencionals paral·leles, proporcionant continuïtat transfronterera entre Lisboa, Madrid, París, Estrasburg, Mannheim i Le Havre. El corredor té una forta dimensió multimodal, utilitzant rutes ferroviàries, carreteres, vies navegables interiors i marítimes.

2- El Corredor Bàltic-Adriàtic és un dels eixos viaris i ferroviaris trans-europeus més importants d'Europa Central. S'estén des dels ports bàltics de Gdansk, Gdynia, Szczecin i Świnoujście al nord, fins als ports adriàtics de Koper, Trieste, Venècia i Ravenna al sud, passant per les regions industrials de Polònia central i meridional, abans de creuar les fronteres de la República Txeca, Eslovàquia, Àustria i Eslovènia en la seva ruta cap al sud cap a Itàlia i Eslovènia.

[8] Definicions adaptades de la Comissió Europea de Mobilitat i Transports (Comissió Europea, 2022)

3- El Corredor Mediterrani és l'eix principal d'est a oest de la xarxa TEN-T al sud dels Alps. S'estén des de la regió sud-oest del Mediterrani d'Espanya fins a la frontera ucraïnesa amb Hongria, seguint la costa d'Espanya i França i creuant els Alps cap a l'est a través d'Itàlia, Eslovènia i Croàcia, i continuant a través de Hongria fins a la seva frontera oriental amb Ucraïna. El corredor es compon principalment de carreteres i ferrocarrils, a més del riu Po, diversos canals al nord d'Itàlia i el riu Roine des de Lió fins a Marsella. El corredor té una longitud d'aproximadament 3000 km. Proporciona una connexió multimodal per als ports del Mediterrani occidental amb el centre de la UE. També crea una connexió est-oest a través de la part sud de la UE, contribuint a un canvi modal de la carretera al ferrocarril en zones sensibles com els Pirineus i els Alps.

4- El corredor del Mar Bàltic-Mar del Nord és multimodal i connecta la regió del Mar Bàltic amb els països de la regió del Mar del Nord, millorant l'accessibilitat dels Estats membres del nord i la connexió entre el nord-oest i el nord-est de la Unió Europea. El corredor passa per Bèlgica, els Països Baixos i el nord d'Alemanya, Polònia i després cap al nord a través dels estats bàltics. Des de la seva ampliació el 2021, tota Finlàndia i la part nord de Suècia formen part del corredor, així com una secció a Polònia fins a la frontera amb Ucraïna. Des de la seva ampliació, el corredor del Mar Bàltic-Mar del Nord ara consisteix en 8828 km de ferrocarrils, 6934 km de carreteres i 2839 km de vies interiors navegables.

5- El Corredor del Mar del Nord-Mediterrani s'estén des de la capital escocesa d'Edimburg al nord fins als ports francesos de Marsella i Fos-sur-Mer al sud, passant per Irlanda, Anglaterra, els Països Baixos i París, abans de contornar la frontera francesa/alemanya en ruta cap al sud. Quan estigui complet, el corredor oferirà millorar els enllaços multimodals entre els ports del Mar del Nord, les principals conques fluvials europees (la Maas, Rin, Escalda, Sena, Saona i Roine) i els ports francesos del sud de Fos-sur-Mer i Marsella.

6- El Corredor d'Orient / Est-Mediterrani connecta grans parts d'Europa Central amb els ports dels mars del Nord, Bàltic, Negre i Mediterrani. Es centra en fomentar el desenvolupament d'aquests ports com a plataformes logístiques multimodals importants i proporcionar als centres econòmics d'Europa Central connexions multimodals modernitzades amb les Autopistes del Mar. El corredor incorpora el riu Elba com a via navegable interior clau i millorarà les connexions multimodals entre el nord d'Alemanya, la República Txeca i el sud-est d'Europa. El corredor també proporcionarà una millor connexió amb Xipre.

7- El Corredor Rin-Alpí és una de les rutes de mercaderies més transitades d'Europa. Connecta els ports clau del mar del Nord de Bèlgica i els Països Baixos amb el port mediterrani de Gènova. Les regions que abasta són les més densament poblades i econòmicament fortes d'Europa. En total, més de 70 milions de persones viuen, treballen i consumeixen a la zona de captació del Corredor Rin-Alpí, que també acull diverses empreses líders en fabricació, comerç, plantes de producció i centres de distribució. El corredor passa pel que s'anomena la "banana blava", que inclou importants centres econòmics de la UE, com ara Brussel·les i Anvers a Bèlgica, la regió del Randstad als Països Baixos, les regions alemanyes del Rin-Ruhr i del Rin-Neckar, les regions de Basilea i Zuric a Suïssa i les regions de Milà i Gènova al nord d'Itàlia. Aquest corredor multimodal incorpora el riu Rin com a principal via navegable d'Europa.

8- El Corredor Rin-Danubi és el principal enllaç est-oest a través de l'Europa continental. Seguint el curs del riu Danubi, connecta Estrasburg i el sud d'Alemanya amb les ciutats de Viena, Bratislava i Budapest a Europa Central, abans de passar per la capital romanesa, Bucarest, per acabar al port del Mar Negre de Constanta. Una segona branca del corredor segueix una ruta des de Frankfurt fins a la frontera eslovaca-ucraïnesa, connectant Munic, Praga, Žilina i Košice. Entre els projectes clau situats al llarg del corredor es troben millores per al bon estat de navegació del riu Danubi en tots els països riberencs.

9- El Corredor Escandinau-Mediterrani representa un eix crucial per a l'economia europea. El corredor s'estén des de Finlàndia i Suècia al nord, fins a Malta al sud, passant per Dinamarca, el nord, centre i sud d'Alemanya, el cor industrial del nord d'Itàlia i els ports del sud d'Itàlia. Els projectes més significatius del corredor són el Fehmarnbelt Fixed Link i el túnel de base del Brenner, incloent les seves vies d'accés.

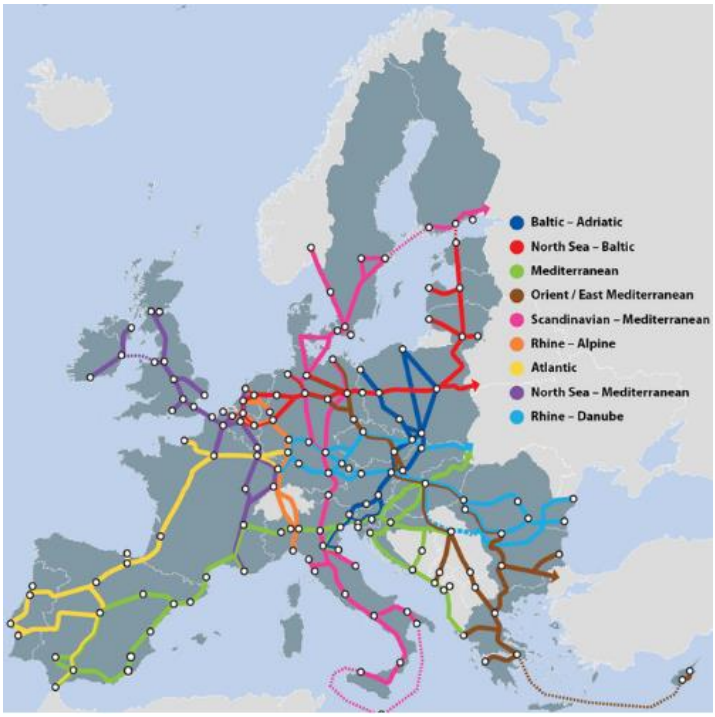


Figura 4. Xarxa troncal de la TEN-T. Font: Large Infrastructure Projects

2.4.4. La integració de les AdM a les TEN-T

La integració de les Autopistes del Mar (AdM) a les xarxes TEN-T (Xarxes Transeuropees de Transport) és un dels objectius prioritaris de la política de la UE en matèria de transport marítim.

Les AdM són una eina important per a la millora de la connexió entre els diferents països de la UE i la reducció de la congestió del tràfic terrestre. Això es deu al fet que permeten la transferència de mercaderies i passatgers entre ports, fent servir vaixells en lloc de camions.

Per aconseguir la integració de les AdM en les xarxes TEN-T, s'han establert una sèrie de mesures, com ara l'establiment de corredors marítims prioritaris, la millora de la intermodalitat entre els ports i altres modes de transport, la creació de centres logístics i la millora de les infraestructures portuàries.

A més, la UE ha establert incentius per a les empreses que fomenten l'ús de les AdM, com ara la reducció de les taxes portuàries, la concessió d'ajuts financers per a la modernització de les infraestructures portuàries o la promoció de les AdM en les polítiques públiques.

En resum, la integració de les AdM a les xarxes TEN-T és clau per a la millora de la mobilitat i la competitivitat de la UE en el sector del transport marítim. Això implica la millora de les infraestructures portuàries i la promoció de la intermodalitat i la cooperació entre els diferents actors del sector del transport.

2.5. Eficiència a partir d'una simulació de les Autopistes del Mar

A continuació mostraré una simulació feta amb el simulador creat per la "Asociación Española de Promoción TMCD"[9]. És tracta d'un simulador en el qual s'introdueix un lloc d'origen i un lloc de destí, escollint una ruta marítima determinada i el simulador et mostra una alternativa per transport marítim combinada amb transport terrestre (si cal) i una alternativa que és el transport terrestre pur.

En aquesta simulació utilitzarem com a lloc de sortida Madrid i de destí Roma. La primera alternativa serà el transport purament terrestre mitjançant un camió des de Madrid fins a Roma, i la segona alternativa serà un transport mitjançant camió des de Madrid fins a Barcelona, a Barcelona el camió s'embarcarà en un Ro-Ro fins a Civitavecchia. El tram final del transport el farà un camió des de Civitavecchia fins a Roma.

Gràcies a aquesta simulació podrem observar i fer una comparació del cost econòmic del viatge, el temps en trànsit del viatge, la distància recorreguda, els costos externs i les emissions de CO_2.

Figura 5. Variables d'origen i destí.

El primer pas per a dur a terme la simulació, és introduir les variables d'origen i de destí. En aquest cas treballarem amb Madrid com a origen i Roma com a destí.

[9] (Asociación Española de Promoción TMCD, 2022)

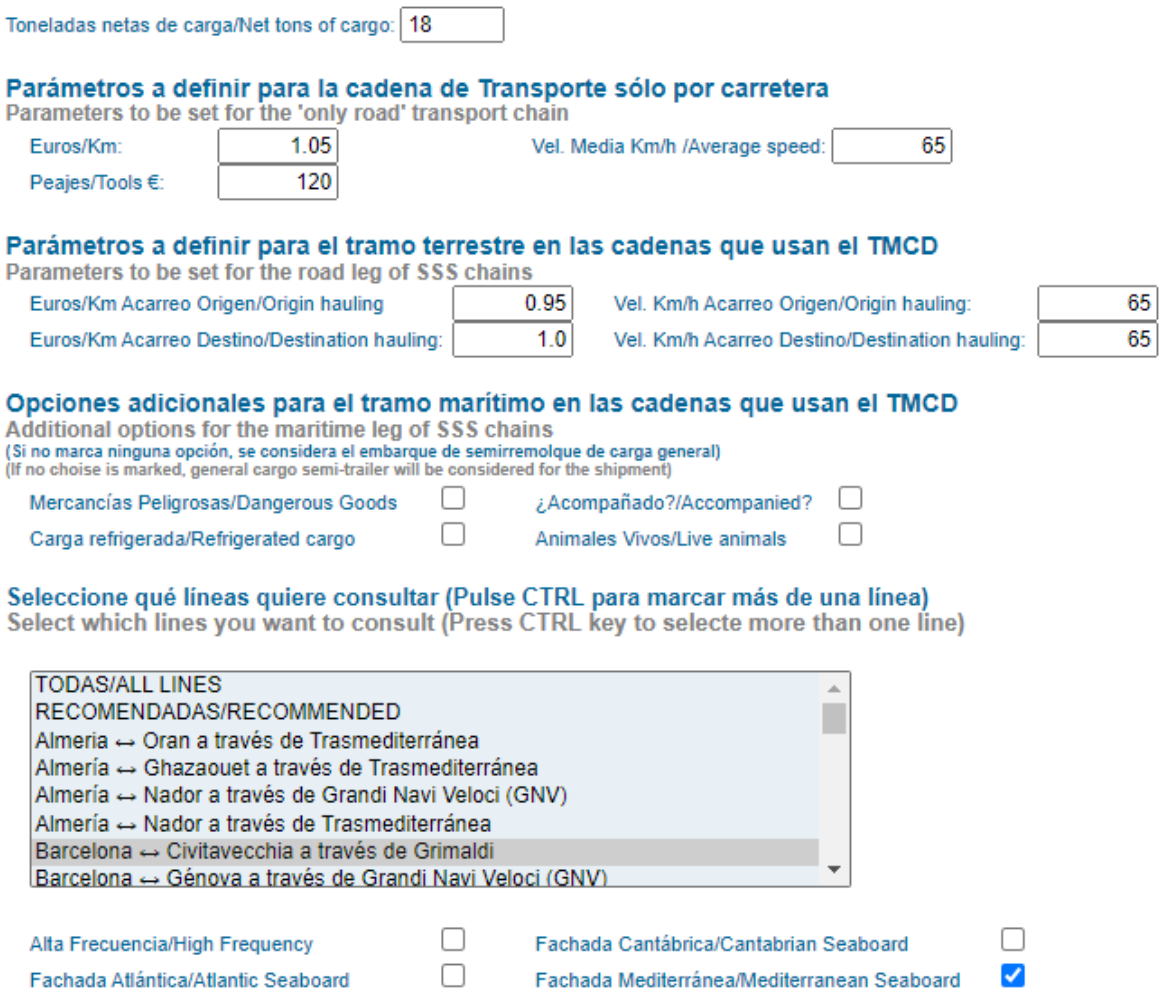


Figura 6. Paràmetres de la simulació.

El següent paràmetre a definir són les tones netes de càrrega, paràmetre el qual ve predeterminat com a 18 tones.

Seguidament es troba una sèrie de paràmetres a definir per a la cadena de transport només per carretera. On hi ha una variable predeterminada que és el cost de 1,05€ per cada km recorregut en camió. Aquesta variable té en compte el consum de gasoil i el desgast d'elements del camió com poden ser els pneumàtics. La velocitat mitjana s'ha establert en 65km/h ja que s'està transportant molt de pes i no es té en compte que el conductor a de parar a descansar cada certes hores i repostar el dipòsit. L'últim paràmetre d'aquesta secció són els diners que es gastaran en peatges des de Madrid fins a Roma, la xifra de 120€ s'ha consultat a una guia de conducció Michelin.

Els següents paràmetres que s'han de definir són semblants als anteriors (cost per km i velocitat mitja), però en aquest cas es tracta del tram que farà el camió des de Madrid a Barcelona i des de Civitavecchia a Roma. Les dades estan definides predeterminadament.

Els següents paràmetres a definir, són referents al tram en vaixell des de Barcelona fins a Civitavecchia. Aquestes opcions alteren el resultat de la simulació en funció de si es transporten mercaderies perilloses, càrrega refrigerada, animals vius o si es transporta acompanyada. Si no es marca cap de les opcions anteriors, es considera que embarca un semiremolc de càrrega general.

Seguidament s'ha d'escollir quina línia marítima es vol fer servir per a transportar la càrrega. El més econòmic i eficient en aquest cas, és seleccionar la línia de Barcelona a Civitavecchia a través de Grimaldi.

Per finalitzar, s'ha de seleccionar per quina façana es vol navegar i la freqüència. En aquest cas s'ha seleccionat la façana Mediterrània i alta freqüència.

Figura 7. Mapa de la simulació amb les dos opcions.

Un cop s'han definit tots els paràmetres anteriors, es realitza la simulació. El primer que s'observa, és un mapa on es veuen traçades les dues opcions.

En blau es veu la opció terrestre mitjançant el camió i en negre s'observa el tram marítim des de Barcelona fins a Civitavecchia

Les traçades venen predeterminades. La secció de carretera està seleccionada segons la opció més ràpida possible, i la marítima està traçada segons la ruta que faci la naviera seleccionada, en aquest cas la Grimaldi.

Cadena de Transporte sólo por carretera /'Only Road' transport Chain

Orig-Dest/From-To	Cost. (Eur)	Tiempo/Transit-Time (Hor)	Dist. (Km)	Cost.Ext/ Ext.Cost (Eur)	Emis CO2 (Kg)
Madrid --> Roma	2,169	65.3	1,952	927	1,869

Cadena Tte Marítimo Corta Dist.(TMCD) /Short Sea Shipping(SSS) Chain

Orig-Dest/From-To	Cost. (Eur)	Tiempo/Transit-Time (Hor)	Dist. (Km)	Cost.Ext/ Ext.Cost (Eur)	Emis CO2 (Kg)
Madrid --> Barcelona	590	11.1	621	295	595
Barcelona --> Civitavecchia	**1,319**	**27.0**	**813**	**97**	**820**
Civitavecchia --> Roma	82	1.3	82	39	79
Total: Madrid * Roma**	**1,871**	**39.3**	**1,516**	**431**	**1,493**

Información sobre el Puerto de Origen/Information about Origin Port: Puerto de Barcelona.

Información sobre la Naviera y el Servicio Marítimo/Information about the shipping Co. and maritime service.

Puerto de Destino/Destination Port: **Puerto de Civitavecchia**

(El flete marítimo es orientativo. Para mayor precisión, consulte a la naviera)

Selecciona la línea marítima /Select a SSS line:

Barcelona-Civitavecchia a través de Grimaldi(1871.349)

Figura 8. Comparativa de simulacions.

Finalment s'arriba a aquesta part de la simulació on es veu per parts el cost total del viatge en euros, el temps que s'ha empleat en hores, la distància en quilòmetres, els costos exteriors en euros i les emissions de CO_2 en quilograms.

Es pot observar que la opció pura de carretera costa 298 euros més que la opció en la que es combina l'ús de camió i vaixell.

En quan al temps es refereix, l'opció intermodal és molt més eficient que la terrestre ja que tarda 26 hores menys en entregar la càrrega de Madrid a Roma, i en un sector on el temps val or són moltes hores.

En el terme de la distància, l'opció intermodal és més eficient ja que no ha de rodejar tota França i baixar mitja Itàlia per carretera, retallant-li finalment 436 km a l'opció del camió.

En els costos externs, l'opció intermodal torna a superar en eficiència a l'opció en camió ja que els costos són 496 euros menors.

Finalment, en quant a les emissions es refereix, l'opció intermodal és més respectuosa amb el medi ambient, emetent així 376 grams menys de CO_2.

Podem concloure doncs que la millor opció en quant a eficiència econòmica, temporal, medi ambiental i de distància, és l'opció intermodal.

Capítol 3. Observatori de costos del transport de mercaderies per carretera

El transport de mercaderies per carretera és un pilar essencial de l'economia global, permetent el moviment eficient de productes i béns a través de distàncies llargues i curtes. No obstant això, aquest sistema de transport també implica una sèrie de costos directes i indirectes que tenen un impacte significatiu en les empreses de transport, els conductors, els clients i la societat en general.

Els costos directes, com l'amortització del vehicle, el finançament, els salaris del personal de conducció, les assegurances, el combustible, els pneumàtics, el manteniment i les despeses del conductor, representen la part més tangible i visible dels costos operatius del transport de mercaderies per carretera. Aquests costos tenen un efecte directe en la rendibilitat de les empreses de transport, i les fluctuacions en el preu del combustible o les despeses d'assegurances poden generar un gran impacte en els seus marges de benefici.

D'altra banda, els costos indirectes són més difícils de quantificar, però no menys importants. Les infraestructures viàries són fonamentals per a aquest mode de transport, i el seu desgast i manteniment representen costos indirectes per a les administracions i governs. A més, la congestió del trànsit és un cost indirecte que afecta negativament l'eficiència del transport de mercaderies, provocant retards en les entregues, un augment del consum de combustible i emissions contaminants addicionals.

A més de l'impacte econòmic, el transport de mercaderies per carretera també té una influència ambiental i social significativa. El consum de combustible i l'emissió de gasos contaminants contribueixen al canvi climàtic i la contaminació de l'aire, amb costos indirectes per a la societat en forma de malalties respiratòries i altres problemes de salut. A nivell social, la seguretat i les condicions laborals dels conductors són factors essencials a tenir en compte, ja que la fatiga i la pressió per complir horaris pot generar riscos d'accidents i afectar la qualitat de vida dels treballadors.

Per abordar aquests costos i millorar la sostenibilitat del transport de mercaderies per carretera, és essencial adoptar un enfocament integral. L'ús de tecnologies més eficients i vehicles amb menor emissió de contaminants pot ajudar a reduir els costos de combustible i l'impacte ambiental. La millora de la planificació logística i la gestió del trànsit poden contribuir a reduir la congestió i els retards, millorant l'eficiència del transport i disminuint els costos operatius. A més, la promoció de les condicions laborals adequades i la seguretat dels conductors no només pot millorar la seva qualitat de vida sinó també reduir el risc d'accidents i les despeses associades.

Els costos del transport de mercaderies per carretera són una consideració clau per a les empreses de transport i les societats. És necessari un enfocament integral i sostenible per reduir aquests costos directes i indirectes, minimitzar l'impacte ambiental i millorar les condicions laborals, garantint així un sistema de transport eficient, segur i respectuós amb el medi ambient.

3.1. Costos del transport de mercaderies per carretera

3.1.1. Metodologia del càlcul

Amortització: És la suma dels costos anuals d'amortització dels diferents elements del vehicle de transport.

Es calcula de la següent forma:

$$\boldsymbol{A = \frac{C - R - N}{v}}$$

A = cost anual de l'amortització en euros

C = valor de l'adquisició sense IVA de l'element de transport en euros

R = valor residual sense IVA de l'element de transport en euros

N = valor sense IVA dels neumàtics de l'element de transport en euros

v = vida útil de l'element de transport en anys

Financiació: La financiació és la suma dels costos anuals de financiació dels diferents elements que s'han comprat.

Es calcula de la següent forma:

$$\boldsymbol{F = \frac{\left(n \times \frac{P \times i \times j}{j - 1}\right) - P}{v}}$$

F = cost anual de financiació de l'element de transport en euros

P = préstec per a la compra de l'element de transport en euros

i = interès en tant per 1

n = període de financiació en anys

v = vida útil de l'element en anys

$j = (1 + i)^n$

Personal de conducció: És el cost total per a l'empresa del personal de conducció del vehicle, les dietes s'inclouen en un altre apartat.

Assegurances del vehicle: És el cost total anual de les assegurances del vehicle. L'impost sobre les primes d'assegurances està inclòs en el cost.

Costos fiscals: És el cost total anual dels costos fiscals repercutibles al vehicle. L'impost especial sobre hidrocarburs està inclòs en el cost del combustible.

Combustible: És la suma dels costos anuals de combustible del vehicle de tracció i els equips. S'inclou l'impost especial sobre hidrocarburs, excepte la devolució de l'impost del gasoil d'ús professional.

Es calcula de la següent forma:

$$\boldsymbol{C = Cv + Ce}$$

$$\boldsymbol{Cv = \frac{pv \times cv \times k}{100}}$$

$$\boldsymbol{Ce = pe \times ce \times h}$$

C = cost anual del combustible en euros

Cv = cost anual del combustible del vehicle de tracció en euros

Ce = cost anual del combustible dels equips auxiliars en euros

pv = preu d'adquisició sense IVA del combustible del vehicle de tracció menys la devolució de l'impost del gasoil d'us professional en euros / litre

cv = consum mig del combustible del vehicle de tracció en litres / 100 quilòmetres

k = quilòmetres recorreguts anualment per el vehicle de tracció

pe = preu d'adquisició sense IVA del combustible dels equips en euros / litre

ce = consum mig del combustible dels equips auxiliars en litres / hora

h = hores anuals de funcionament dels equips auxiliars

Dissolució d'urea: És el cost total anual sense IVA del consum mig de dissolució d'urea del vehicle.

Pneumàtics: És la suma dels costos anuals dels diferents tipus de neumàtics del vehicle.

Es calcula de la següent forma:

$$\boldsymbol{N = \frac{p \times n \times k}{d}}$$

N = cost anual d'un tipo de pneumàtics en euros

p = preu sense IVA de la substitució d'un pneumàtic d'aquest tipo en euros

n = número de pneumàtics d'aquest tipo

k = quilòmetres recorreguts anuals per el vehicle

d = duració mitja d'aquest tipus de pneumàtics en quilòmetres

Manteniment: És el cost total anual del manteniment del vehicle i dels equips auxiliars.

Es calcula de la següent forma:

$$\boldsymbol{M = m \times k}$$

M = cost anual del manteniment en euros

m = cost quilomètric sense IVA del manteniment del vehicle i dels equips auxiliars en euros / quilòmetres

k = quilòmetres recorreguts anualment per el vehicle

Reparacions: És el cost total anual de les reparacions del vehicle i dels equips auxiliars.

Es calcula de la següent forma:

$$\boldsymbol{R = r \times k}$$

R = cost anual de les reparacions en euros

r = cost quilomètric sense IVA de les reparacions del vehicle i dels equips auxiliars en euros / quilòmetre

k = quilòmetres recorreguts anualment per el vehicle

Dietes del conductor: És el cost total anual per a l'empresa de les dietes del personal de conducció del vehicle de transport.

Peatges: És el cost total anual sense IVA dels peatges del vehicle.

Costos indirectes: És el cost total anual dels costos indirectes repercutibles en el vehicle de transport.

3.2. ACOTRAM

ACOTRAM és una aplicació informàtica d'ajuda per al càlcul de costos d'explotació dels vehicles de transport de mercaderies per carretera.

A més, a través del mateix es poden consultar els costos directes dels diferents vehicles estudiats en el "*Observatorio de Costes del Transporte de Mercancías por Carretera", integrat pel Comité Nacional del Transporte por Carretera, les principals associacions representatives d'empreses carregadores (AECOC, AEUTRANSMER y TRANSPIME) y la Dirección General de Transporte Terrestre.*

Els costos dels diferents tipus de vehicles estudiats en el "Observatorio de Costes del Transporte de Mercancías por Carretera" s'actualitzen cada tres mesos.

3.2.1. *Simulació ACOTRAM d'un vehicle articulat de càrrega general en transport internacional*

La següent simulació està efectuada amb dades extretes del "Observatorio de Costes del Transporte de Mercancías por Carretera". Aquestes dades estan actualitzades a dia 31 de gener de 2023.

S'ha efectuat un canvi en respecte a les dades originals en el preu del carburant de l'element de transport. Per aquest canvi de dades s'ha buscat el preu mig del gasoil A habitual del mes de maig des del dia 01 al dia 13. El preu mig és de 1,433 euros el litre i es pot veure representat en aquesta gràfica extreta del "Ministerio para la Transicióin Ecológica y el Reto Demográfico".

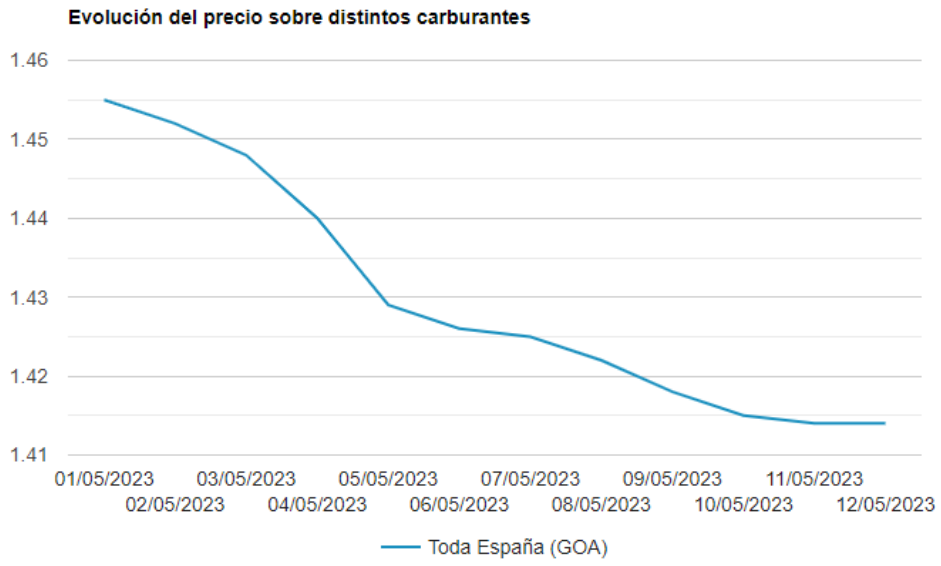


Figura 9. Preu diari del Gasoil A habitual. Font: Gobierno de España

Aquest canvi de preu del carburant s'ha tingut en compte ja que a les dades actualitzades a dia 31 de gener de 2023, el preu del carburant del gasoil A habitual és de 1,6877 euros el litre.

En quant al preu del gasoil A en l'estranger, s'utilitzaran dades del preu de carburant a Itàlia, per seguir amb l'exemple de la simulació anterior del Short Sea Shipping. El preu del carburant s'extreu de la Comissió Europea a data de la primera setmana de maig, el qual és 1,679 euros el litre.

Aquest canvi de preu del carburant s'ha tingut en compte ja que a les dades actualitzades a dia 31 de gener de 2023, el preu del carburant del gasoil A habitual a l'estranger estava fixat a 1,882 euros el litre.

Un cop actualitzades aquestes dades, es pot començar la simulació.

Primer Pas

Iniciar el simulador ACOTRAM en la versió més actualitzada, en aquest cas, la versió 3.1.0

Figura 10. Simulador ACOTRAM versió 3.1.0

Un cop s'ha iniciat el simulador, hi ha dos opcions: obrir una simulació ja realitzada o crear-ne una de nova. En aquest cas s'ha creat una de nova.

Segon Pas

Introduir les dades en el simulador.

En l'apartat **"Características Técnicas y de Explotación",** s'hi ha d'introduir la informació mostrada en la següent imatge. Les dades introduïdes, son dades reals extretes de l'Observatori de Costos del Transport de Mercaderies per Carretera, les quals representen casos reals estudiats.

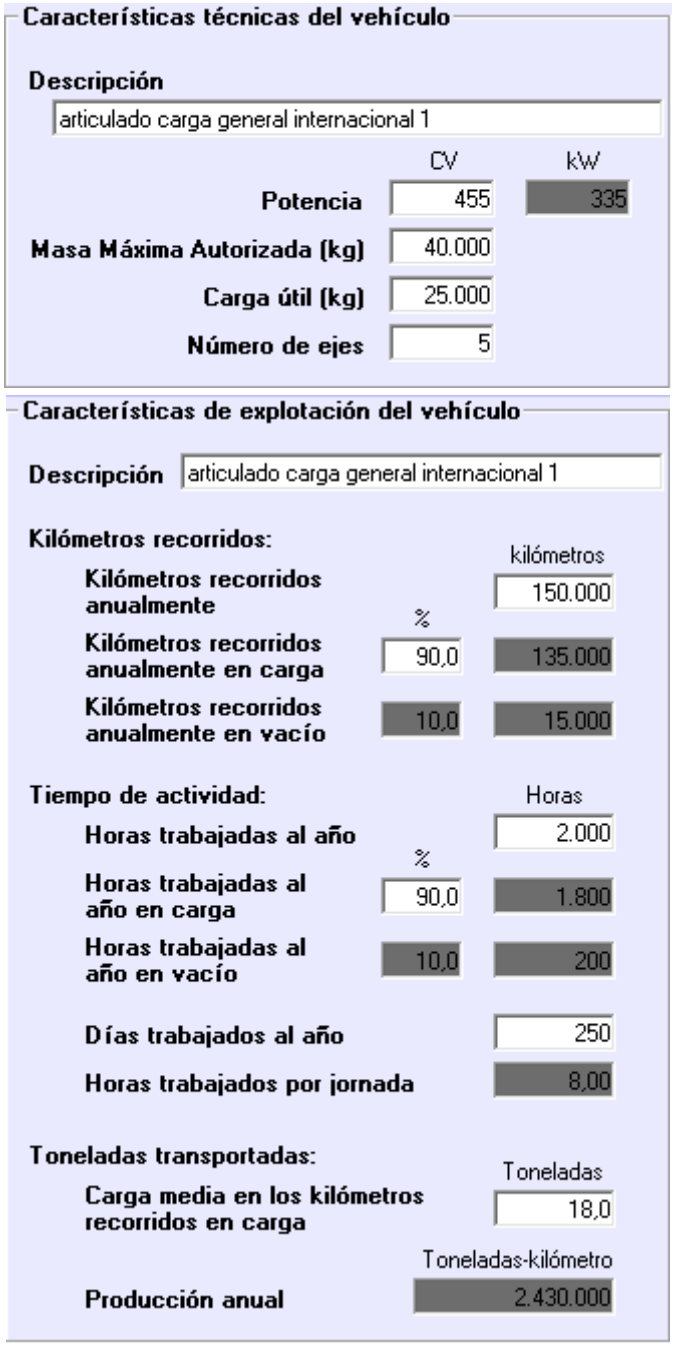


Figura 11. Características Tècniques i d'Explotació

En l'apartat **"Vehículo de Tracción",** s'hi ha d'introduir la informació mostrada en la següent imatge. Les dades introduïdes, són dades reals extretes de l'Observatori de Costos del Transport de Mercaderies per Carretera, les quals representen casos reals estudiats.

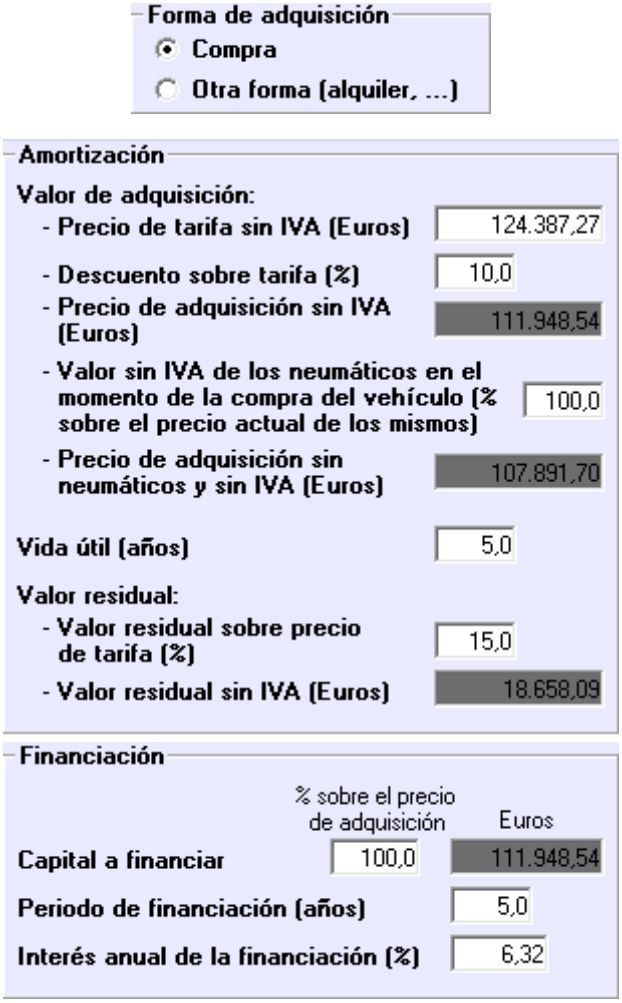


Figura 12. Vehicle de Tracció

En l'apartat **"Semirremolque, Remolque y Equipos Auxiliares",** s'hi ha d'introduir la informació mostrada en la següent imatge. Les dades introduïdes, son dades reals extretes de l'Observatori de Costos del Transport de Mercaderies per Carretera, les quals representen casos reals estudiats.

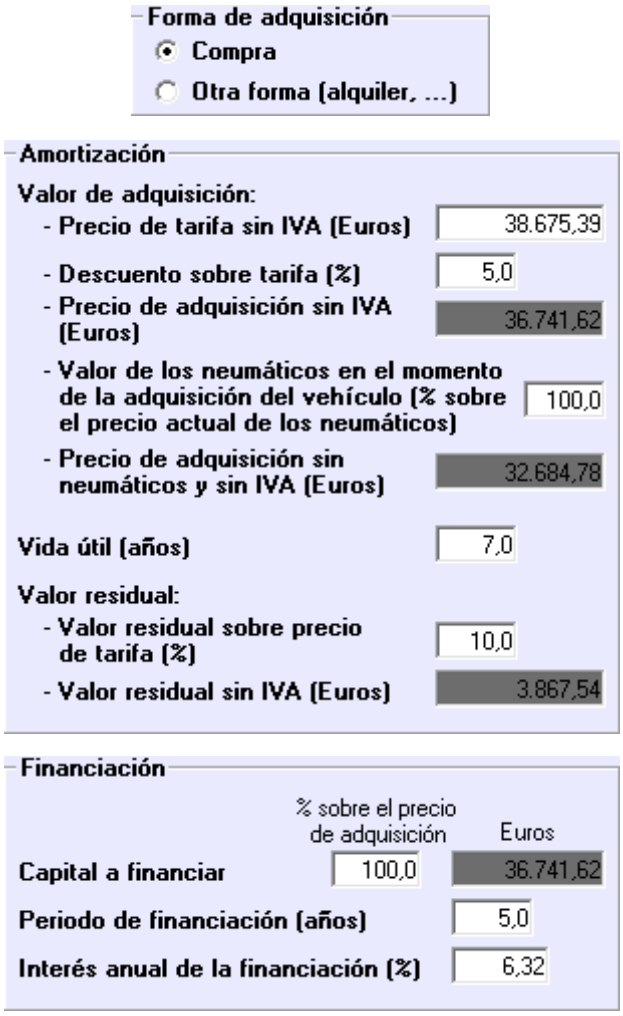
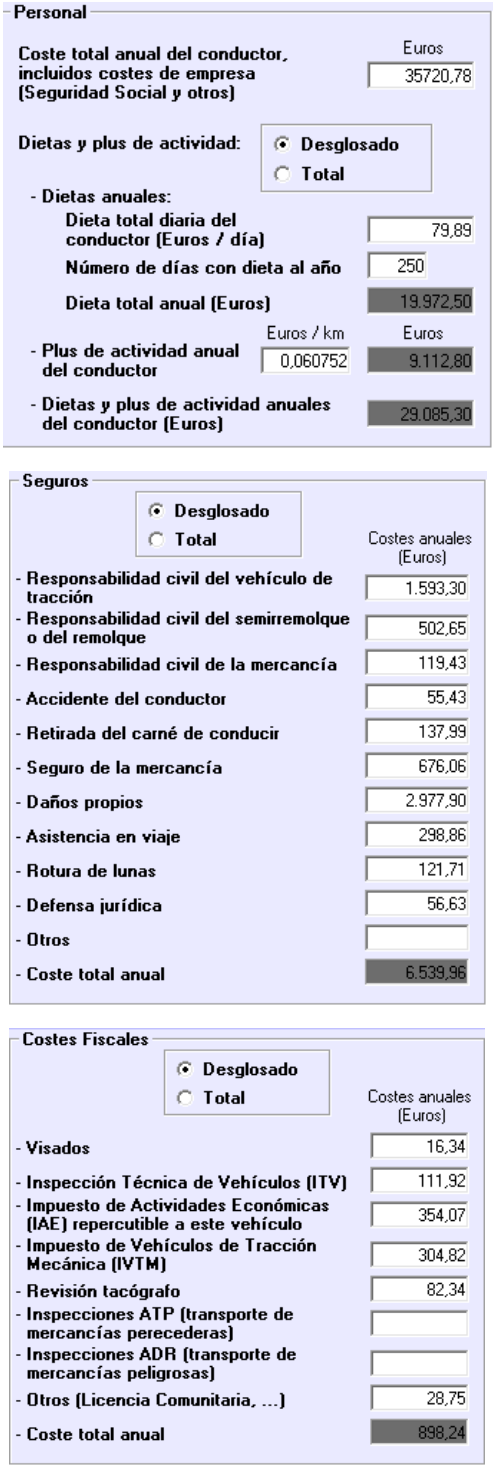


Figura 13. Semiremolc, Remolc i Equips Auxiliars

En l'apartat **"Personal, Seguros y Costes Fiscales",** s'hi ha d'introduir la informació mostrada en la següent imatge. Les dades introduïdes, son dades reals extretes de l'Observatori de Costos del Transport de Mercaderies per Carretera, les quals representen casos reals estudiats.



Personal

Coste total anual del conductor, incluidos costes de empresa (Seguridad Social y otros)		Euros: 35720,78
Dietas y plus de actividad:	Desglosado / Total	
- Dietas anuales:		
Dieta total diaria del conductor (Euros / día)		79,89
Número de días con dieta al año		250
Dieta total anual (Euros)		19.972,50
- Plus de actividad anual del conductor	Euros / km: 0,060752	Euros: 9.112,80
- Dietas y plus de actividad anuales del conductor (Euros)		29.085,30

Seguros

Desglosado / Total

	Costes anuales (Euros)
- Responsabilidad civil del vehículo de tracción	1.593,30
- Responsabilidad civil del semirremolque o del remolque	502,65
- Responsabilidad civil de la mercancía	119,43
- Accidente del conductor	55,43
- Retirada del carné de conducir	137,99
- Seguro de la mercancía	676,06
- Daños propios	2.977,90
- Asistencia en viaje	298,86
- Rotura de lunas	121,71
- Defensa jurídica	56,63
- Otros	
- Coste total anual	6.539,96

Costes Fiscales

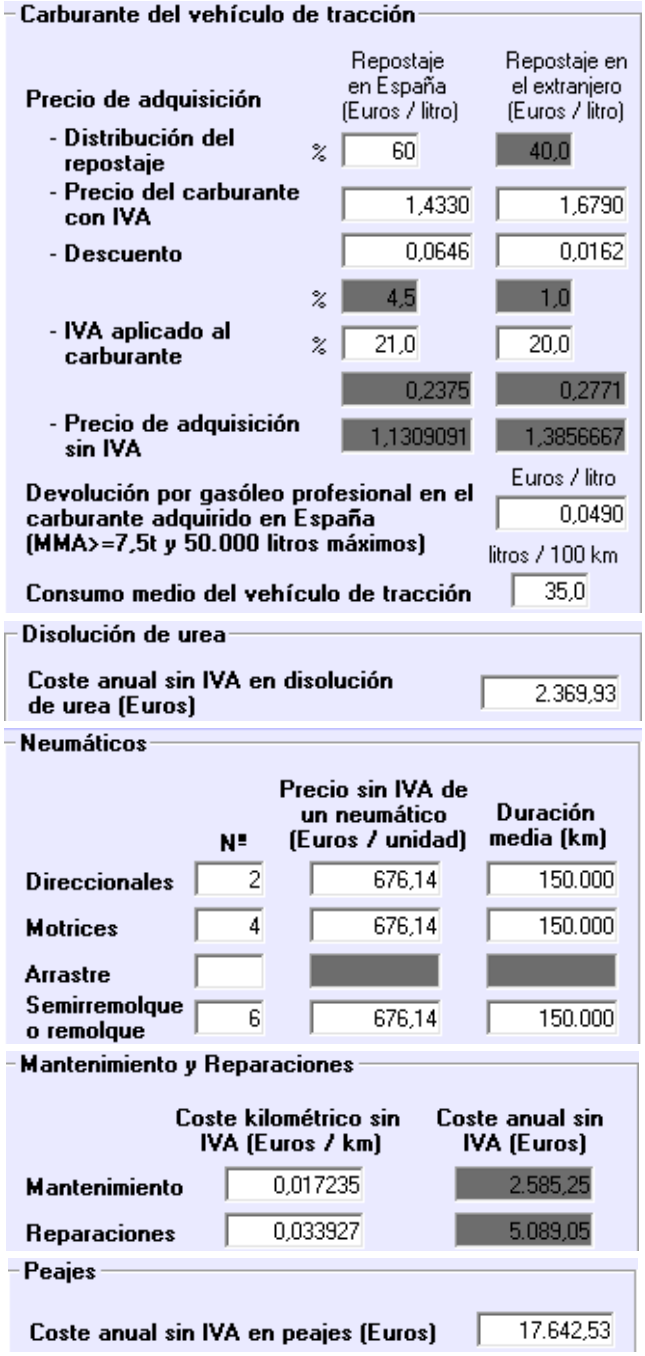
Desglosado / Total

	Costes anuales (Euros)
- Visados	16,34
- Inspección Técnica de Vehículos (ITV)	111,92
- Impuesto de Actividades Económicas (IAE) repercutible a este vehículo	354,07
- Impuesto de Vehículos de Tracción Mecánica (IVTM)	304,82
- Revisión tacógrafo	82,34
- Inspecciones ATP (transporte de mercancías perecederas)	
- Inspecciones ADR (transporte de mercancías peligrosas)	
- Otros (Licencia Comunitaria, ...)	28,75
- Coste total anual	898,24

Figura 14. Personal, Assegurances i Costos Fiscals

En l'apartat **"Carburante, Urea, Neumáticos, Mantenimiento, Reparaciones y Peajes",** s'hi ha d'introduir la informació mostrada en la següent imatge. Les dades introduïdes, son dades reals extretes de l'Observatori de Costos del Transport de Mercaderies per Carretera, les quals representen casos reals estudiats.

Excepte les dades del carburant les quals han sigut actualitzades a dia 14 de maig com ja s'ha explicat anteriorment.



Carburante del vehículo de tracción

		Repostaje en España (Euros / litro)	Repostaje en el extranjero (Euros / litro)
Precio de adquisición			
- Distribución del repostaje	%	60	40,0
- Precio del carburante con IVA		1,4330	1,6790
- Descuento		0,0646	0,0162
	%	4,5	1,0
- IVA aplicado al carburante	%	21,0	20,0
		0,2375	0,2771
- Precio de adquisición sin IVA		1,1309091	1,3856667

Devolución por gasóleo profesional en el carburante adquirido en España (MMA>=7,5t y 50.000 litros máximos)	Euros / litro	0,0490
Consumo medio del vehículo de tracción	litros / 100 km	35,0

Disolución de urea

Coste anual sin IVA en disolución de urea (Euros)	2.369,93

Neumáticos

	Nº	Precio sin IVA de un neumático (Euros / unidad)	Duración media (km)
Direccionales	2	676,14	150.000
Motrices	4	676,14	150.000
Arrastre			
Semirremolque o remolque	6	676,14	150.000

Mantenimiento y Reparaciones

	Coste kilométrico sin IVA (Euros / km)	Coste anual sin IVA (Euros)
Mantenimiento	0,017235	2.585,25
Reparaciones	0,033927	5.089,05

Peajes

Coste anual sin IVA en peajes (Euros)	17.642,53

Figura 15. Carburant, Urea, Pneumàtics, Manteniment, Reparacions i Peatges

En l'apartat **"Costes Indirectos",** s'hi ha d'introduir la informació mostrada en la següent imatge. Les dades introduïdes, son dades reals extretes de l'Observatori de Costos del Transport de Mercaderies per Carretera, les quals representen casos reals estudiats.

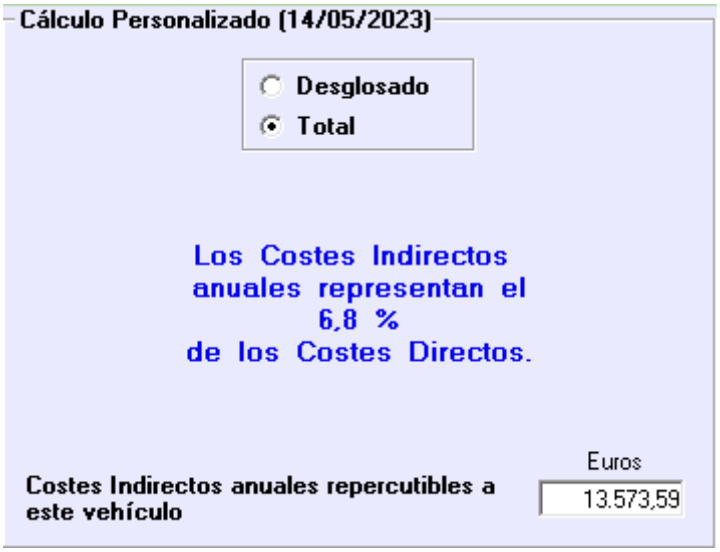
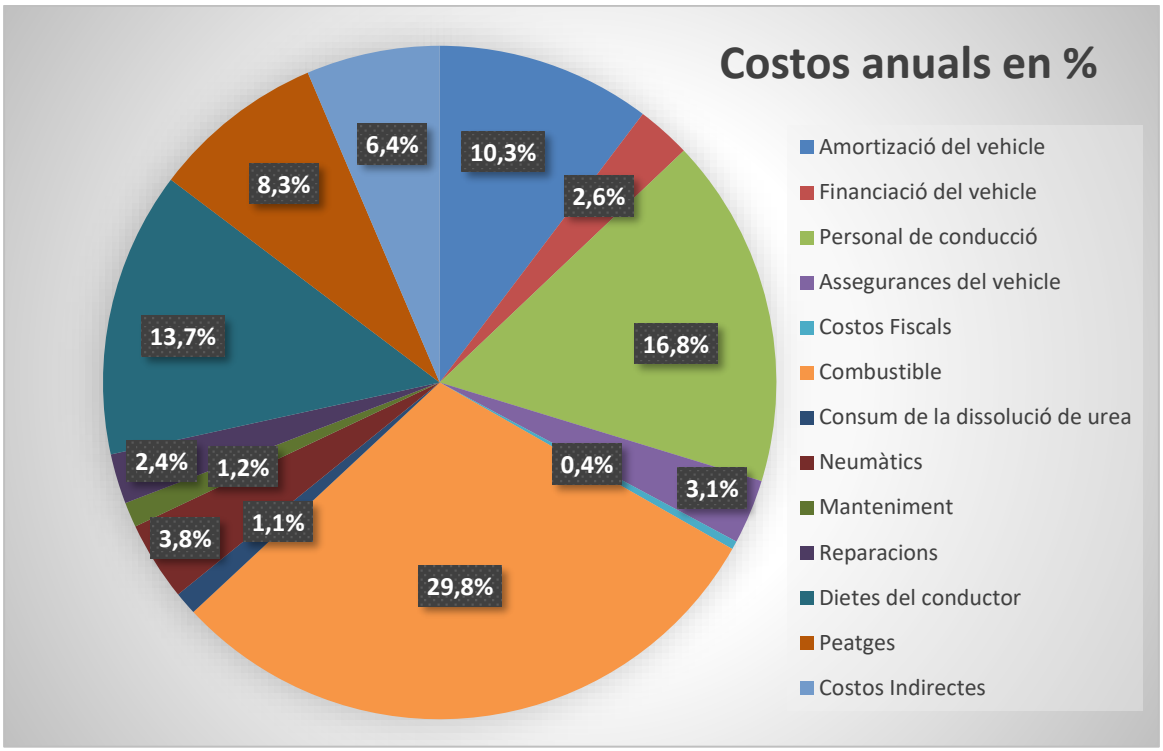


Figura 16. Costos Indirectes

Tercer Pas

Un cop omplerts tots els paràmetres del simulador, el següent pas és reproduir els resultats de la simulació

	Euros (€)	%
Costos Totals	**212.214,93**	**100**
Costos Directes	**198.641,34**	**93.6**
Costos Temporals	**71.576,46**	**33.3**
Amortització del vehicle	21.963,47	10.3
Financiació del vehicle	5.454,01	2.6
Personal de conducció	35.720,78	16.8
Assegurances del vehicle	6.539,96	3.1
Costos Fiscals	898,24	0.4
Costos Quilomètrics	**128.064,88**	**60.3**
Combustible	63.179,14	29.8
Consum de la dissolució de urea	2.369,93	1.1
Neumàtics	8.113,68	3.8
Manteniment	2.585,25	1.2
Reparacions	5.089,05	2.4
Dietes del conductor	29.085,30	13.7
Peatges	17.642,53	8.3
Costos Indirectes	**13.573,59**	**6.4**



Taula 2. Resultats de la simulació en gràfica. Elaboració pròpia.

Com es pot observar, el cost més gran que té el vehicle articulat de càrrega general en transport internacional és el combustible amb gairebé una tercera part del total dels costos anuals. Això és degut a que el gasoil A habitual, és la única forma de propulsió del vehicle (al no ser híbrid o elèctric) i als alts preus del combustible avui en dia degut a la inflació econòmica resultant principalment de la invasió de Rússia a Ucraïna.

Els següents costos grans per sota del combustible, són els destinats al conductor del vehicle. Amb un 16,8% els costos de Personal de conducció son els costos anuals totals del conductor a l'empresa, incloent-hi els costos a la Seguretat Social i altres.

Amb un 13,7% s'hi troba el cost de les Dietes del conductor. Aquest cost és tan ampli ja que l'empresa ha de pagar al conductor pel seu esmorzar, dinar, sopar i pernocta. Els mínims estan estipulats per conveni.

L'amortització anual del vehicle és el quart cost més gran anual per a l'empresa amb un 10,3%. Aquest cost ve determinat principalment pel preu de l'adquisició del vehicle, el seu valor residual i els anys estimats de vida útil.

Un altre cost bastant ampli és el dels peatges amb un 8,3% ja que el camió es dedica al transport de mercaderies internacional. Si es vol fer lo més ràpid possible s'ha de conduir per autopistes i per tant s'han de pagar peatges.

Els costos indirectes amb un 6,4% dependrà del cost de comercialització del vehicle, la gestió del vehicle i la infraestructura per a que el vehicle estigui operatiu.

En un 1,1% dels costos anuals, està el cost del consum de la dissolució de urea, el qual es un producte que s'inclou en els vehicles diesel per a que el seu impacte mediambiental sigui menor, reduint així les emissions d'òxids de nitrogen (NOx).

Els costos fiscals estan representats en un 0,4% i aquests tenen en compte els costos de la ITV, dels Impostos d'Activitats Econòmiques repercutibles al vehicle, l'Impost de Vehicles de Tracció Mecànica i la revisió del tacògraf entre d'altres.

Hi ha costos que dependran bastant de la companyia que efectuï el servei, del conductor i del camió utilitzat. Aquests costos són les reparacions del vehicle, el manteniment, l'ús dels pneumàtics, l'assegurança del vehicle i el cost de financiació.

El cost total anual és de 212.214,93€. Si volem saber els costos per quilòmetre, per hora, per quilòmetre i hora i per tona/quilòmetre, s'han de fer els següents càlculs:

Costos per quilòmetre

$$\boldsymbol{Costos = C1 \times km}$$

C1 = cost total per quilòmetre

Km = quilòmetres

Quilometratge anual	150.000km
Quilometratge en càrrega	135.000km

C1 = 1,4148 €/km recorregut

C1 = 1,5720 €/km en càrrega

Per km recorregut:

$$\mathbf{1,4148 \times 150.000 = 212.220€}$$

Per km recorregut en càrrega:

$$\mathbf{1,5720 \times 135.000 = 212.220€}$$

Costos per hora

$$\boldsymbol{Costos = C2 \times H}$$

C2 = Cost total per hora

H = hores

Hores anuals	2.000
Hores anuals en càrrega	1.800

C2 = 106,11 €/hora

C2 = 117,90 €/hora en càrrega

Per hora:

$$\mathbf{106,11 \times 2.000 = 212.220€}$$

Per hora en càrrega:

$$\mathbf{117,90 \times 1.800 = 212.220€}$$

Costos per quilòmetre i hora

$$\boldsymbol{Costos = C3 \times km + C4 \cdot H}$$

C3 = cost quilomètric per quilòmetre

Km = quilòmetres

C4 = costos temporals i indirectes per hora

H = hores

C3 = 0,8538 €/km recorregut

C3 = 0,9486 €/km en càrrega

C4 = 42,08 €/hora

C4 = 46,75 €/hora en càrrega

Per quilòmetre i hora recorregut:

$$\mathbf{0,8538 \times 150.000 + 42,08 \times 2.000 = 212.230€}$$

Per quilòmetre i hora en càrrega:

$$\mathbf{0,9486 \times 135.000 + 46,75 \times 1.800 = 212.211€}$$

Costos per tona/quilòmetre

$$\boldsymbol{Costos = C5 \times Tkm}$$

C5 = cost unitari per tona/quilòmetre

Tkm = tones/quilòmetre

Tones/quilòmetre anuals 2.430.000

C5 = 0,08733 €/t-km

Per tona/quilòmetre:

$$\mathbf{0,08733 \times 2.430.000 = 212.212€}$$

Capítol 4. Estudi d'una ruta per carretera

4.1. Descripció de la ruta

La ruta seleccionada a estudiar serà la mateixa que la marítima per a fer una posterior comparació, aquesta ruta és de Barcelona a Civitavecchia.

La ruta Barcelona-Civitavecchia és freqüentment utilitzada per transportistes a causa de la seva importància estratègica per al transport de mercaderies entre Espanya i Itàlia. A continuació, es presenten alguns dels punts clau que fan d'aquesta ruta una opció popular per als transportistes:

Connexió entre dues importants zones econòmiques: Barcelona, com una de les principals ciutats i ports d'Espanya, té una gran activitat comercial i industrial. D'altra banda, Civitavecchia, situada prop de Roma, és un dels principals ports d'Itàlia. La ruta connecta dues importants zones econòmiques, facilitant el comerç i l'intercanvi de mercaderies entre ambdós països.

- Accés a la xarxa d'autopistes: La ruta Barcelona-Civitavecchia compta amb una bona infraestructura d'autopistes que permeten un transport eficient i ràpid. Autopistes com l'AP-7, l'A9, l'A8 i l'A1, entre altres, connecten les ciutats i regions al llarg del recorregut, facilitant el trànsit de vehicles comercials.

- Connexió amb altres destinacions europees: Aquesta ruta també és una opció convenient per als transportistes que desitgen arribar a altres destinacions a Europa. Barcelona es troba en una ubicació estratègica per accedir a les xarxes de carreteres que connecten amb França, Alemanya, Suïssa i altres països europeus. Per tant, els transportistes poden utilitzar aquesta ruta com a part d'un viatge més llarg cap a altres destinacions.

- Infraestructura i serveis de suport: Al llarg de la ruta Barcelona-Civitavecchia, hi ha nombrosos serveis de suport per als transportistes, com àrees de descans, estacions de servei, restaurants i allotjaments. Aquests punts clau ofereixen comoditats essencials per als conductors i permeten que el viatge sigui més segur i còmode.

En resum, la ruta Barcelona-Civitavecchia és freqüentment utilitzada per transportistes a causa de la seva connexió entre dues importants zones econòmiques, el seu accés a una xarxa d'autopistes, la connexió amb altres destinacions europees i la disponibilitat d'infraestructura i serveis de suport al llarg del recorregut.

La ruta consta de 1274 quilòmetres.

Figura 17. Ruta Barcelona - Civitavecchia. Font: www.viamichelin.com

Aquesta ruta es pot efectuar per la costa d'Espanya, França i Itàlia o per l'interior d'aquests països havent de creuar així mateix els Pirineus i els Alps.

Debilitats de la ruta per la costa:

1. Distància més llarga: Si s'opta per la ruta costanera, el recorregut pot ser més llarg en comparació amb la ruta directa per carretera a través dels Pirineus i els Alps. Això implica un major consum de combustible i un temps de viatge més llarg.
2. Possibles congestions de trànsit: En temporada alta o en moments de major trànsit, la ruta costanera pot experimentar congestions a les carreteres, especialment en zones turístiques o àrees urbanes. Això pot provocar retards en el transport de mercaderies.
3. Limitacions d'infraestructura: Al llarg de la ruta costanera, especialment en àrees més remotes o rurals, la infraestructura viària pot ser menys desenvolupada en comparació amb les autopistes principals. Això pot implicar carreteres més estretes, un menor nombre d'àrees de descans i serveis de suport limitats.

Debilitats de la ruta per l'interior:

1. Passos de muntanya desafiants: Si s'opta per la ruta interior a través dels Pirineus i els Alps, cal tenir en compte els reptes associats amb els passos de muntanya, com pendents pronunciades, corbes tancades i condicions climàtiques adverses. Aquests factors poden afectar la seguretat i la velocitat de la ruta.
2. Possibles tancaments temporals: Els passos de muntanya poden estar subjectes a tancaments temporals a causa de condicions climàtiques extremes, especialment durant l'hivern. Això pot interrompre el flux del transport i requerir desviaments o esperes fins que els passos siguin transitables novament.
3. Major desgast del vehicle: La ruta a través dels passos de muntanya pot implicar un major desgast del vehicle a causa de les pendents pronunciades i les condicions de la carretera. Això pot requerir un manteniment i cura adequats per garantir un viatge segur i eficient.

En resum, tant la ruta per la costa com la ruta per l'interior en el trajecte Barcelona-Civitavecchia presenten debilitats potencials, com ara distàncies més llargues, congestions de trànsit, limitacions d'infraestructura i reptes en els passos de muntanya. En planificar el viatge, els transportistes han de considerar amb cura aquests aspectes i triar la ruta que millor s'adapti a les seves necessitats, tenint en compte factors com l'eficiència, la seguretat i els temps d'entrega.

4.2. Temps en completar la ruta

Segons el Reglament (CE) nº 561/2006 del Parlament Europeu i del Consell, de 15 de març de 2006:

Article 6:

1. El temps diari de conducció no serà superior a nou hores. No obstant, el temps diari de conducció podrà ampliar-se com a màxim fins a 10 hores no més de dos vegades durant la setmana.
2. El temps de conducció setmanal no superarà les 56 hores
3. El temps total acumulat de conducció durant dues setmanes consecutives no serà superior a 90 hores.
4. Els temps diaris i setmanals de conducció inclouran totes les hores de conducció en el territori comunitari o d'un país tercer.

Article 7:

Després d'un període de conducció de quatre hores i mitja, el conductor farà una pausa ininterrompuda d'un mínim de 45 minuts, llevat que faci un període de descans.

Es podrà substituir aquesta pausa per una pausa d'almenys 15 minuts seguida d'una pausa d'almenys 30 minuts, intercalades en el període de conducció, de manera que es respectin les disposicions del primer paràgraf.

Article 8:

1. Els conductors hauran de fer períodes de descans diaris i setmanals.
2. Els conductors hauran de fer un nou període de descans diari en les 24 hores següents a la finalització del seu període de descans diari o setmanal anterior. Si la part del període de descans diari realitzada en les anomenades 24 hores és superior a 9 hores, però inferior a 11, aquest període de descans es considerarà un període de descans diari reduït.
3. Un període de descans diari es pot ampliar per convertir-se en un període de descans setmanal normal o reduït.
4. Els conductors no podran prendre més de tres períodes de descans diari reduïts entre dos períodes de descans setmanals.
5. No obstant això, en cas de conducció en equip d'un vehicle, els conductors hauran de fer un nou període de descans diari d'almenys 9 hores en l'espai de 30 hores des de la finalització del seu període de descans diari o setmanal anterior.
6. En el transcurs de dues setmanes consecutives, el conductor haurà de fer com a mínim:
    - Dos períodes de descans setmanal normal, o
    - Un període de descans setmanal normal i un període de descans setmanal reduït d'almenys 24 hores. No obstant això, la reducció es compensarà amb un descans equivalent pres d'una sola vegada abans de finalitzar la tercera setmana següent a la setmana que es tracti. Un període de descans setmanal haurà de començar abans que hagin conclòs sis períodes consecutius de 24 hores des de la finalització del període de descans setmanal anterior.
7. Els descansos presos com a compensació per un període de descans setmanal reduït hauran de ser realitzats juntament amb un altre període de descans d'almenys nou hores.
8. Quan el conductor ho triï, els períodes de descans diaris i els períodes de descans setmanals reduïts fets fora del centre d'explotació de l'empresa es podran realitzar al vehicle sempre que aquest vagi adequadament equipat per al descans de cadascun dels conductors i estigui aparcat.

9. Un període de descans setmanal que incideixi en dues setmanes es podrà comptar en qualsevol d'elles, però no en totes dues.

Una vegada s'han revisat aquests articles podem realitzar un quadre de temps de la ruta Barcelona – Civitavecchia.

La velocitat mitja de la ruta s'ha estimat en 75 km/h.

Acció	Temps	Velocitat	Distància recorreguda	Distància acumulada	Distància pendent	Hores acumulades	Hores de treball
Càrrega del vehicle	2 h	0 km/h	0 km	0 km	1274 km	2 h	2 h
Conducció	4,5 h	75 km/h	337,5 km	337,5 km	936,5 km	6,5 h	6,5 h
Interrupció	0,75 h	0 km/h	0 km	337,5 km	936,5 km	7,25 h	6,5 h
Conducció	4,5 h	75 km/h	337,5 km	675 km	599 km	11,75 h	11 h
Descans	12 h	0 km/h	0 km	675 km	599 km	23,75 h	11 h
Conducció	4,5 h	75 km/h	337,5 km	1012,5 km	261,5 km	28,25 h	15,5 h
Interrupció	0,75 h	0 km/h	0 km	1012,5 km	261,5 km	29 h	15,5 h
Conducció	3,49 h	75 km/h	261,5 km	1274 km	0 km	32,49 h	18,99 h
Descàrrega del vehicle	2 h	0 km/h	0 km	1274 km	0 km	34,49 h	20,99

Taula 3. Quadre de temps. Elaboració pròpia

La distància total recorreguda és de **1274 km.**

El temps total des de Barcelona fins a Civitavecchia són 34,49 hores = **1 dia, 10 hores i 30 minuts.**

El temps total treballat pel conductor és de 20,99 hores = **21 hores**

Aquests temps s'han interpretat en condicions ideals, sense retencions, congestió de tràfic, i diverses dificultats que poden aparèixer durant la ruta realitzada.

4.3. Càlcul dels costos

Càlcul dels costos interns segons les fórmules propostes per l'ACOTRAM:

Costos per quilòmetre:

$$\boldsymbol{Costos = C1 \times km}$$

Sent costos quilomètrics en càrrega, C1 serà 1,5720 €

$$Costos = 1{,}5720 \times 1.274 = \mathbf{2.002{,}73}\ €$$

Costos per hora

$$\boldsymbol{Costos = C2 \times H}$$

Sent costos per hora en càrrega, C2 serà 117,90 €, i les hores en càrrega 16,99.

$$Costos = 117{,}90 \times 16{,}99 = \mathbf{2.003{,}12}\ €$$

Costos per quilòmetre i hora

$$\boldsymbol{Costos = C3 \times km + C4 \times H}$$

Sent costos per quilòmetre i hora en càrrega, C3 serà 0,9486 € i C4 serà 46,75 €

$$\boldsymbol{Costos = 0{,}9486 \times 1.274 + 46{,}75 \times 16{,}99 = 2.002{,}80}\ €$$

Costos per tona/quilòmetre

$$\boldsymbol{Costos = C5 \times Tkm}$$

C5 serà 0,08733 €/t-km, al ser la càrrega transportada de 18 Tn, $Tkm = 18 \times 1274 = 22.932$

$$Costos = 0{,}08733 \times 22.932 = \mathbf{2.002{,}65}\ €$$

4.3.1. Costos interns de la ruta per carretera

Càlcul dels costos interns per formulació pròpia:

La metodologia serà la següent:

- Es dividiran els diferents costos directes i indirectes en costos temporals i quilomètrics.
- Els costos temporals seran dividits entre les 2.000 hores anuals treballades i multiplicats per les hores treballades pel conductor en la ruta realitzada.
- Els costos quilomètrics es dividiran pel quilometratge anual del vehicle (150.000km) i és multiplicaran per la distància recorreguda en la ruta.

Costos Temporals

$$Amortització = \frac{21.963{,}47€}{2.000h} \times 21h = \mathbf{230{,}62}\ €$$

$$Finançament = \frac{5.454{,}01€}{2.000h} \times 21h = \mathbf{57{,}27}\ €$$

$$Personal = \frac{35.720{,}78€}{2.000h} \times 21h = \mathbf{375{,}07}\ €$$

$$Assegurances = \frac{6.539{,}96€}{2.000h} \times 21h = \mathbf{68{,}67}\ €$$

$$Costos\ Fiscals = \frac{898{,}24€}{2.000h} \times 21h = \mathbf{9{,}43}\ €$$

$$Costos\ Indirectes = \frac{13.573{,}59€}{2.000h} \times 21h = \mathbf{142{,}52}€$$

Costos Quilomètrics

$$Combustible = \frac{63.170{,}14€}{150.000km} \times 1.274km = \mathbf{536{,}53}\ €$$

$$Consum\ dissolució\ de\ urea = \frac{2.369{,}93€}{150.000km} \times 1.274km = \mathbf{20{,}13}\ €$$

$$Neumàtics = \frac{8.113{,}68€}{150.000km} \times 1.274km = \mathbf{68{,}91}\ €$$

$$Manteniment = \frac{2.585{,}25€}{150.000km} \times 1.274km = \mathbf{21{,}96}\ €$$

$$Reparacions = \frac{5.089{,}05€}{150.000km} \times 1.274km = \mathbf{43{,}22}\ €$$

$$Dietes\ del\ conductor = \frac{29.085{,}3€}{150.000km} \times 1.274km = \mathbf{247{,}03}\ €$$

$$Peatges = \boldsymbol{120\ €}$$

COSTOS INTERNS DEL TRANSPORT PER CARRETERA EN LA RUTA BARCELONA - CIVITAVECCHIA			
Distància (km)	**Temps (h)**	**Càrrega (Tn)**	**Pes Total (Tn)**
1.274	21 de treball	18	33
Amortització		230,62 €	
Finançament		57,27 €	
Personal		375,05 €	
Assegurances		68,67 €	
Costos Fiscals		9,43 €	
Costos Indirectes		142,52 €	
Combustible		536,53 €	
Consum dissolució de urea		20,13 €	
Neumàtics		68,91 €	
Manteniment		21,96 €	
Reparacions		43,22 €	
Dietes del conductor		247,03 €	
Peatges		120 €	
TOTAL PER TRAJECTE		**1941,34 €**	

Taula 4. Costos interns de la ruta Barcelona - Civitavecchia. Elaboració pròpia.

Comparació dels costos interns per formulació de l'ACOTRAM i per formulació pròpia:

COMPARACIÓ COSTOS INTERNS			
Distància (km)	**Temps (h)**	**Càrrega (Tn)**	**Pes Total (Tn)**
1.274	21 de treball	18	33
Formulació Acotram		**Formulació Pròpia**	
2.002,83 €		1.941,34 €	

Taula 5. Taula comparativa dels costos interns. Elaboració pròpia

Com es pot apreciar en l'anterior taula, hi ha una diferència de 61,49 € de costos interns per viatge realitzat entre la formulació proposada per l'ACOTRAM i la formulació pròpia.

Aquesta diferència és deguda a que la formulació de l'ACOTRAM treballa amb les hores que el camió ha estat circulant en càrrega (16,99 hores), i en la formulació pròpia s'ha considerat que les 4 hores totals que passa el camió en el procés de càrrega i descàrrega també s'hi apliquen costos d'amortització, finançament, personal, assegurances, fiscals i indirectes, ja que el conductor està treballant sobre el camió.

Una altra diferència de la variació dels costos interns és respecte als costos de peatges, els quals en la formulació de l'ACOTRAM, al ser costos quilomètrics, s'hauria d'haver dividit el cost de peatges total anual (17.642,53 €) entre els quilòmetres totals anuals (150.000 km) i multiplicar el resultat pels quilòmetres totals de la ruta proposada (1.274 km), el qual acabaria mostrant un cost mitjà en aquesta ruta sobre el cost total anual. Per un altre costat, en la formulació pròpia, els costos de peatges han sigut obtinguts específicament per a la ruta proposada.

Tenint en compte les diferències anteriors, es treballarà amb els costos obtinguts per formulació pròpia, ja que s'ha considerat que són més ajustats per a la ruta proposada.

4.3.2. Costos externs de la ruta per carretera

El transport internacional de mercaderies per carretera és una activitat clau per al comerç i la distribució de béns a escala global. No obstant això, és important reflexionar sobre els costos externs associats a aquest tipus de transport, és a dir, els costos que no són suportats directament pels transportistes o les empreses, sinó que recauen en altres actors o en la societat en general.

Un dels costos externs més rellevants és l'impacte mediambiental. Els vehicles de transport per carretera emeten una gran quantitat de gasos contaminants, contribuint al canvi climàtic i a la contaminació de l'aire. Aquests costos són compartits per la societat en forma de degradació mediambiental, problemes de salut pública i canvis en el clima. És important tenir en compte aquests costos i buscar estratègies per reduir l'empremta de carboni del transport internacional de mercaderies, com ara fomentar vehicles més sostenibles, optimitzar les rutes per reduir les emissions i promoure alternatives de transport més netes com el ferrocarril o la navegació marítima.

Un altre cost extern significatiu és la congestió del trànsit. El transport de mercaderies per carretera contribueix a l'augment del trànsit en les vies, especialment en les zones urbanes i en els corredors de transport més transitats. Això provoca retards en les entregues, ineficiències en la cadena de subministrament i costos addicionals per a les empreses i la societat en general. Mitigar aquests costos requereix polítiques de gestió del trànsit, infraestructures adequades i un enfocament integral en la planificació urbana i logística.

Els costos externs del transport internacional per carretera també poden incloure els riscos de seguretat viària. Els accidents de trànsit amb vehicles de càrrega poden causar danys materials, lesions i pèrdua de vides humanes. Aquests costos són assumits per les persones afectades, els sistemes de salut i els serveis d'emergència. És essencial promoure la seguretat viària, millorar la formació dels conductors, implementar tecnologies de seguretat en els vehicles i establir polítiques reguladores efectives per reduir aquests costos externs.

A més, hi ha altres costos externs com ara la degradació de la infraestructura viària, el soroll i les molèsties per a les comunitats properes a les carreteres, així com els costos relacionats amb la seguretat fronterera i la coordinació en el transport internacional de mercaderies.

En conclusió, el transport internacional de mercaderies per carretera comporta diversos costos externs que afecten la societat en general. És crucial abordar aquests costos promovent alternatives de transport més sostenibles, implementant polítiques de gestió del trànsit i fomentant la seguretat viària.

Els costos per soroll, accidents i congestió, es calcularan a través de les formules proporcionades per l'estudi *"Análisis de la aplicación del Ecobono en los tráficos marítimos españoles"*[10], que són les següents:

$$\boldsymbol{Cost\ per\ soroll} = 0{,}0145€ \times Tkm$$

$$Cost\ per\ soroll = 0{,}0145 \times 22.932 = \mathbf{332{,}51}\ €$$

$$\boldsymbol{Cost\ per\ accidents} = 0{,}0035€ \times Tkm$$

$$Cost\ per\ accidents = 0{,}0035 \times 22.932 = \mathbf{80{,}26}\ €$$

$$\boldsymbol{Cost\ per\ congesti}ó = 0{,}002277 \times Tkm$$

$$Cost\ per\ congestió = 0{,}002277 \times 22.932 = \mathbf{52{,}22}\ €$$

Per a realitzar els càlculs dels costos de la contaminació atmosfèrica i de l'escalfament global, es faran servir dades extretes del projecte *"REALISE"* i de la "*European Environment Agency*". El consum segons el projecte ens indica que en autopista o carretera és de 15,8 g/Tkm i de 25 g/Tkm en congestió.

Es partirà de que el trajecte per carretera o autopista és del 85% i que en condicions de congestió és del 15%. La càrrega del vehicle és de 18 Tn.

$$Consum\ en\ carretera\ o\ autopista = 0{,}0158\frac{kg}{Tkm} \times 22.932Tkm \times 0{,}85 = 307{,}977\ kg$$

$$Consum\ en\ congestió = 0{,}025\frac{kg}{Tkm} \times 22.932Tkm \times 0{,}15 = 85{,}995\ kg$$

$$Consum\ total = 307{,}977 + 85{,}995 = \mathbf{393{,}972}\boldsymbol{kg}$$

Contaminant	Factor d'emissió
CO_2 (kg/kg fuel)	3,169
NOx (g/kg fuel)	33,37
PM (g/kg fuel)	0,94

Taula 6. Taula d'emissions per a un motor dièsel Euro VI. Font: EEA. Elaboració pròpia.

[10] (F. Xavier Martínez de Osés & Marcel·la Castells i Sanabra, 2009)

Càlcul del factor d'emissió del SO_2[11]

$$ESO_2 = 2 \times k_{s,m} \times FC_m$$

On:

ESO_2 = emissions de SO_2 per gram de fuel

$K_{s,m}$ = pes relatiu del contingut de sulfur en el fuel [g/g fuel], 3ppm per a fuels a partir del 2009 (1 ppm = 10^{-6} g/g de fuel)

FC_m = consum de fuel en grams

$$ESO_2 = 2 \times 30^{-6} \times 393.972 = 0.0011\ g/g\ fuel$$

$$ESO_2\ Total = 0{,}0011 \times 393.972 = \mathbf{433{,}37\ g}$$

COST PER TONA D'EMISSIÓ	
CO_2 (€/tona)	1,49
SO_2 (€/tona)	7.002,67
NOx (€/tona)	2.504,28
PM (€/tona)	188.551,21

Taula 7.Taula de costos per tona d'emissió. Font: ICF, projecte REALISE. Elaboració pròpia.

COSTOS EXTERNS DEL TRANSPORT PER CARRETERA EN LA RUTA BARCELONA - CIVITAVECCHIA	
Cost per soroll	332,51 €
Cost per accidents	80,26 €
Cost per congestió	52,22 €
CO_2	1,86 €
SO_2	3,03 €
NOx	32,92 €
PM	69,82 €
COSTOS TOTALS PER TRAJECTE	**572,62 €**

Taula 8. Costos externs de la ruta Barcelona - Civitavecchia. Elaboració pròpia.

[11] (European Environmental Agency, 2022)

Capítol 5. Estudi d'una ruta existent

La metodologia per a estudiar una ruta existent coberta per mar serà la següent:

- Seleccionar un vaixell per a cobrir la ruta i la seva capacitat.
- Definir la càrrega a transportar.
- Definir la ruta que cobreix el vaixell.
- Estudiar els costos, ingressos del vaixell i la càrrega mínima per cobrir costos
- Fer-ne un anàlisis.

5.1. El vaixell

El vaixell a utilitzar durant aquesta ruta entre Barcelona i Civitavecchia, és el Cruise Roma, vaixell que cobreix aquesta ruta setmanalment varies vegades:

NOM DEL VAIXELL	TIPUS	ESLORA (m)	MÀNEGA (m)	CALAT (m)	GT	VELOCITAT (kn)	MÀQUINA (kW)
CRUISE ROMA	Ro-Pax	254	30,41	10	63.742	25	55.440

Taula 9. Característiques del vaixell seleccionat. Elaboració pròpia.

Figura 18. Cruise Roma. Font: Google.

5.2. La càrrega

Per a poder desenvolupar la metodologia de l'estudi, primer hem de definir la càrrega que volem transportar. Per als càlculs farem servir un vehicle articulat de càrrega general de 40 Tn de pes màxim i que pot carregar un màxim de 25 Tn[12]. Es considera que la longitud del vehicle es d'un màxim de 16,5m[13].

Per a establir la capacitat de càrrega del vaixell, s'utilitzarà el vaixell *CRUISE ROMA* com a referència, el qual disposa d'espai per a 271 automòbils, 3700 metres lineals de càrrega per a vehicles pesats i capacitat per a 3.500 passatgers. Aquestes dades s'han obtingut després de l'ampliació que va rebre el 2019.

Per a saber els FEUs[14] que s'hi podran carregar s'ha de tenir en compte la longitud màxima del camió i remolc, establerta anteriorment en 16,5 metres, i 3 metres extres per al trincatge del camió (1,5 m per proa i 1,5 m per popa en compliment amb la Resolució A.581(14) de la OMI adoptada el 20 de novembre de 1985) que fan un total de 19,5 m per unitat carregada. Es considerarà una càrrega mitja de 18 Tn per vehicle. El pes total per unitat serà de 33 Tn (15 Tn del camió i 18 Tn de la càrrega).

- **FEUs teòrics**

$$FEUs = \frac{metres\ lineals\ de\ càrrega}{longitud\ total\ unitat\ de\ càrrega} = \frac{3700}{19{,}5} = \mathbf{189{,}74\ \boldsymbol{unitats}}$$

El vaixell podrà transportar un màxim de 189 vehicles pesats de càrrega per viatge considerant que a cada viatge va carregat al 100%.

- **Pes total dels vehicles articulats pesats carregats**

$$Pes\ total\ vehicles\ pesats = unitats\ carregades \times pes\ per\ unitat = 189 \times 33 = \mathbf{6237\ \boldsymbol{Tn}}$$

En els 271 espais disponibles que disposa el vaixell per a automòbils, s'hi carregaran 271 cotxes d'una longitud mitja de 4,3 m (tenint en compte el trincatge del vehicle, la longitud considerada per unitat serà de 7,3 m) i un pes mig de 1.200 kg.

[12] (Real Decreto 490/1997, 14 de abril Código de la Circulación)
[13] (Directiva 2002 CE, 18 de febrer del 2002)
[14] FEU: Forty Foot Equivalent Unit – unitat de transport (contenidor) equivalent a 40 peus de longitud.

- **Pes total dels cotxes petits carregats**

$$Pes\ total\ cotxes\ petits = unitats\ carregades \times pes\ per\ unitat = 271 \times 1{,}2 = \mathbf{325{,}2\ Tn}$$

Considerant que el pes mitjà de cada passatger que embarca és de 75 kg (0,075 Tn) i es disposa una capacitat per a 3.500 passatgers, el pes total dels passatgers serà el següent:

- **Pes total dels passatgers embarcats**

$$Pes\ total\ passatgers = passatgers\ embarcats \times pes\ per\ passatger = 3.500 \times 0{,}075 = \mathbf{262{,}5\ Tn}$$

Després d'obtenir els diferents pesos carregats que s'han de transportar, podem obtenir el pes total final carregat.

- **Pes total carregat**

$$Pes\ total\ carregat = Pes\ total\ vehicles\ pesats + Pes\ total\ automòbils + Pes\ total\ passatgers = 6237 + 325{,}2 + 262{,}5 = \mathbf{6824{,}7\ Tn}$$

5.3. La ruta de transport marítim

Amb l'ajuda de l'aplicació *Matlab Simroute* s'ha creat la ruta entre el port de Barcelona i el port de Civitavecchia. La distància total de la ruta és de 443,3 milles.

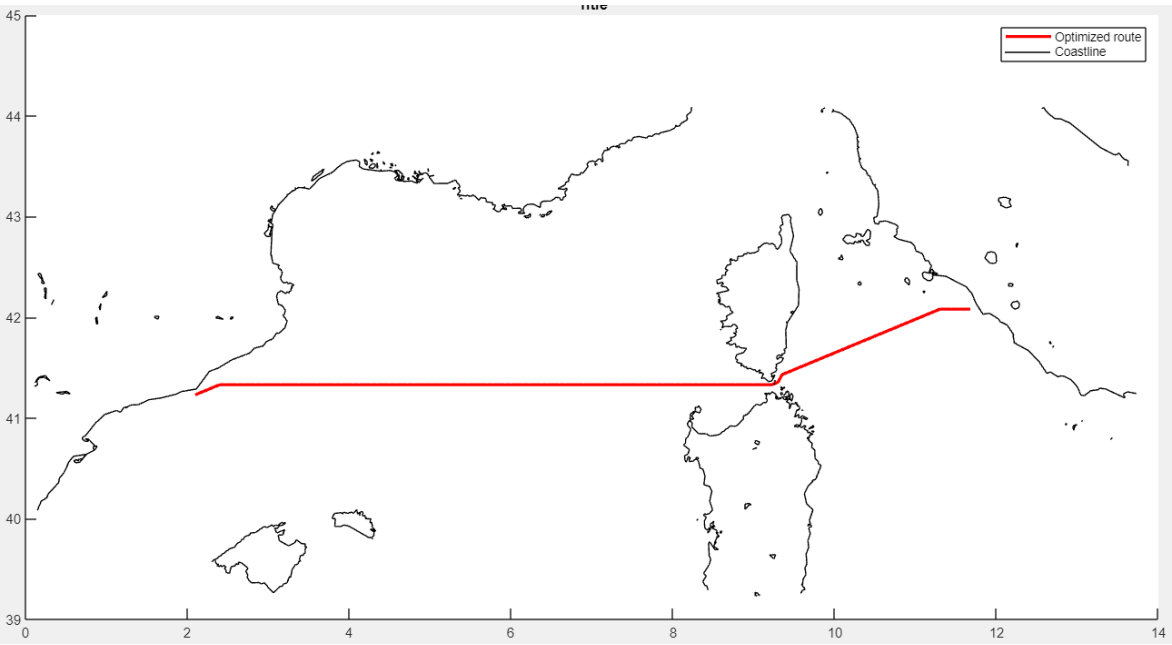


Figura 19. Ruta Barcelona - Civitavecchia. Font: Matlab Simroute

La velocitat creuer del vaixell és de 25 kn. Tenint en compte les sortides , arribades i maniobres a port, aquesta velocitat mitja del trajecte s'ha reduït fins a 23 kn.

Per tant el temps total que tarda el vaixell en realitzar el trajecte és de entre 19 i 20 hores de navegació aproximadament depenent de la climatologia.

5.4. Estudi dels costos i ingressos del vaixell

5.4.1. Costos interns

Els costos interns d'un vaixell són una part fonamental de l'operació marítima i tenen un impacte significatiu en la viabilitat i rendibilitat del negoci. Cal considerar amb cura aquests costos i prendre decisions intel·ligents per optimitzar-los.

Aquests costos són necessaris per mantenir un vaixell en funcionament i assegurar un servei de qualitat. La gestió adequada dels costos és clau per garantir l'eficiència operativa i l'equilibri financer.

És important tenir en compte que hi ha diversos factors que influeixen en els costos interns, com la tecnologia utilitzada, la capacitat del vaixell, la ruta i el servei ofert. Les inversions en tecnologia eficient, l'ús intel·ligent dels recursos i la planificació adequada són essencials per minimitzar els costos interns.

En resum, la comprensió i el control dels costos interns són crucials per a una operació de vaixell exitosa. Una gestió prudent i estratègica d'aquests costos permetrà a les empreses marítimes mantenir-se competitives, proporcionar un servei de qualitat i assegurar la seva sostenibilitat a llarg termini

Els costos interns del vaixell s'estudiaran a partir de la tesi doctoral *"Diseño de un simulador de costes y tiempos, para evaluar el transporte rodado de mercancías versus transporte marítimo de corta distancia"* escrita per Manuel Rodríguez Nuevo i dirigida per Francesc Xavier Martínez de Osés, UPC 2011.

- **Cost del capital ($C_{capital}$)**

$$Ccapital = 6{,}827 \times GT^{0{,}63} (€/\text{dia})$$

$$Ccapital = 6{,}827 \times 63.742^{0{,}63} = \mathbf{7.261{,}36}\ €/\boldsymbol{dia}$$

- **Costos de reparacions, assegurances, manteniment i tràmits (C_{ramt})**

$$Cramt = 0{,}238 \times GT^{0{,}63} (€/\text{dia})$$

$$Cramt = 0{,}238 \times 63.742^{0{,}63} = \mathbf{253{,}14}\ €/\boldsymbol{dia}$$

- **Costos de la tripulació ($C_{tripulació}$)**

$$Ctripulació = 1{,}043 \times GT^{0{,}618}\ (€/\text{dia})$$

$$Ctripulació = 1{,}043 \times 63.742^{0{,}618} = \mathbf{971{,}45}\ €/\boldsymbol{dia}$$

- **Costos de taxes i tarifes portuàries (C_{taxes})**

$$Ctripulació = 69{,}68 \times GT^{0{,}463} + 87{,}26 \times GT^{0{,}508} (€/\text{parada})$$

$$Ctripulació = 69{,}68 \times 63.742^{0{,}463} + 87{,}26 \times 63.742^{0{,}508} = \mathbf{35.752{,}38\ €/parada}$$

- **Costos de les operatives portuàries ($C_{Op.Port}$)**

$$COp.Port = 215{,}33 \times GT^{0{,}41}\ (€/\text{parada})$$

$$COp.Port = 215{,}33 \times 63.742^{0{,}41} = \mathbf{20.087{,}18\ €/parada}$$

- **Costos de combustible ($C_{combustible}$)**

Per a calcular el cost del combustible, es partirà d'un consum mig de 180 g/kWh, generalment aplicat a vaixells moderns propulsats per motors dièsel de 4 temps.

S'ha de tenir en compte que la potència de la màquina no és del 100%. Normalment en navegació s'aplica un MCR[15] no superior al 80%, i en sortides, aproximacions a port i maniobres dins de port, és molt menor, així que es considera que la mitja de potència de màquina utilitzada al completar el trajecte és del 75%.

Per a establir el consum del vaixell, s'utilitzarà el software SIMROUTE del MATLAB en el qual s'han introduït les dades del vaixell a utilitzar i s'ha calculat el seu consum en la ruta Barcelona – Civitavecchia en unes condiciones climatològiques en les que les oles més grans enfrontades durant la ruta eren de 1 metre.

[15] MCR El Maximum Continuous Rating és la potència que pot exercir el motor contínuament sense que es vegi afectada la seva vida de servei. La màxima potència només pot ser utilitzada durant curts períodes de temps.

El consum ha estat de 153,61 Tn per a les següents característiques de la màquina:

Ship characteristics	
Engine Load (%)	75
Engine Power (kW)	55440.0
Desing Velocity (kn)	25
Specfici fuel oil consumption (g/KWh)	180
Engine rpm	148

Fuel characteristics	
Sulphur content of fuel for fuel oil (mass %)	0.005
Carbon content of fuel (mass %)	0.85

Figura 20. Característiques del vaixell. Font: Matlab Simroute

Un cop establert el consum per trajecte de 153,61 Tn, s'ha de multiplicar pel preu del gasoil de baix contingut en sofre, el qual a dia del càlcul és de 484,51 €/Tn.

$$Ccombustible = 153{,}61 \times 484{,}51 = \mathbf{74.425{,}58}\ € \ \boldsymbol{per\ trajecte}$$

Representació dels costos interns

COSTOS INTERNS PER TRAJECTE DEL TRANSPORT MARÍTIM			
Distància (mn)	**Temps (h)**	**Càrrega (Tn)**	**GT**
443,3	19/20 navegant + 4/5 a port	6.824,7	63.742
Cost del capital		7.261,36 €/trajecte	
Cost de reparacions, assegurances, manteniment i tràmits		253,14 €/trajecte	
Costos de la tripulació		971,45 €/trajecte	
Costos de taxes i tarifes portuàries		35.752,38 €/parada	
Costos de les operatives portuàries		20.087,18 €/parada	
Costos de combustible		74.425,58 €/trajecte	
TOTAL PER TRAJECTE		**138.751,09 €**	

Taula 10. Costos interns del transport marítim. Elaboració pròpia.

COSTOS INTERNS PER TRAJECTE I PER FEU CARREGAT (189)	
Cost del capital	38,42 €/trajecte
Cost de reparacions, assegurances, manteniment i tràmits	1,34 €/trajecte
Costos de la tripulació	5,14 €/trajecte
Costos de taxes i tarifes portuàries	189,17 €/parada
Costos de les operatives portuàries	106,28 €/parada
Costos de combustible	393,79 €/trajecte
TOTAL PER TRAJECTE	**734,14 €**

Taula 11. Costos interns per FEU. Elaboració pròpia

5.4.2. Costos externs

Els costos externs d'un vaixell són aquells que no es reflecteixen directament en les despeses internes de l'operació, però tenen un impacte significatiu en la societat i el medi ambient. Aquests costos poden ser difícils de quantificar, però és important tenir-los en compte per a una anàlisi completa de l'impacte global de les operacions marítimes.

Entre els costos externs d'un vaixell es troben els impactes ambientals, com la contaminació atmosfèrica, la contaminació sonora, l'alteració dels ecosistemes marins i els riscos d'abocaments contaminants. Aquests costos poden tenir repercussions en la salut pública, la qualitat de l'aire i l'aigua, així com en la biodiversitat marina.

També hi ha costos externs relacionats amb la infraestructura portuària i les connexions terrestres, com ara la congestió del trànsit a les zones portuàries, la necessitat d'inversions en infraestructures de transport i els impactes socials en les comunitats locals.

La gestió adequada dels costos externs implica l'adopció de mesures per reduir l'impacte ambiental, com l'ús de combustibles més nets, la implementació de tecnologies de control de la contaminació i la millora de la eficiència energètica dels vaixells. També implica col·laborar amb les autoritats portuàries i altres actors per mitigar els impactes socials i millorar la sostenibilitat en general.

En resum, els costos externs d'un vaixell són aquells que van més enllà dels costos operatius interns i tenen implicacions en l'entorn social i ambiental. La consideració d'aquests costos és essencial per a una gestió responsable i sostenible de les operacions marítimes. Mitjançant l'adopció de pràctiques més sostenibles i la consciència dels impactes externs, és possible minimitzar aquests costos i millorar el rendiment global dels vaixells.

Per al càlcul dels costos deguts al soroll, accidents i congestió, s'utilitzaran els següents factors[16]:

- **Costos deguts al soroll**: es considera 0,0042428 € pel número de FEU transportats.

$$Costos\ soroll\ FEU\ i\ CEU = 0{,}0042428 \times 189 = \mathbf{0{,}80}\ €$$

- **Costos deguts als accidents**: es considera 0,00019 € per les tones per kilòmetre

$$Costos\ accidents = 0{,}00019 \times 6.237 \times 821 = \mathbf{972{,}91}\ €$$

- **Costos deguts a la congestió:** es considera 3,95 € pel número de FEU transportats.

$$Costos\ congestió = 3{,}95 \times 189 = \mathbf{746{,}55}\ €$$

Per a les emissions sobre la contaminació atmosfèrica i d'escalfament global considerant el consum del vaixell, s'utilitzarà el software Matlab Simroute:

CO2 generated (Tn)	383.84
SO2 generated (Tn)	1.23
NOx generated (Tn)	11.36
PM generated (Tn)	0.24

Figura 21. Emissió en Tones de CO2, SO2, NOx i PM.

[16] (F. Xavier Martínez de Osés & Marcel·la Castells i Sanabra, 2009)

Per als costos d'aquestes emissions s'utilitzaran les següents dades[17]:

Emissió	Cost (€/kg)
CO_2	2,4
SO_2	11,243
NOx	4,0209
PM	302,739

Taula 12. Costos de les emissions. Font: Porjecte REALISE. Elaboració pròpia

Càlcul dels costos externs

- **CO_2**

$$CO_2 = 383840 \times 2{,}4 = \mathbf{921.216}\ €$$

- **SO_2**

$$SO_2 = 1.230 \times 11{,}243 = \mathbf{13.828{,}89}\ €$$

- **NOx**

$$NOx = 11.360 \times 4{,}0209 = \mathbf{45.677{,}42}\ €$$

- **PM**

$$PM = 240 \times 302{,}739 = \mathbf{72.657{,}36}\ €$$

[17] (Regional Acction for Logistical Integration of Shipping across Europe, 2005)

Representació dels costos externs

COSTOS EXTERNS TRANSPORT MARÍTIM	
Soroll	0,80 €
Accidents	972,91 €
Congestió	746,55 €
CO_2	921.216 €
SO_2	13.828,89 €
NOx	45.677,42 €
PM	72.657,36 €
TOTAL	**1.055.099,93 €**

Taula 13. Costos externs totals. Elaboració pròpia

COSTOS EXTERNS PER FEU CARREGAT (189)	
Soroll	0,01€
Accidents	5,15 €
Congestió	3,95 €
CO_2	4.874,16 €
SO_2	73,17 €
NOx	241,68 €
PM	384,43 €
TOTAL	**5.582,55 €**

Taula 14. Costos externs per FEU. Elaboració pròpia.

5.4.3. Ingressos

Els ingressos d'un vaixell Ro-Pax són una part fonamental de la seva activitat i poden tenir un impacte significatiu en la seva viabilitat econòmica. Aquesta reflexió ens porta a considerar diverses dimensions:

En primer lloc, els ingressos provinents de la venda de bitllets per als passatgers i les tarifes de transport per als vehicles són la base del negoci. La capacitat de generar un flux constant d'ingressos depèn de la demanda de viatges i de la competitivitat dels preus oferts. Això implica entendre les necessitats dels passatgers i adaptar l'oferta per satisfer-les.

D'altra banda, els serveis a bord són una oportunitat per augmentar els ingressos. Restaurants, botigues, sales VIP i altres serveis complementaris poden proporcionar una experiència de viatge millorada i generar ingressos addicionals. La qualitat d'aquests serveis i la seva capacitat d'atendre les expectatives dels passatgers són factors clau per atraure clients i fomentar la fidelització.

A més, el transport de càrrega comercial pot ser una font important d'ingressos per als vaixells Ro-Pax. La capacitat de transportar camions, remolcs i altres vehicles de càrrega ofereix oportunitats per establir acords amb empreses logístiques i generador d'ingressos addicionals.

Cal destacar també l'impacte del turisme costaner en els ingressos dels vaixells Ro-Pax. La possibilitat de transportar passatgers entre ports costaners i facilitar l'accés a destinacions turístiques pot generar ingressos significatius tant per al vaixell com per als ports i destinacions relacionades.

En resum, els ingressos d'un vaixell Ro-Pax són el resultat de diversos factors com la venda de bitllets, les tarifes de transport, els serveis a bord, el transport de càrrega i el turisme costaner. La clau per aconseguir ingressos sostenibles és comprendre les necessitats dels clients, oferir serveis de qualitat i adaptar-se als canvis en la demanda i al mercat en general. Una gestió eficient i una estratègia orientada als ingressos permetran mantenir la viabilitat econòmica del vaixell i contribuir a la seva sostenibilitat a llarg termini.

5.4.4. Càrrega mínima per a cobrir costos per trajecte

A continuació, es definiran els preus per a embarcar al vaixell per a realitzar la ruta proposada. Un cop establerts els ingressos del vaixell, es calcularà el punt de càrrega en el qual el vaixell cobreix els costos.

Per a realitzar el càlcul dels ingressos del vaixell per viatge, s'ha partit de les següents dades[18]:

- El preu mig tenint en compte temporada alta i temporada baixa per passatger és de 60 € el trajecte.
- S'ha considerat que per cada cotxe carregat hi viatgen 2 passatgers. Aquest pack té una mitja de 200€ per trajecte.
- Considerem que el vaixell va ple amb 3.500 passatgers i tots els camarots (485) han estat venuts per 100 € per persona per trajecte. La capacitat dels camarots és de 4 persones.
- Considerem que per passatger consumeixen una mitja de 10 € en la restauració d'abord.
- Pagament de 15 € per passatger per trajecte de taxes portuàries.

		From Sete to Tanger Med			From Tanger Med to Sete		
		Sea Freight	BAF	THC SETE	Sea Freight	BAF	THC SETE
CAR		€ 258 each	€ 73 each	€ 50 each	€ 258 each	€ 67 each	€ 50 each
Rolling cargo on rubber wheels in gauge (max 30 tons)	Full	€ 105 x l.m.	€ 44 x l.m.	€ 10 x l.m.	€ 105 x l.m.	€ 40 x l.m.	€ 10 x l.m.
	Empty	€ 105 x l.m.	€ 44 x l.m.	€ 10 x l.m.	€ 105 x l.m.	€ 40 x l.m.	€ 10 x l.m.
Trailer in gauge (max 30 tons)	Full	€ 1250 each	€ 439 each		€ 1100 each	€ 409 each	
	Empty	€ 900 each	€ 314 each		€ 850 each	€ 299 each	
Truck&Trailer ~ 16,50 l.m. in gauge (max 40 tons)	Full	€ 1550 each	€ 481 each		€ 1400 each	€ 451 each	
	Empty	€ 1200 each	€ 356 each		€ 1100 each	€ 341 each	
Road Train ~ 18,50 l.m. in gauge (max 40 tons)	Full	€ 1750 each	€ 509 each		€ 1550 each	€ 479 each	
	Empty	€ 1350 each	€ 384 each		€ 1200 each	€ 369 each	
Staff loaded with general cargo / Cntr S. O.	20'	€ 672 each	€ 270 each	€ 165 each	€ 672 each	€ 225 each	€ 165 each
	40'	€ 1344 each	€ 540 each	€ 180 each	€ 1344 each	€ 450 each	€ 180 each
Driver Passage (full board in four bed cabin)		€ 150 each			€ 150 each		
Supplement for to connect and monitoring reefer cargo		€ 150 x unit			€ 150 x unit		

Figura 22. Llistat de preus per a la càrrega rodada en la ruta Tànger – Sete. Font: GNV Price List

Utilitzant com a guia aquests preus, es considera el preu d'un vehicle articulat de càrrega general , de no més de 16,5 m en 1200 € i un BAF per combustible consumit de 350 €, fa un preu total de 1550€. EL bitllet dels conductors disposa de descompte i té un preu de 30€.

[18] (Grimaldi Lines Booking, 2023)

Càlcul dels ingressos

- **Taxes portuàries**

$$3.500 \times 15 = \mathbf{52.500}\ €$$

- **Consum mig en restauració**

$$3.500 \times 10 = \mathbf{35.000}\ €$$

- **Venda de camarots**

$$485 \times 100 \times 4 = \mathbf{194.000}\ €$$

- **Cotxes carregats**

$$271 \times 200 = \mathbf{54.200}\ €$$

- **Vehicles de càrrega general articulats i conductors**

$$189 \times 30 = \mathbf{5.670}\ €\ \boldsymbol{conductors}$$

$$189 \times 1550 = \mathbf{292.950}\ €\ \boldsymbol{vehicles}$$

- **Bitllets senzills**

Restant-li a la capacitat màxima de 3.500 els 2.200 passatgers que han pagat bitllet amb camarot, els 542 que han pagat bitllet amb cotxe i els 189 conductors dels camions, queden 569 persones que embarquen amb bitllet senzill.

$$569 \times 60 = \mathbf{34.140}\ €$$

Representació dels ingressos

Taxes Portuàries	52.500 €
Consum mig en restauració	35.000 €
Venta de camarots	194.000 €
Cotxes carregats	54.200 €
Vehicles de càrrega i conductors	298.620 €
Bitllets senzills	34.140 €
INGRESSOS TOTALS	**668.460 €**

Taula 15. Ingressos totals. Elaboració pròpia.

Capacitat mínima per a cobrir costos

La capacitat mínima en un vaixell RO-PAX per cobrir els costos pot variar en funció de diversos factors, com els costos operatius del vaixell, els preus dels bitllets de passatgers i vehicles, els costos de combustible, els costos de manteniment i altres despeses associades. A més, els ingressos generats pel transport de passatgers i vehicles poden fluctuar segons la demanda del mercat i la competència en la ruta.

En general, per determinar la capacitat mínima necessària per cobrir els costos, cal tenir en compte els següents elements:

1. Costos operatius: Això inclou els costos de personal, els costos de combustible, els costos de manteniment i reparació, els assegurances i altres despeses administratives. Aquests costos han de ser coberts pels ingressos generats pel transport de passatgers i vehicles.
2. Ingressos per passatgers i vehicles: Cal analitzar la demanda esperada de passatgers i vehicles a la ruta específica. Els preus dels bitllets i les tarifes de transport de vehicles han de ser suficients per cobrir els costos operatius i generar beneficis.
3. Utilització del vaixell: La capacitat mínima requerida dependrà de la utilització del vaixell, és a dir, la freqüència i durada dels viatges. Si el vaixell pot operar amb alta utilització, potser no caldrà una capacitat tan gran per cobrir els costos, ja que els ingressos es generen en un període de temps més curt.

4. Competència i factors de mercat: La competència en la ruta i l'oferta i demanda en el mercat poden afectar els preus i la demanda de transport. Cal avaluar l'entorn competitiu i les condicions del mercat per determinar la capacitat mínima requerida per cobrir els costos.

És important realitzar un anàlisis detallat dels costos i els ingressos esperats per determinar la capacitat adequada en cada cas particular.

Càlcul de la càrrega mínima

Per a fer aquest càlcul, es necessiten els costos interns i els ingressos del vaixell per trajecte ja calculats anteriorment.

INGRESSOS I COSTOS PER TRAJECTE	
Costos Interns	138.751,09 €
Ingressos	668.460 €

Taula 16. Ingressos i costos per trajecte. Elaboració pròpia.

Un cop establertes aquestes dues dades, s'ha de calcular quin percentatge sobre els ingressos totals ocupen els costos interns. Aquest càlcul es realitza amb una regla de tres i s'obté un resultat del 20,76 %.

Aquest número indica que el vaixell ha d'obtenir un 20,76 % dels ingressos que podria obtenir 100% carregat per tal de que el trajecte sigui rentable.

Els ingressos haurien de ser els següents:

20,76 % D'INGRESSOS	
Taxes Portuàries	10.899 €
Consum mig en restauració	7.266 €
Venta de camarots	40.274,4 €
Cotxes carregats	11.251,92 €
Vehicles de càrrega i conductors	61.993,51 €
Bitllets senzills	7.087,46 €
INGRESSOS	**138.772,29 €**

Taula 17. Ingressos per a cobrir costos. Elaboració pròpia.

5.5. Anàlisi dels costos i ingressos

La reflexió sobre els costos i beneficis d'un vaixell tipus Ro-Pax permet comprendre millor el valor i l'impacte d'aquesta activitat marítima.

Els costos associats a un vaixell de tipus Ro-Pax són significatius. Des de la inversió inicial en l'adquisició del vaixell fins als costos operatius diaris, incloent-hi combustible, manteniment, taxes portuàries i despeses de gestió. A més, s'han de considerar els costos de capital, com els interessos del finançament.

Però també hi ha beneficis importants a tenir en compte. Els vaixells tipus Ro-Pax ofereixen una forma eficient i còmoda de transportar passatgers i vehicles, evitant la congestió del trànsit terrestre. Això pot proporcionar una experiència de viatge agradable per als passatgers i un mitjà de transport convenient per a les empreses de logística i transport. Els ingressos generats per la venda de bitllets de passatgers, tarifes de transport de vehicles i serveis addicionals a bord contribueixen als beneficis financers.

A més, els vaixells tipus Ro-Pax poden tenir un impacte positiu en el turisme i el desenvolupament econòmic local. Poden connectar regions, potenciar el turisme costaner i crear oportunitats comercials per a les comunitats portuàries.

No obstant això, és essencial equilibrar els beneficis amb una gestió responsable i sostenible. És important tenir en compte els costos externs, com la contaminació ambiental i els impactes socials, i prendre mesures per reduir-los al màxim possible. L'adopció de tecnologies més netes, la millora de l'eficiència energètica i la col·laboració amb les comunitats locals són aspectes importants per garantir que els beneficis superin els costos i que l'activitat del vaixell tipus Ro-Pax sigui sostenible a llarg termini.

En conclusió, l'anàlisi dels costos i beneficis d'un vaixell tipus Ro-Pax recorda la importància d'una gestió eficient i sostenible. Amb una planificació adequada, una atenció als costos i una consideració dels beneficis a curt i llarg termini, es pot crear una operació exitosa que proporcioni serveis de qualitat, contribueixi al desenvolupament econòmic i minimitzi els impactes negatius en el medi ambient i les comunitats.

Capítol 6. Comparativa de costos i temps entre la ruta terrestre i la marítima

Una vegada s'ha finalitzat l'estudi de les dues rutes i se'n ha analitzat els seus costos interns i externs, es pot fer una comparació que permeti identificar i raonar quin és el mètode de transport més eficient per a realitzar una ruta comercial entre Barcelona i Civitavecchia i quin tipus de vaixell seria més adient per a realitzar-la.

6.1. Comparativa de costos interns

La comparació de costos interns entre un vaixell RO-PAX i un camió articulat de càrrega general és un aspecte clau en la presa de decisions logístiques. Cal tenir en compte diverses variables per avaluar quina opció és més eficient i econòmica per a un viatge específic.

Un vaixell RO-PAX té una capacitat de càrrega més gran en comparació amb un camió articulat, ja que pot transportar no només mercaderies, sinó també passatgers i vehicles de càrrega rodada. Això pot generar ingressos addicionals i augmentar l'eficiència general del transport marítim. No obstant això, l'amplada de les operacions d'un vaixell RO-PAX també implica costos més elevats.

Els costos interns d'un vaixell RO-PAX inclouen factors com el consum de combustible, el manteniment del vaixell, els costos del personal i les taxes portuàries. Aquests costos poden ser considerables, ja que els vaixells RO-PAX solen ser grans i requerir una tripulació important, així com instal·lacions portuàries especialitzades.

D'altra banda, un camió articulat de càrrega general té costos interns que estan més relacionats amb el consum de combustible, el manteniment del vehicle i les despeses de personal. Tot i això, la capacitat de càrrega d'un camió articulat és limitada en comparació amb un vaixell RO-PAX, el que pot suposar una desavantatge en termes de costos per unitat de càrrega transportada.

Una altra consideració important en la comparació de costos és l'eficiència operativa. Un vaixell RO-PAX sol tenir un horari i una freqüència de servei fixos, ja que està dissenyat principalment per al transport de passatgers i vehicles de càrrega rodada. Això pot limitar la flexibilitat en els terminis de lliurament i les opcions de programació del transport de càrrega general. D'altra banda, un camió articulat de càrrega general ofereix una major flexibilitat en termes de lliurament de porta a porta i adaptabilitat als requisits específics del client.

La distància del viatge també pot influir en els costos interns. El transport marítim és més eficient per a distàncies llargues, ja que els vaixells RO-PAX poden cobrir grans distàncies de manera econòmica. Per contra, el transport per carretera pot ser més eficient per a distàncies més curtes, ja que no requereix trasllat a un port i pot oferir lliurament directe.

En conclusió, la comparació de costos interns entre un vaixell RO-PAX i un camió articulat de càrrega general implica l'avaluació de diversos factors com la capacitat de càrrega, els costos operatius, la flexibilitat en els terminis de lliurament i la distància del viatge.

Representació dels costos interns dels dos mètodes

COSTOS INTERNS PER TRAJECTE			
Transport marítim		**Transport per carretera**	
Costos Totals	138.751,09 €	Costos Totals / FEU	1.941,34 €
Costos per FEU	734,14 €		

Taula 18. Taula comparativa dels costos interns. Elaboració pròpia.

Com es pot observar en l'anterior taula, els costos interns del transport marítim per al trajecte de Barcelona – Civitavecchia són bastant alts degut a que el vaixell Cruise Roma té una màquina molt potent que ha d'empènyer un vaixell amb molta capacitat de càrrega a grans velocitats, per tant el consum de combustible és molt alt per aquest vaixell. També es deu a que és un vaixell amb alts costos en operatives i taxes portuàries degut al seu gran volum i per la infraestructura portuària que necessita per carregar i descarregar el vaixell sencer.

Al comparar els costos per FEU, podem observar que els del transport marítim són prou baixos ja que el Cruise Roma té una capacitat de transport aproximada a 189 unitats i el cost intern per a la naviera per transportar cada FEU ascendeix fins a 734,14€.

En el transport per carretera podem observar que els costos interns són majors que en el transport marítim ja que aquest tipus de camió només pot transportar una unitat per trajecte, cosa que el fa molt poc eficient en aquest aspecte en comparació amb el transport marítim.

6.2. Comparativa de costos externs

La comparació dels costos externs entre un vaixell RO-PAX i un camió articulat de càrrega general és un aspecte crític a tenir en compte en la presa de decisions logístiques i sostenibles. A mesura que augmenta la preocupació per l'impacte ambiental del transport de mercaderies, és essencial avaluar les conseqüències mediambientals de cada opció de transport.

Un vaixell RO-PAX té un impacte mediambiental més significatiu en comparació amb un camió articulat de càrrega general, especialment en termes d'emissions de gasos contaminants. Aquestes emissions es deriven de la combustió de combustible fòssil del vaixell, ja que solen ser grans i requereixen una quantitat de combustible per funcionar. Les emissions de diòxid de carboni (CO_2), òxids de nitrogen (NOx), les partícules sòlides (PM) i el diòxid de sofre (SO_2) poden tenir un impacte negatiu en la qualitat de l'aire i contribuir al canvi climàtic i la contaminació atmosfèrica.

D'altra banda, un camió articulat de càrrega general també té un impacte mediambiental, però en menor mesura que un vaixell RO-PAX. Les emissions de gasos contaminants dels camions estan més relacionades amb la combustió del combustible i les emissions d'escapament. Tot i això, les tecnologies de motors més recents i les normatives més estrictes sobre emissions han permès reduir les emissions de CO_2, NOx, PM i SO2 dels camions. També hi ha una major consciència sobre l'ús de combustibles més nets i alternatius, com ara els vehicles elèctrics o de baixes emissions.

És important destacar que tant el vaixell RO-PAX com el camió articulat poden prendre mesures per reduir el seu impacte mediambiental. Aquestes accions poden incloure l'ús de tecnologies més eficients, la millora de la gestió de residus, la implementació de pràctiques de navegació més sostenibles i l'adopció de combustibles més nets o alternatius. És crucial fomentar la innovació i la col·laboració entre les indústries del transport marítim i del transport terrestre per millorar la seva sostenibilitat i reduir l'impacte sobre l'entorn natural.

En conclusió, la comparació dels costos mediambientals entre un vaixell RO-PAX i un camió articulat de càrrega general indica que el vaixell RO-PAX té un impacte mediambiental més gran a causa de les seves emissions de gasos contaminants. No obstant això, amb les tecnologies i les pràctiques adequades, tots dos mitjans de transport poden prendre mesures per reduir el seu impacte i avançar cap a un sistema de transport més sostenible. És essencial promoure una transició cap a solucions més netes i més eficients per protegir el medi ambient i garantir una economia de baixes emissions de carboni en el futur.

Representació dels costos externs dels dos mètodes

COSTOS EXTERNS PER TRAJECTE			
Transport marítim		**Transport per carretera**	
Costos Totals	1.055.099,93 €	Costos Totals / FEU	572,62 €
Costos per FEU	5.582,55 €		

Taula 19. Taula comparativa dels costos externs. Elaboració pròpia.

Com es pot observar en l'anterior taula, el transport marítim ha produït uns costos externs força elevats. Aquests costos externs tant elevats es deuen a que el vaixell utilitzat per a la ruta, és un vaixell de gran eslora i mànega de gran desplaçament, amb una màquina molt potent i uns espais de càrrega de FEU reduïts en comparació amb el volum total del vaixell ja que es destina gran part del vaixell a la acomodació dels passatgers que hi viatgen i a la càrrega rodada lleugera.

Per aquests motius els costos per FEU són més elevats en el transport marítim utilitzant aquest tipus de vaixell que per la via terrestre. Si es canviés el tipus de vaixell per a un vaixell Con-Ro, o un portacontenidors amb dimensions més petites, més capacitat de càrrega i una màquina menys potent, s'obtindrien uns resultats més eficients que els anteriorment calculats per al transport marítim.

Però, en rutes curtes, s'utilitzen els vaixells tipus Ro-Pax ja que degut a la facilitat d'embarcament i desembarcament de la càrrega rodada, s'estalvia molt de temps en l'operativa portuària i és per això, més eficient.

6.3. Comparativa de temps

La comparació del temps requerit per realitzar la ruta entre Barcelona i Civitavecchia per via marítima en un vaixell Ro-Pax i per via terrestre en un camió articulat de càrrega general és un tema interessant que planteja diverses consideracions. Tant la modalitat marítima com la terrestre tenen avantatges i desavantatges, i cal tenir en compte diversos factors per determinar quina opció és més eficient des del punt de vista temporal.

En primer lloc, s'ha de considerar la distància i les velocitats mitjanes de les dues modalitats de transport. La distància entre Barcelona i Civitavecchia és d'aproximadament 1.274 km. En un camió articulat, la velocitat mitjana pot variar en funció de diversos factors, com ara les limitacions de velocitat, les condicions del trànsit i la naturalesa del terreny. És difícil donar una velocitat mitjana exacta per a aquesta ruta, però, en general, un camió articulat pot assolir una velocitat mitjana de 60-90 quilòmetres per hora.

D'altra banda, un vaixell Ro-Pax, pot navegar a una velocitat mitjana de 20-25 nusos, que equival a uns 37-46 quilòmetres per hora durant els 821 km que separen Barcelona i Civitavecchia per via marítima.

Un segon factor a considerar és l'eficiència dels processos de càrrega i descàrrega en cada modalitat de transport. En un camió articulat, la càrrega i la descàrrega poden requerir temps addicional, ja que el conductor ha de manipular la càrrega manualment. Aquest procés pot ser més lent i requereix més treball humà. D'altra banda, en un vaixell Ro-Pax, la càrrega i la descàrrega de vehicles es poden realitzar de manera més ràpida i eficient, ja que es poden utilitzar rampes i altres sistemes automàtics per moure els vehicles. Això pot reduir significativament el temps total requerit per aquestes operacions.

Un tercer factor important a tenir en compte és la congestió del trànsit. Les carreteres, especialment en àrees urbanes i en zones amb un alt volum de trànsit de camions, poden experimentar congestió, que pot afectar significativament el temps de viatge d'un camió articulat. Les retencions de trànsit, els accidents i altres factors imprevistos poden provocar demores significatives en un viatge terrestre. D'altra banda, els vaixells Ro-Pax solen seguir rutes marítimes predeterminades i no estan subjectes a la congestió del trànsit terrestre. Això pot garantir un temps de viatge més estable i previsible en la modalitat marítima.

No obstant això, és important assenyalar que la freqüència de sortida dels vaixells Ro-Pax pot ser menor que la disponibilitat de camions articulats. Si no hi ha una alta demanda de transport entre Barcelona i Civitavecchia, és possible que els vaixells Ro-Pax només operin en determinats horaris o dies de la setmana. Això pot limitar la flexibilitat dels horaris de sortida i arribada i pot ser un factor a tenir en compte per a les empreses i els individus que necessitin enviar o rebre mercaderies en un període específic.

Altres factors com ara el clima, la temporada turística i les condicions de la mar també poden influir en el temps requerit per un viatge marítim. Tempestes, vents forts o altres condicions adverses poden retardar o fins i tot cancel·lar els trajectes marítims, cosa que no s'aplica al transport terrestre.

En conclusió, la comparació del temps requerit per realitzar la ruta Barcelona - Civitavecchia per via marítima en un vaixell Ro-Pax i per via terrestre en un camió articulat de càrrega general planteja diversos factors a considerar. Tot i que els vaixells Ro-Pax solen tenir una velocitat mitjana més constant i poden oferir processos de càrrega i descàrrega més eficients, les limitacions de freqüència de sortida i els factors externs com ara el clima poden afectar el temps total del viatge marítim. D'altra banda, el transport terrestre en camió articulat pot estar subjecte a la congestió del trànsit i altres imprevistos en carretera que poden allargar el temps de viatge. Cada modalitat té les seves avantatges i desavantatges, i la selecció depèn de les necessitats específiques de l'empresa o l'individu, així com de la naturalesa de la càrrega i altres factors contextuals.

Representació dels temps dels dos mètodes

TEMPS PER TRAJECTE			
Transport marítim		**Transport per carretera**	
Temps	24 hores	Temps	34,5 hores

Taula 20. Taula comparativa dels temps. Elaboració pròpia.

Com es pot observar en l'anterior taula, el transport marítim avantatja al terrestre en 10 hores i 30 minuts. Això és degut a que per via marítima el vaixell tarda només 19 hores aproximadament (depenent de la climatologia) en arribar al seu destí i ocupa 5 hores aproximades a port en operatives portuàries de càrrega i descàrrega.

D'altra banda, el transport per via terrestre es demora més degut a l'increment de quilometres que ha de recórrer el camió en comparació amb el vaixell i pels descansos obligats als que està imposat el conductor del camió.

Capítol 7. Nova línia marítima per a descongestionar els Pirineus

La metodologia per a estudiar una ruta existent coberta per mar serà la següent:

- Seleccionar un vaixell per a cobrir la ruta i la seva capacitat.
- Definir la càrrega a transportar.
- Definir la ruta que cobreix el vaixell.
- Estudiar els costos

7.1. El vaixell

Per a la proposta de la nova línia marítima, s'ha escollit un vaixell passatge/ro-ro de nova generació amb molta capacitat de càrrega rodada, una acomodació molt reduïda i una màquina molt eficient. Aquest vaixell és el *"Humbria Seaways",* operat per la naviera *"DFDS".*

Les característiques són les següents:

NOM DEL VAIXELL	TIPUS	ESLORA (m)	MÀNEGA (m)	CALAT (m)	GT	VELOCITAT (kn)	MÀQUINA (kW)
Humbria Seaways	Ro-Ro	237,4	33	7	55.780	25	23.600

Taula 21. Característiques del vaixell seleccionat. Elaboració pròpia

Figura 23. Humbria Seaways. Font: Google.

7.2. La càrrega

La càrrega que es transportarà a bord, serà únicament vehicles articulats de càrrega general amb les mateixes característiques els que s'han transportat en el *Cruise Roma.*

El camió tindrà una longitud total de 16,5 metres[19], i un pes total de 33 Tn (15 Tn del camió i 18 Tn de la càrrega). Però complint amb la normativa internacional sobre la estiba, considerarem la longitud total del camió en 19,5 metres (1,5 metres a proa i popa per al trincatge).

La capacitat de càrrega rodada del *Humbria Seaways* és de 6.700 metres lineals.

- **FEUs teòrics**

$$FEUs = \frac{metres\ lineals\ de\ càrrega}{longitud\ total\ unitat\ de\ càrrega} = \frac{6.700}{19{,}5} = \mathbf{343{,}59\ \boldsymbol{unitats}}$$

El vaixell podrà transportar un màxim de 343 vehicles pesats de càrrega per viatge considerant que a cada viatge va carregat al 100%.

- **Pes total dels vehicles articulats pesats carregats**

$$Pes\ total\ vehicles = unitats\ carregades \times pes\ per\ unitat = 343 \times 33 = \mathbf{11.319\ \boldsymbol{Tn}}$$

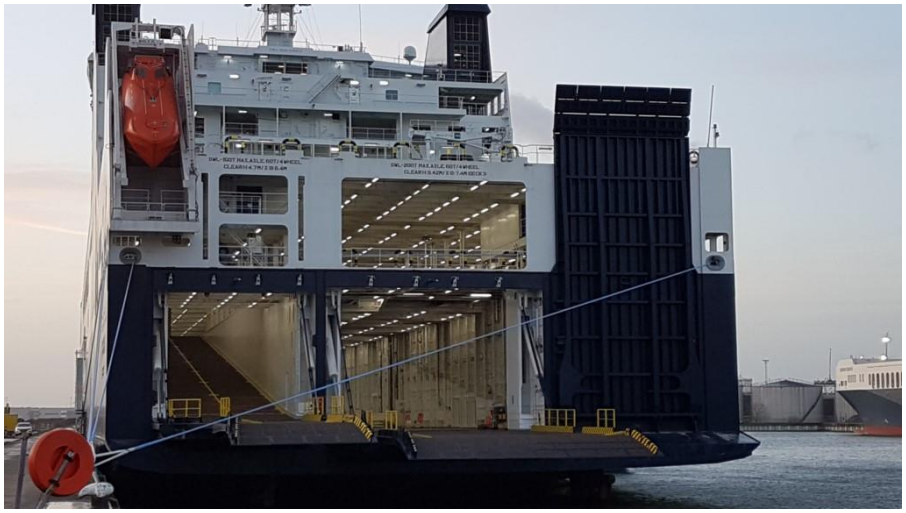


Figura 24. Rampes d'entrada de la càrrega rodada. Font: Google.

[19] (Directiva 2002 CE, 18 de febrer del 2002)

7.3. La ruta a proposar

La ruta a proposar, depèn principalment de l'objectiu de la tesi, el qual és descongestionar el pas dels Pirineus de càrrega rodada pesada. Per aquest motiu, s'ha seleccionat la ruta Barcelona – Marsella.

Marsella és la segona ciutat més habitada de França després de París. És el port comercial més important del Mediterrani francès i un dels més importants de tot el Mediterrani, gràcies a la seva important activitat industrial. La seva ubicació, al mig de la costa Sud francesa, la fa estratègica ja que per les carreteres i infraestructures és fàcil i ràpid arribar-hi des de qualsevol punt del Sud de França.

Amb l'ajuda de l'aplicació *Matlab Simroute* s'ha creat la ruta entre el port de Barcelona i el port de Marsella. La distància total és de 188,4 milles.

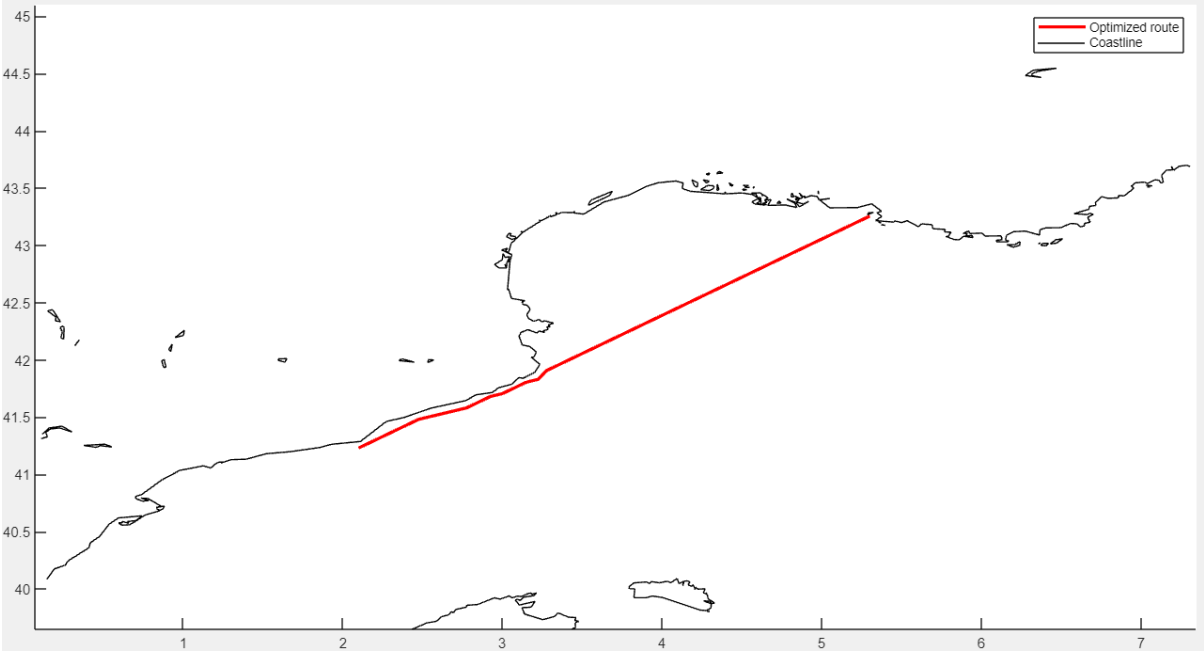


Figura 25. Ruta Barcelona - Marsella. Font: Matlab Simroute.

La velocitat creuer del vaixell és de 25 kn. Tenint en compte les sortides , arribades i maniobres a port, aquesta velocitat mitja del trajecte s'ha reduït fins a 23 kn.

Per tant el temps total que tarda el vaixell en realitzar el trajecte és de 8 hores de navegació aproximadament depenent de la climatologia.

S'aplica un temps d'operativa de 2 hores per càrrega i 2 hores més per a la descàrrega. Per tant el temps total d'un trajecte serà de 12 hores, permetent així poder fer una anada i tornada el mateix dia (12 hores i 12 hores).

7.4. Estudi dels costos del vaixell

L'estudi dels costos es divideix entre:

- Costos interns
- Costos externs

7.4.1. Costos interns

- **Cost del capital ($C_{capital}$)**

$$Ccapital = 6{,}827 \times GT^{0{,}63} (€/\text{dia})$$

$$Ccapital = 6{,}827 \times 55.780^{0{,}63} = \mathbf{6.675{,}92}\ €/\boldsymbol{dia}$$

- **Costos de reparacions, assegurances, manteniment i tràmits (C_{ramt})**

$$Cramt = 0{,}238 \times GT^{0{,}63} (€/\text{dia})$$

$$Cramt = 0{,}238 \times 55.780^{0{,}63} = \mathbf{232{,}73}\ €/\boldsymbol{dia}$$

- **Costos de la tripulació ($C_{tripulació}$)**

$$Ctripulació = 1{,}043 \times GT^{0{,}618}\ (€/\text{dia})$$

$$Ctripulació = 1{,}043 \times 55.780^{0{,}618} = \mathbf{894{,}56}\ €/\boldsymbol{dia}$$

- **Costos de taxes i tarifes portuàries (C_{taxes})**

$$Ctripulació = 69{,}68 \times GT^{0{,}463} + 87{,}26 \times GT^{0{,}508} (€/\text{parada})$$

$$Ctripulació = 69{,}68 \times 55.780^{0{,}463} + 87{,}26 \times 55.780^{0{,}508} = \mathbf{33.475{,}07}\ €/\mathbf{parada}$$

- **Costos de les operatives portuàries ($C_{Op.Port}$)**

$$COp.Port = 215{,}33 \times GT^{0{,}41}\ (€/\text{parada})$$

$$COp.Port = 215{,}33 \times 55.780^{0{,}41} = \mathbf{19.017{,}82}\ €/\mathbf{parada}$$

- **Costos de combustible ($C_{combustible}$)**

Per a calcular el cost del combustible, es partirà d'un consum mig de 180 g/kWh, generalment aplicat a vaixells moderns propulsats per motors dièsel de 4 temps.

S'ha de tenir en compte que la potència de la màquina no és del 100%. Normalment en navegació s'aplica un MCR no superior al 80%, i en sortides, aproximacions a port i maniobres dins de port, és molt menor, així que es considera que la mitja de potència de màquina utilitzada al completar el trajecte és del 75%.

Per a establir el consum del vaixell, s'utilitzarà el software SIMROUTE del MATLAB en el qual s'han introduït les dades del vaixell a utilitzar i s'ha calculat el seu consum en la ruta Barcelona – Civitavecchia en unes condiciones climatològiques en les que les oles més grans enfrontades durant la ruta eren de 1 metre.

El consum ha estat de 27,81 Tn per a les següents característiques de la màquina:

Ship characteristics	
Engine Load (%)	75
Engine Power (kW)	23600.0
Desing Velocity (kn)	25
Specfici fuel oil consumption (g/KWh)	180
Engine rpm	123

Fuel characteristics	
Sulphur content of fuel for fuel oil (mass %)	0.005
Carbon content of fuel (mass %)	0.85

Figura 26. Característiques del vaixell. Font: Matlab Simroute.

Un cop establert que el consum per trajecte és de 27,81 Tn, s'ha de multiplicar pe'l preu del gasoil de baix contingut en sofre, el qual a dia del càlcul és de 484,51 €/Tn.

$$Combustible = 27{,}81 \times 484{,}51 = \mathbf{13.474{,}22}\ € \ \boldsymbol{per\ trajecte}$$

Representació dels costos interns

Al estimar una duració de trajecte entre navegació i operatives portuàries de 12 hores, els costos diaris els dividim entre dos per a poder calcular el cost per trajecte.

COSTOS INTERNS PER TRAJECTE DEL TRANSPORT MARÍTIM			
Distància (mn)	**Temps (h)**	**Càrrega (Tn)**	**GT**
188,4	8 navegant + 4 a port	11.319	55.780
Cost del capital		3.337,96 €/trajecte	
Cost de reparacions, assegurances, manteniment i tràmits		116,37 €/trajecte	
Costos de la tripulació		447,28 €/trajecte	
Costos de taxes i tarifes portuàries		33.475,07 €/parada	
Costos de les operatives portuàries		19.017,82 €/parada	
Costos de combustible		13.474.22 €/trajecte	
TOTAL PER TRAJECTE		**69.868,72 €**	

Taula 22. Costos interns del transport marítim. Elaboració pròpia.

COSTOS INTERNS PER TRAJECTE I PER FEU CARREGAT (343)	
Cost del capital	9,73 €/trajecte
Cost de reparacions, assegurances, manteniment i tràmits	0,34 €/trajecte
Costos de la tripulació	1,30 €/trajecte
Costos de taxes i tarifes portuàries	97,59 €/parada
Costos de les operatives portuàries	55,45 €/parada
Costos de combustible	39,28 €/trajecte
TOTAL PER TRAJECTE	**203,69 €**

Taula 23. Costos interns per FEU. Elaboració pròpia.

7.4.2. Costos externs

Per al càlcul dels costos deguts al soroll, accidents i congestió, s'utilitzaran els següents factors[20]:

- **Costos deguts al soroll**: es considera 0,0042428 € pel número de FEU transportats.

$$Costos\ soroll\ FEU\ i\ CEU = 0{,}0042428 \times 343 = \mathbf{1{,}46}\ €$$

- **Costos deguts als accidents**: es considera 0,00019 € per les tones per kilòmetre

$$Costos\ accidents = 0{,}00019 \times 11.319 \times 349 = \mathbf{750{,}56}\ €$$

- **Costos deguts a la congestió:** es considera 3,95 € pel número de FEU transportats.

$$Costos\ congestió = 3{,}95 \times 343 = \mathbf{1.354{,}85}\ €$$

Per a les emissions sobre la contaminació atmosfèrica i d'escalfament global considerant el consum del vaixell, s'utilitzarà el software Matlab Simroute:

CO2 generated (Tn)	69.51
SO2 generated (Tn)	0.22
NOx generated (Tn)	2.11
PM generated (Tn)	0.04

Figura 27. Emissió en Tones de CO2, SO2, NOx i PM. Font: Matlab Simroute.

[20] (F. Xavier Martínez de Osés & Marcel·la Castells i Sanabra, 2009)

Per als costos d'aquestes emissions s'utilitzaran les següents dades[21]:

Emissió	Cost (€/kg)
CO_2	2,4
SO_2	11,243
NOx	4,0209
PM	302,739

Taula 24. Costos de les emissions. Font: Porjecte REALISE. Elaboració pròpia.

Càlcul dels costos externs

- **CO_2**

$$CO_2 = 69.510 \times 2{,}4 = \mathbf{166.824}\ €$$

- **SO_2**

$$SO_2 = 220 \times 11{,}243 = \mathbf{2.473{,}46}\ €$$

- **NOx**

$$NOx = 2.110 \times 4{,}0209 = \mathbf{8.484{,}10}\ €$$

- **PM**

$$PM = 40 \times 302{,}739 = \mathbf{12.109{,}56}\ €$$

[21] (Regional Acction for Logistical Integration of Shipping across Europe, 2005)

Representació dels costos externs

COSTOS EXTERNS TRANSPORT MARÍTIM	
Soroll	1,46 €
Accidents	750,56 €
Congestió	1354,85 €
CO_2	166.824 €
SO_2	2.473,46 €
NOx	8.484,10 €
PM	12.109,56 €
TOTAL	**191.997,99 €**

Taula 25. Costos externs totals. Elaboració pròpia.

COSTOS EXTERNS PER FEU CARREGAT (343)	
Soroll	0,01€
Accidents	2,19 €
Congestió	3,95 €
CO_2	486,37 €
SO_2	7,21 €
NOx	24,73 €
PM	35,30 €
TOTAL	**559,76 €**

Taula 26. Costos externs per FEU. Elaboració pròpia.

Capítol 8. Descongestió dels Pirineus

La cooperació entre Espanya i França en matèria de transport de mercaderies és crucial per garantir un flux eficient i segur. Fomentar la comunicació i l'intercanvi d'informació entre les autoritats duaneres i els operadors logístics pot millorar la gestió de les fronteres i reduir els temps d'espera.

Malgrat les facilitats, el transport de mercaderies a través dels passos fronterers pot estar subjecte a endarreriments i congestions, especialment en punts amb un gran volum de tràfic. És important treballar en la coordinació entre els governs i millorar la infraestructura per agilitzar els procediments fronterers.

El transport de mercaderies pot tenir un impacte significatiu en el medi ambient, especialment si es basa principalment en vehicles de combustió. Promoure solucions de transport més sostenibles, com el ferrocarril o el transport marítim, pot ser beneficiós per a la regió i el medi ambient.

8.1. Connexions i tràfic Espanya – França

Xarxa estructurant per carretera

Figura 28. Passos fronterers per carretera. Font: Observatorio hispano-francés de Tráfico en los Pirineos.

Hi ha un total de 27 connexions per carretera entre Espanya i França a través dels Pirineus, de diferents categories. 26 carreteres travessen la frontera franco-espanyola i una altra via connecta ambdós països creuant el Principat d'Andorra.

Les principals vies de connexió són les autopistes costaneres (la AP-7/A9 a la façana mediterrània i la AP-8/A63 a la façana atlàntica), per les quals circula el 39,90% del trànsit transfronterer.[22]

	LADO FRANCÉS	LADO ESPAÑOL	
Carretera	**Identificación del paso**	**Identificación del paso**	**Carretera**
RD 912	**Hendaye**	**Irún**	**GI-636-H**
RD 810	**Hendaye (Béhobie) - Bordeaux**	**Donostia/San Sebastián - Irún**	**GI-636**
A 63	**Hendaye (Biriatou) - Bayonne**	**Donostia/San Sebastián - Irún**	**A-8-A**
RD 404	Col d´Ibardin	Puerto de Ibardín	NA-1310
RD 406	Sare Ouest	Puerto de Lizuñaga	NA-4410
RD 306	Col de Lizarrieta	Etxalar - Lizarreta	NA-4400
RD 4 + RD 20	Ainhoa - Dancharia - Bayonne	Pamplona -Landibar	N-121-B
RD 949	St. Etienne de Baygorry	Erratzu - Izpegui	NA-2600
RD 58	Col d´Urquiaga (Esnazu)	Eugi - Olaberri	N-138
RD 933	St. Jean Pied-de-Port - Orthez	Pamplona - Roncesvalles - Valcarlos	N-135
RD 26	Larrau - Tardets	Ochagavía	NA-2011
RD 132	Pierre St. Martin - Arette	Isaba - Piedra de San Martín	NA-1370
RN 134	**Somport (tunnel) - Pau**	**Huesca - Somport (túnel)**	**N-330**
RN 134	Col du Somport - Pau	Huesca - Somport	N-330a
RD 934	Col du Pourtalet - Pau	Huesca - Portalet	A-136
RD 929	Aragnouet - Lannemezan	Barbastro - Bielsa	A-138
RD 618	Col du Portillon - Bagnères de Luchon	Puerto del Portillón	N-141
RN 125	**Fos - Montréjeau**	**Lleida - Vielha - Les**	**N-230**
RN 22	**Andorre - Ax - Toulouse**	**Lleida - La Seu d´Urgel - Andorra**	**N-145**
RN 20	**Ur - Toulouse**	**Puigcerdà - Barcelona**	**N-154**
Voie Communale	Bourg-Madame	Puigcerdà	N-152
RD 115	Prats de Molló	Molló - Coll d´Ares	C-38
RD 3	Sant Llorenç de Cerdans	Maçanet de Cabrenys	GI-503
RD 13	Ceret	La Vajol	GI-501
RD 900	**Le Perthus - Perpignan**	**Barcelona - La Jonquera**	**A-2**
A 9	**Le Boulou - Perpignan**	**Barcelona - La Jonquera**	**AP-7**
RD 914	Cerbère - Perpignan	Barcelona - Figueres - Port Bou	N-260

Figura 29. Vies de connexió. Font: Observatorio hispano-francés de Tráfico en los Pirineos.

Els passos fronterers més importants i amb més circulació, estan destacats en color gris.

[22] (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2020)

No tots els passos fronterers anteriors ens serveixen per al tipus de camió utilitzat en l'estudi. Recordar que es tracta d'un vehicle pesat articulat amb un pes total incloent la càrrega de 33 tones.

Això és degut a que hi ha les següents restriccions en algunes de les vies:

- Al costat francès de la façana atlàntica, la circulació de vehicles pesats de més de 7,5 tones està prohibida a la RD 810 i la RD 912 (excepte per a serveis locals), però poden circular pels passos fronterers que travessen el Bidasoa.

- Al costat francès de la façana mediterrània, els camions de més de 11 tones no poden travessar el poble del Perthus per la RD 900 i la circulació de vehicles pesats de més de 20 tones està prohibida a la RD 914, entre Port-Vendres i la frontera.

- A la carretera local de Bourg-Madame (abans RN20), està prohibida la circulació de vehicles de més de 3,5 tones (excepte per a serveis locals) entre el creuament amb la RN 116 i la frontera des de l'any 2007. La circulació de vehicles pesats afectats per aquesta prohibició es va traslladar al pas d'Ur-Toulouse.

A continuació es mostra una taula on es veuen representats els 10 passos fronterers que tenen un major tràfic fronterer de mercaderies el 2017.

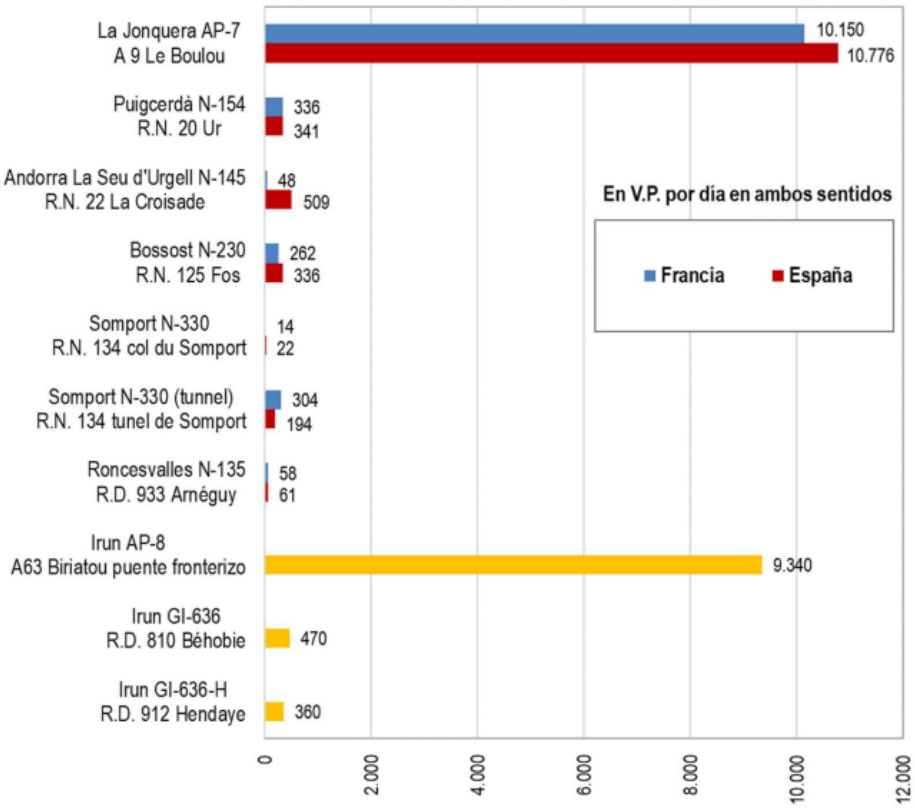


Figura 30. IMD vehicles pesats. Font: Observatorio hispano-francés de Tráfico en los Pirineos.

Tenint en compte les consideracions anteriors, el total de vehicles pesats (sense incloure autobusos) que van creuar els Pirineus el 2017 va ser d'una IMD de 21.342 vehicles. Si s'inclouen els autobusos, el nombre de vehicles pesats que van creuar la frontera entre Espanya i França el 2017 va ser de 21.934. Comptabilitzant autobusos, la majoria de vehicles pesats, un 91%, van utilitzar les autopistes. La resta es va distribuir entre els ponts bascos, un 4%, i els passos interiors, un 5%.

Resum del transport de mercaderies a través dels Pirineus el 2017 (en milions de tones)

Modalitat de transport	França	UE15[23] sense França	Resta de la UE28[24]	Candidats a la UE[23]	Resta d'Europa[23]	TOTAL
Carretera	58,2	43,5	6,8	1,0	1,0	**110,6**
Ferrocarril	0,5	2,4	0,1	0,0	0,0	**3,0**
Marítim	12,5	78,6	9,9	20,9	27,0	**149,0**
Total	**71,3**	**124,6**	**16,8**	**21,9**	**28,0**	**262,6**

Taula 27.Transport de mercaderies en milions de tones. Font: Observatorio hispano-francés de Tráfico en los Pirineos. Elaboració pròpia.

[23] UE15 fa referència a la Unió Europea amb els 15 països membres que la componien abans del 2004 (França, Alemanya, Itàlia, Bèlgica, Països Baixos, Luxemburg, Regne Unit, Irlanda, Dinamarca, Grècia, Espanya, Portugal, Suècia, Finlàndia i Àustria).

[24] Els 10 països integrats en la Unió Europea el 2004 (Estònia, Letònia, Lituània, Polònia, República Txeca, Eslovàquia, Hongria, Eslovènia, Xipre, Malta), els 2 països integrats en la Unió Europea el 2007 (Bulgària, Romania), els països integrats el 2013 (Croàcia), els països candidats (Albània, Antiga República Iugoslava de Macedònia, Montenegro, Sèrbia i Turquia) i els altres països (Bòsnia i Hercegovina, Moldàvia, Ucraïna, Bielorússia, Rússia, Geòrgia, Armènia, Azerbaidjan, Islàndia)

Distribució del transport de mercaderies entre la Península Ibèrica i Europa el 2017 (en milions de tones)

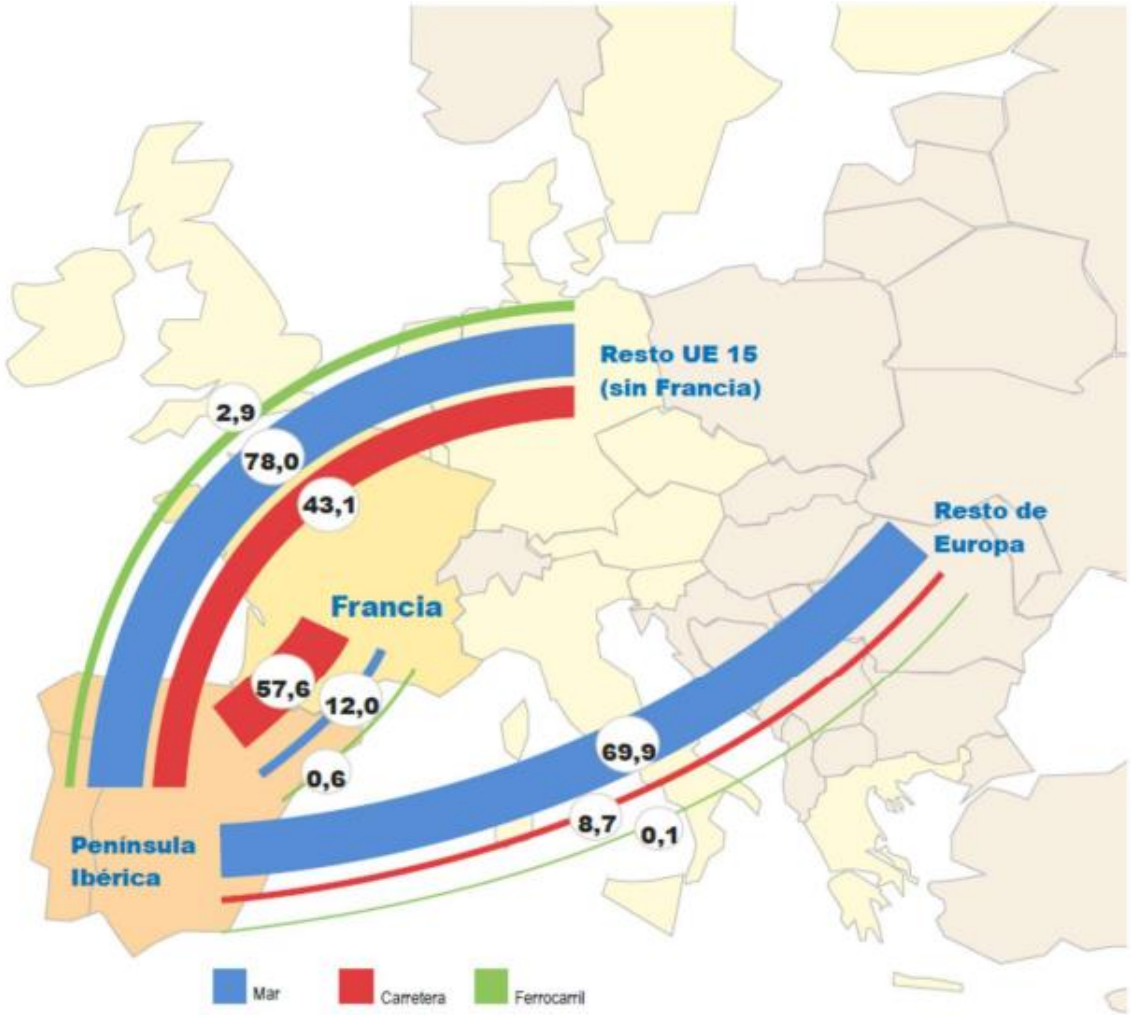


Figura 31. Mapa de la distribució de mercaderies. . Font: Observatorio hispano-francés de Tráfico en los Pirineos.

8.2. Descongestionament dels Pirineus implementant la ruta proposada

La creació d'una línia marítima entre Barcelona i Marsella, amb un vaixell que tingui capacitat per transportar 343 camions, podria ser una iniciativa que aporti diversos avantatges i contribueixi a descongestionar els passos fronterers dels Pirineus, on actualment circulen una IMD de 21.342 camions cada dia. A continuació, reflexionaré sobre alguns punts importants d'aquesta possible solució:

1. Reducció del trànsit terrestre: Un dels beneficis més immediats seria la disminució del trànsit de camions per les carreteres dels Pirineus. Si una part significativa del transport de mercaderies opta per utilitzar la ruta marítima, hi haurà menys camions circulant per les vies terrestres, la qual cosa podria ajudar a reduir els embussos i millorar la fluïdesa del trànsit.
2. Descongestió de les fronteres: Els passos fronterers dels Pirineus solen ser punts crítics amb elevades cotes de congestió, especialment durant les hores punta o èpoques de gran volum de tràfic. La ruta marítima proporcionaria una alternativa per a les mercaderies que viatgen entre Barcelona i Marsella, el que podria descongestionar aquestes fronteres terrestres i millorar els temps d'espera i l'eficiència del transport de mercaderies.
3. Estalvi de costos i temps: En alguns casos, el transport marítim pot ser més econòmic i eficient que el transport terrestre, especialment per a llargues distàncies. Si les empreses de transport poden beneficiar-se d'un estalvi de costos significatiu utilitzant la línia marítima, això podria motivar-les a optar per aquesta opció, reduint el trànsit de camions a través dels Pirineus.
4. Impacte ambiental: El transport marítim, en general, és menys contaminant que el transport terrestre, especialment quan es tracta de grans volums de mercaderies. Reduir el nombre de camions que circulen per les carreteres dels Pirineus podria contribuir a disminuir l'emissió de gasos d'efecte hivernacle i altres contaminants, ajudant a millorar la qualitat de l'aire i reduir l'impacte ambiental de les activitats de transport.

No obstant això, cal reconèixer que aquesta solució té alguns desafiaments i limitacions a tenir en compte:

1. Logística i coordinació: Caldrà una bona planificació i coordinació entre les empreses de transport, els ports de Barcelona i Marsella, així com les autoritats competents, per assegurar-se que el sistema funcioni amb eficàcia.
2. Costos d'inversió: La creació d'una línia marítima amb la capacitat adequada i la infraestructura portuària necessària pot requerir una inversió considerable, i els seus costos haurien de ser avaluats en relació amb els beneficis que aporta.

3. Dependència del clima i altres factors: El transport marítim pot estar subjecte a condicions meteorològiques adverses i altres factors que poden afectar el programari i la freqüència del servei.

En conclusió, la implementació d'una línia marítima amb un vaixell capaç de transportar 343 camions entre Barcelona i Marsella té el potencial de descongestionar els passos fronterers dels Pirineus i oferir beneficis significatius en termes de reducció del trànsit terrestre, estalvi de costos i impacte ambiental. No obstant això, cal una avaluació exhaustiva i una planificació adequada per assegurar que aquesta opció sigui viable i efectiva en la pràctica.

Considerant que la duració sencera d'un trajecte tenint en compte la càrrega, descàrrega i navegació del vaixell és de 12 hores, podem fer el trajecte de tornada el mateix dia ocupant així 24 hores aproximadament en fer-los.

Si en aquests dos viatges el vaixell va carregat al 100%, ajudaria a una reducció del trànsit fronterer entre la Península Ibèrica i França d'uns 686 vehicles articulats pesats diaris. Aquesta xifra correspondria a una reducció del 3,21% diari només amb una línia i un vaixell. Implementant un altre vaixell en aquesta mateixa línia, la reducció seria del 6,42%.

S'hi podrien implementar altres línies que connectessin més ports de la façana mediterrània i atlàntica de la Península Ibèrica amb altres ports de França, Països Baixos, Bèlgica i Itàlia reduint així significativament el trànsit fronterer.

Capítol 9. Conclusions

Aquesta tesi de fi de grau representa un pas significatiu en la comprensió del potencial i els beneficis que ofereix el transport marítim de curta distància (TMCD) com a solució per a la descongestió del tràfic de mercaderies als Pirineus, particularment en la frontera franco-espanyola. Aquesta investigació ha proporcionat una visió àmplia i una base sòlida per a futures consideracions i decisions en relació amb el transport de mercaderies a través d'aquesta regió.

En primer lloc, cal destacar la importància de la eficiència intrínseca del TMCD. S'ha comprovat que aquest mètode és altament competitiu en termes de costos i eficiència energètica en comparació amb les alternatives terrestres, consolidant-lo com una opció atractiva per a la indústria del transport i el comerç internacionals. Aquesta eficiència és fonamental per a la seva capacitat per atendre les demandes de la cadena de subministrament i, al mateix temps, reduir l'impacte ambiental.

Un dels èxits més notables d'aquesta investigació ha estat l'assoliment de la descongestió del tràfic als Pirineus mitjançant l'establiment d'una nova ruta marítima entre Barcelona i Marsella. Aquesta iniciativa reduiria significativament la quantitat de vehicles de mercaderies que utilitzen les carreteres i els passos fronterers terrestres, en concret en un 3,21% diari, amb un impacte positiu en la fluïdesa del tràfic i la millora de la qualitat de vida de les comunitats locals. Aquesta descongestió no només seria beneficiosa per a l'economia, sinó que també milloraria la seguretat i la sostenibilitat en la regió.

Un aspecte clau d'aquesta investigació és l'avaluació de l'impacte ambiental. L'ús del TMCD i la seva integració contribueix significativament a la reducció d'emissions contaminants i de la petjada de carboni associada al transport de mercaderies. Aquesta disminució no només redueix els riscos per a la salut pública, sinó que també contribueix a la mitigació del canvi climàtic i la preservació del medi ambient.

Mirant cap al futur, és fonamental considerar com aquesta descongestió pot afectar la regió a llarg termini. Si la tendència actual de l'ús del TMCD continua i es promou la seva expansió a altres regions costaneres, es pot preveure un impacte positiu persistent. Això milloraria la circulació de mercaderies i persones a la regió, amb el potencial d'afavorir el desenvolupament econòmic i la qualitat de vida.

No obstant això, també és essencial ser conscient dels possibles reptes que poden sorgir amb l'augment del tràfic marítim i la dependència d'aquest sistema. Cal gestionar adequadament la infraestructura portuària per garantir la seva eficiència i sostenibilitat a mesura que creixi la demanda. A més, es podrien explorar més oportunitats de col·laboració transfronterera per assegurar una gestió eficaç de la infraestructura i les operacions de transport de mercaderies.

Per concloure, aquesta tesi ressalta el potencial del TMCD com una solució eficient, sostenible i amb gran potencial per a la descongestió dels Pirineus. El seu èxit actual proporciona una base per a futures consideracions i decisions que podrien beneficiar la mobilitat, l'economia i el medi ambient de la regió. Amb una visió orientada al futur, aquesta investigació pot contribuir a la millora de la preservació de l'entorn i l'eficiència en el transport de mercaderies.

Bibliografia

Álvarez Vivas, Borja. (2010). *Comparativa entre el transporte por carretera y el transporte marítimo en rutas del norte de España al norte de Europa* [Treball de fi de grau, Universitat Politècnica de Catalunya]. [Consulta: 22 febrer 2023]. Disponible a: <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/9741>.

Amador Fernandez, Angel. (2014, desembre). *Las autopistas del mar* - Más que ingeniería. [Consulta: 15 maig 2023]. Disponible a: <https://masqueingenieria.com/blog/autopistas-del-mar/>.

ANAVE. (2022, 12 de marzo). *Los derrames accidentales de petróleo a la mar alcanzaron un nuevo mínimo histórico en 2011 - Anave*. [Consulta: 15 febrer 2023]. Disponible a: <https://anave.es/los-derrames-accidentales-de-petroleo-a-la-mar-alcanzaron-un-nuevo-minimo-historico-en-2011/>.

AupaTrans. (2019, 24 de setembre). *Autopistas marítimas: ¿qué son y cuáles son sus características?* [Consulta: 7 juny 2023]. Disponible a: <https://aupatrans.com/autopistas-maritimas-que-son/>.

Bodewig, Kurt . (2022, 15 de juliol). *Motorways of the Sea. Detailed Implementation Plan of the European Coordinator*. Comisión Europea. [Consulta: 12 abril 2023]. Disponible a: <https://transport.ec.europa.eu/system/files/2022-09/2022-mos-dip.pdf>.

Castells i. Sanabra, Marcel·la . (2009). *Short Sea Shipping efficiency analysis considering high-speed craft as an alternative to road transport in SW Europe* [Tesi doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya]. [Consulta: 22 juny 2023]. Disponible a: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/94329?show=full>.

Colaboradores de los proyectos Wikimedia. (2023, 16 de març). *Red Transeuropea de Vías Navegables Interiores - Wikipedia, la enciclopedia libre*. Wikipedia, la enciclopedia libre. [Consulta: 30 març 2023]. Disponible a: <https://es.wikipedia.org/wiki/Red_Transeuropea_de_Vías_Navegables_Interiores>.

Col·laboradors dels projectes Wikimedia. (2020, 26 d'abril). *Autopista del mar - Viquipèdia, l'enciclopèdia lliure*. Viquipèdia. [Consulta: 8 març 2023]. Disponible a: <https://ca.wikipedia.org/wiki/Autopista_del_mar>.

Comisión Europea. (2011). *LIBRO BLANCO. Hoja de ruta hacia un espacio único europeo de transporte: Por una política de transportes competitiva y sostenible* (COM(2011) 144 final). [Consulta: 18 abril 2023]. Disponible a: <http://www.shortsea.es/images/PDF/DocumentosUE/libro-blanco-transporte-0311.pdf>.

Comisión Europea. (2018). *Motorways of the Sea*. Mobility and Transport. [Consulta: 3 juny 2023]. Disponible a: <https://transport.ec.europa.eu/transport-modes/maritime/motorways-sea_en>.

CORDIS, cordis.europa.eu. (2008, 22 de maig). *Regional Action for Logistical Integration of Shipping across Europe | REALISE Project | Fact Sheet | FP5 | CORDIS | European Commission*. European Commission. [Consulta: 12 juliol 2023]. Disponible a: <https://cordis.europa.eu/project/id/11070>.

Directorate-General for Energy and Transport. (2011). *Mid-term review of the european commission's 2001 white paper on transport*. Short Sea Shipping Promotion Center. [Consulta: 25 amaig 2023]. Disponible a: <http://www.shortsea.es/images/PDF/DocumentosUE/2006%20transport%20policy%20review%20presentation.pdf>.

EMSA / THETIS -MRV (2023). Co2 Emission Report. [Consulta: 20 setembre 2023]. Disponible a: <https://mrv.emsa.europa.eu/#public/emission-report >.

European Environment Agency. (2022, octubre). *1.A.3.b.i-iv Road transport 2022*. [Consulta: 22 abril 2023]. Disponible a: <https://www.eea.europa.eu/soer/2020>.

F.Xavier Martínez de Oses, & Marcel·la Castells i. Sanabra. (2008). *Análisis de la aplicación del ecobono, en los tráficos marítimos españoles. Una propuesta basada en los costes externos generados.* [Consulta: 2 juny 2023]. Disponible a: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/6062/Llibre_LAERTES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

F.Xavier Martínez de Oses, & Marcel·la Castells i. Sanabra. (2009). *Sustainability of motorways of the sea and fast ships*. [Consulta: 15 maig 2023]. Disponible a: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/9401>.

García García, Emma Carolina. (2018). *El short sea shipping a bordo: Un análisis práctico de una solución en desarrollo para españa* [Treball de fi de màster, Universidad Pontificia Comillas]. [Consulta: 6 abril 2023]. Disponible a: <https://repositorio.comillas.edu/rest/bitstreams/157646/retrieve>.

IMO. (2015, 28 de setembre). *El Secretario General celebra la adopción de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)*. International Maritime Organization. [Consulta: 12 maig 2023]. Disponible a: <https://www.imo.org/es/MediaCentre/PressBriefings/Paginas/41-SDGS.aspx>.

Jadraque de Soria, Manuel. (2019). *Análisis financiero de la explotación del buque. Actualización de la herramienta de cálculo Equiflet* [Treball de fi de màster, Universidad Pontificia Comillas]. [Consulta: 21 juny 2023]. Disponible a: <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/bitstream/handle/11531/61002/TFM001626.pdf?sequence=1>.

Mateo Inglabaga, Ruben. (2016). *Anàlisi comparatiu dels costos del transport de vehicles entre Barcelona i Itàlia* [Treball de fi de grau, Universitat Politècnica de Catalunya]. [Consulta: 25 febrer 2023]. Disponible a: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/89558?show=full>.

Medina Henríquez, María. (2019). *La importancia del transporte marítimo de corta distancia y las autopistas del mar en el marco europeo* [Treball de fi de grau, Universidad de la Laguna]. [Consulta: 12 juny 2023]. Disponible a: <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/14563/LA%20IMPORTANCIA%20DEL%20TRANSPORTE%20MARITIMO%20DE%20CORTA%20DISTANCIA%20Y%20LAS%20AUTOPISTAS%20DEL%20MAR%20EN%20EL%20MARCO%20EUROPEO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Méndez Santana, Carlos. (2019). *El transporte marítimo de corta distancia y las autopistas del mar en la unión europea* [Treball de fi de grau, Universidad de la Laguna]. [Consulta: 2 març 2023]. Disponible a: <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/14569/Transporte%20Maritimo%20de%20Corta%20Distancia%20y%20Las%20Autopistas%20del%20Mar%20en%20la%20Union%20Europea.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Ministerio de Fomento. (2011, 3 de juny). *OBSERVATORIO DEL TRANSPORTE INTERMODAL TERRESTRE Y MARÍTIMO Documento Final*. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. [Consulta: 8 abril 2023]. Disponible a: <https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/pdf/0E8318C5-2563-47B1-8FA6-F0D11D196AFD/103643/OBSERVATORIO_Documento_Final.pdf>.

Ministerio de Fomento. (2012). *Simulador de cadenas de transporte*. Short Sea Shipping Promotion Center. [Consulta: 8 maig 2023]. Disponible a: <http://simulador.shortsea.es/simulador.aspx>.

Ministerio de Fomento. (2020). *Análisis, información y divulgación sobre la aportación del transporte por carretera a la intermodalidad*. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. [Consulta: 12 abril 2023]. Disponible a: <https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/pdf/099ABA39-1132-4A57-90FB-E5082A2DAE64/1552/03_intermodalidad_espana.pdf>.

Ministerio de Transportes Movilidad y. Agenda Urbana. (2023, març). *Observatorio de mercado del transporte de mercancías por carretera*. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. [Consulta: 9 juliol 2023]. Disponible a: <https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/32observatoriomercadomarzo2023v1.pdf>.

Ministerio de Transportes Movilidad y. Agenda Urbana, & Ministère de la Transition écologique. (2020, desembre). *Observatorio hispano-francés de Tráfico en los Pirineos*. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. [Consulta: 6 abril 2023]. Disponible a: <https://cdn.mitma.gob.es/portal-web-drupal/doc_mitma/OTP_N9_es_2020_es.pdf>.

Ministerio de Transportes Movilidad y. Agenda Urbana, & Ministère de la Transition écologique. (2022, març). *Observatorio hispano-francés de tráfico en los Pirineos. Suplemento*. Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. [Consulta: 6 abril 2023]. Disponible a: <https://cdn.mitma.gob.es/portal-web drupal/doc_mitma/suplemento_otp9_version_final.pdf>.

Parlamento Europeo. (2005). *INFORME sobre el transporte marítimo de corta distancia* (2004/2161(INI)). [Consulta: 27 juny 2023]. Disponible a: <https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/A-6-2005-0055_ES.pdf>.

Parlamento Europeo. (2006, 15 de març). BOE.es - Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. [Consulta: 12 juliol 2023]. Disponible a: <https://www.boe.es/doue/2006/102/L00001-00013.pdf>.

Short Sea Shipping. (2011). *Los transportistas de mercancias por carretera y el transporte maritimo de corta distancia como una herramienta de competitividad del sector*. Short Sea Shipping Promotion Center. [Consulta: 18 abril 2023]. Disponible a: <http://www.shortsea.es/images/PDF/jornadasseminarios/jornadamurcia/jornada%20sss%2018-04%20jn.pdf>.

Short Sea Shipping. (2017). *Asociación Española de Promoción del Transporte Marítimo de Corta Distancia*. Short Sea Shipping Promotion Center. [Consulta: 4 març 2023]. Disponible a: <http://www.shortsea.es/images/PDF/Dossier/Dossier_SPC_2017_espaol.pdf>.

Short Sea Shipping. (2020). *Transporte marítimo de corta distancia, para mercancías y pasajeros*. Short Sea Shipping Promotion Center. [Consulta: 29 abril 2023]. Disponible a: <https://www.puertos.es/es-es/BliblioAfondo/Transporte_maritimo_corta_distancia.pdf>.

Tejo Mora-Granados, Pilar. (2016, 14 de juliol). *Impactos positivos y ventajas derivados de la utilización del TMCD*. Short Sea Shipping Promotion Center. [Consulta: 22 juliol 2023]. Disponible a: <http://www.shortsea.es/images/PDF/jornadasseminarios/Salamanca/ponenciaPilarTejo.pdf>.

Annex A1. Emissions dels dos vaixells

A continuació es mostrarà una comparació de les emissions dels dos vaixells estudiats, el Cruise Roma i el Humbria Seaways. Les següents imatges han sigut extretes de la EMSA / THETIS – MRV.

Cruise Roma

Temps de mar

Emission Report Details

IMO Number	9351476	Name	CRUISE ROMA	DoC issue date	30/05/2023
Ship type	Ro-pax ship	Reporting period	2022	DoC expiry date	30/06/2024
Verifier	RINA Services Spa				

Ship and Verifier details | Monitoring methods | Annual monitoring results | Voluntary Reporting

Distance and time | Average energy efficiency on Laden Voyages | Additional voluntary reporting

Parameter	Value
Through ice	n miles
Time spent at sea	5879.50 hours
Total time spent at sea through ice	hours

Close

Figura 32. Hores navegades Cruise Roma. Font: EMSA / THETIS – MRV

Com es pot observar en la figura anterior, el Cruise Roma va navegar un total de 5879,50 hores.

Consum i emissions

Emission Report Details

IMO Number	9351476	Name	CRUISE ROMA	DoC issue date	30/05/2023
Ship type	Ro-pax ship	Reporting period	2022	DoC expiry date	30/06/2024
Verifier	RINA Services Spa				

Ship and Verifier details | Monitoring methods | Annual monitoring results | Voluntary Reporting

Totals | Average energy efficiency

Parameter	Value
Total fuel consumption	38600.50 m tonnes
Total CO_2 emissions	120284.61 m tonnes

Figura 33. Consum de fuel i emissions de Co2 del Cruise Roma. Font: EMSA / THETIS-MRV

En aquesta figura es pot observar que el Cruise Roma va consumir un total de 38.600,5 tones de fuel i va emetre un total de 120.284,61 tones de Co^2.

Eficiència energètica

Emission Report Details

IMO Number	9351476	Name	CRUISE ROMA	DoC issue date	30/05/2023
Ship type	Ro-pax ship	Reporting period	2022	DoC expiry date	30/06/2024
Verifier	RINA Services Spa				

Ship and Verifier details | Monitoring methods | Annual monitoring results | Voluntary Reporting

Totals | Average energy efficiency

Parameter	Value
Annual average Fuel consumption per distance	304.85 kg / n mile
Annual average Fuel consumption per transport work (pax)	335.42 g / pax · n miles
Annual average Fuel consumption per transport work (freight)	21.47 g / m tonnes · n miles
Annual average CO_2 emissions per distance	949.94 kg CO_2 / n mile
Annual average CO_2 emissions per transport work (pax)	1045.21 g CO_2 / pax · n miles
Annual average CO_2 emissions per transport work (freight)	66.91 g CO_2 / m tonnes · n miles

Close

Figura 34. Eficiència energètica del Cruise Roma. Font: EMSA / THETIS - MRV

En l'anterior figura és mostren els paràmetres d'eficiència energètica del Cruise Roma.

Humbria Seaways

Temps de mar

Emission Report Details

IMO Number	9832597	Name	HUMBRIA SEAWAYS	DoC issue date	04/04/2023
Ship type	Ro-ro ship	Reporting period	2022	DoC expiry date	30/06/2024
Verifier	DNV GL				

Ship and Verifier details | Monitoring methods | Annual monitoring results | Voluntary Reporting

Distance and time | Average energy efficiency on Laden Voyages | Additional voluntary reporting

Parameter	Value
Through ice	0.00 n miles
Time spent at sea	6046.90 hours
Total time spent at sea through ice	0.00 hours

Close

Figura 35. Hores navegades Humbria Seaways. Font: EMSA / THETIS – MRV

Com es pot observar en la figura anterior, el Humbria Seaways va navegar un total de 6.046,9 hores.

Consum i emissions

Emission Report Details

IMO Number	9832597	Name	HUMBRIA SEAWAYS	DoC issue date	04/04/2023
Ship type	Ro-ro ship	Reporting period	2022	DoC expiry date	30/06/2024
Verifier	DNV GL				

Ship and Verifier details | Monitoring methods | Annual monitoring results | Voluntary Reporting

Totals | Average energy efficiency

Parameter	Value
Total fuel consumption	17378.17 m tonnes
Total CO_2 emissions	54187.60 m tonnes

Figura 36. Consum de fuel i emissions de Co2 del Humbria Seaways.

En aquesta figura es pot observar que el Humbria Seaways va consumir un total de 17.378,17 tones de fuel i va emetre un total de 54.187,60 tones de Co^2.

Eficiència energètica

Emission Report Details

IMO Number	9832597	Name	HUMBRIA SEAWAYS	DoC issue date	04/04/2023
Ship type	Ro-ro ship	Reporting period	2022	DoC expiry date	30/06/2024
Verifier	DNV GL				

Ship and Verifier details | Monitoring methods | Annual monitoring results | Voluntary Reporting

Totals | Average energy efficiency

Parameter	Value
Annual average Fuel consumption per distance	168.85 kg / n mile
Annual average Fuel consumption per transport work (mass)	21.68 g / m tonnes · n miles
Annual average CO_2 emissions per distance	526.48 kg CO_2 / n mile
Annual average CO_2 emissions per transport work (mass)	67.59 g CO_2 / m tonnes · n miles

Close

Figura 37. Eficiència energètica del Humbria Seaways. Font: EMSA / THETIS – MRV

A1.1. Comparació dels dos vaixells

Com es pot observar en les anteriors figures, el Humbria Seaways va navegar 167,4 hores més que el Cruise Roma i tot i així, tant el seu consum de combustible i les seves emissions de Co^2 són menys de la meitat que el Cruise Roma, demostrant així la seva gran eficiència.

En quant als paràmetres d'eficiència energètica de consum de combustible el Humbria Seaways torna a ser molt més eficient amb unes dades de 168,85 kg per milla en comparació amb els 304,85 kg per milla del Cruise Roma. En quant a les emissions de Co^2 per milla el Humbria Seaways segueix sent més eficient amb 526,48 kg davant els 949,94 kg del Cruise Roma.

En la comparació d'emissions de Co^2 per unitat de treball estan molt igualats, el Humbria Seaways amb una emissió de 67,59 g de CO^2 / tona per milla i el Cruise Roma amb 66,91 g de CO^2 / tona per milla. Segons les dades analitzades anteriorment el Humbria Seaways hauria de ser major eficientment en quant a aquest paràmetre, però no ho és degut a la gran capacitat de càrrega que té el Cruise Roma, la qual li permet carregar més tones i així dividir i repartir les emissions de Co^2 per tona en un número bastant baix.

Annex A2. Fitxes tècniques

A continuació es mostrarà les fitxes tècniques del Cruise Roma i del Humbria Seaways, d'on s'han extret algunes de les dades que s'han utilitzat per a la redacció de la tesi.

Cruise Roma

Ship Detail

Ship Name	**CRUISE ROMA**	Shiptype	**Passenger/Ro-Ro Ship (Vehicles)**
IMO/LR No.	**9351476**	Gross	**63,742**
Call Sign	**IBWO**	Deadweight	**7,500**
MMSI No.	**247219400**	Year of Build	**2008**
Flag	**Italy**	Status	**In Service/Commission**
Operator	**Grimaldi Group SpA**	Shipbuilder	**Fincantieri Stabia**

Dimensions

Length Overall	**254.000**	Length (BP)	**231.560**
Length (Reg)	**0.000**	Bulbous Bow	**Yes**
Breadth Extreme	**0.000**	Breadth Moulded	**30.410**
Draught	**7.210**	Depth	**10.000**
Keel To Mast Height	**0.000**		
Displacement	**0**	T/CM	**0.0**

Tonnages

Tonnage Type	**One tonnage, unspecified**	Tonnage System	**New System (International 1969)**
Effective Date	**2008-03**		
Gross Tonnage (GT)	**63,742**	Net Tonnage (NT)	**0**
Deadweight (DWT)	**7,500**	Compensated Gross Tonnage (CGT)	**0**
Formula Deadweight	**31,089**	Light Displacement Tonnage (LDT)	**0**

Cargo Overview

Grain	**0**	Bale	**0**	Liquid	**0**	Gas	**0**
TEU	**0**	TEU 14t	**0**	Insulated	**0**	Passengers	**3,500**
Bollard Pull (t)	**0**						

Capacities

Passengers; 3,500; cabins 485; Crew 160; Cars 300

Cargo Handling Gear

Compartments

Hatches

Ro-Ro (Lanes, Ramps & Doors)

Lanes: 3700m x 3.00m x 0.00m (LxWxH)
Ramps: 1 Port , 1 Starboard

Specialist

Tanks

https://maritime.ihs.com/Ships/Details/Index/9351476 Página 1 de 2

Figura 38. Fitxa tècnica Cruise Roma part 1/2. Font: Màster en Nàutica i Gestió del Transport Marítim.

Machinery Overview

4 oil engines geared to screw shafts driving 2 CP propellers at 148 rpm Total Power: Mcr 55,440kW (75,376hp)Max. Speed: 27.50kts, Service Speed: 25.00kts Speed & Consumption: 22.00 knots on 115.00 tonnes per day

Auxiliary Engines

Design: Wartsila, Engine Builder: Wartsila 3 x Unknown, Mcr: 2600 kW

Auxiliary Generators

3 x 2,500kW a.c., 2 x 2,300kW a.c. main engine driven

Boilers

Bunkers

Fuel: distillate fuel: 215 cu m, residual fuel: 1,365 cu m

Speed (kn)	At Consumption (t)
22.00	115.00

Prime Mover Detail

Design: Wartsila (Group: Wartsila), Engine Builder: Wartsila Finland Oy - Finland4 x 12V46, 4 Stroke, Single Acting, Vee12 Cy. 460 x 580, Mcr: 13,860 kW (18,844 hp) at 514 rpm

Thrusters

2 Tunnel thruster (f) 1,850kW(2,515bhp)

Figura 39. Fitxa tècnica Cruise Roma part 2/2. Font: Màster en Nàutica i Gestió del Transport Marítim.

Humbria Seaways

Humbria Seaways and Sisters

General:	These vessels were ordered by DFDS in 2016, and were under construction at Jinling Shipyard, China. Five vessels have been delivered and one is still under construction. The ships are the first for DFDS to be built according to a new IMO-energy standard and will become the most energy efficient vessels in the fleet of DFDS. Due to the high amount of lane meters, the ships are designed with a unique ramp system, so they can be loaded and discharged in a very short space of time.	
Main Particulars:	Length o.a	237.40 m.
	Length p.o.	232.00 m
	Breadth moulded	33.00 m
	Draught design	7.00 m
	Draught to summer load line	7.10 m
	Draught scantling	7.40 m
	Depth to main deck	9.30 m
	Depth to weather deck	29.10 m
	At design draught approx.	15,350 t
	At summer draught approx.	15,930 t
Capacity:	No. of trailers	450 pcs
	Trailer lane length	6,700 m
Speed:	Service speed	25.00 kn
Machinery and Equipment:	Main engines	(SMCR) 2 x 11,800 kW
	Shaft generator	2 x 2,350 kW
	Aux. generator	2 x 1,980 kW
	Bow thruster	2 x 2,350 kW
Miscellaneous:	Classification	LR ✠ 100A1, Roll on-Roll off Cargo Ship, Ice Class 1C
	Number of vessels built/to be built	6
	IMO Number Ephesus Seaways	9816830
	IMO Number Troy Seaways	9816842
	IMO Number Hollandia Seaways	9832585
	IMO Number Humbria Seaways	9832597
	IMO Number Flandria Seaways	9860142
Scope of Work:	Tender and basic design Participation in the planning and conduct of the inclining experiment and participation in the sea trail as observer Purchase order assistance Basic design to detail design transition support Model test assistance	
Ref. No.:	KEH 16037	

KNUD E. HANSEN
SHIP DESIGN SINCE 1937

Figura 40. Fitxa tècnica Humbria Seaways. Font: Màster en Nàutica i Gestió del Transport Marítim.